



TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE
CURSO ACADÉMICO 2023-24
CONVOCATORIA JUNIO – JULIO

**EFFECTOS DE LA FATIGA MENTAL EN EL RENDIMIENTO DE
JUGADORES DE TENIS DE MESA**

del Río López-Dávila, Iván

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	7
3. METODOLOGÍA	8
3.1 Participantes	8
3.2 Diseño de trabajo	9
3.3 Procedimiento	10
3.3.1 Sesión de familiarización	10
3.3.2 Protocolo de sesión experimental y control	11
3.3.3 Protocolo de inducción de fatiga mental – Tarea <i>Stroop</i>	14
3.3.4 Evaluación del cambio en el estado psicofisiológico del deportista vinculado a la inducción de fatiga mental	15
3.3.4.1 Experiencia subjetiva de fatiga (VAS-F).....	15
3.3.4.2 Variables atencionales – rendimiento psicomotor (<i>Psychomotor Vigilance Task</i> – PVT).....	15
3.3.4.3 Variables fisiológicas	16
3.3.5 Evaluación del rendimiento, esfuerzo percibido y experiencia subjetiva de carga de trabajo asociada en tenis de mesa	17
3.3.5.1 Test de eficacia del golpeo en tenis de mesa	17
3.3.5.2 Percepción de esfuerzo y experiencia subjetiva de carga multidimensional de trabajo (<i>Rate of Perceived Exertion</i> – RPE; <i>NASA Task Load Index questionnaire</i> – NASA-TLX)	19
3.4. Instrumentos	20
3.5 Análisis estadístico	20
4. RESULTADOS	22
4.1 Estado basal de los sujetos	22
4.2 Variables “control” de la manipulación experimental	23
4.3 Incidencia de la fatiga mental inducida sobre el estado psicofisiológico del sujeto	23
4.3.1 Experiencia subjetiva de fatiga	23
4.3.2 Variables atencionales – rendimiento psicomotor	25
4.3.3 Variables fisiológicas	26
4.4 Incidencia de la fatiga mental sobre el test de eficacia del golpeo en tenis de mesa, esfuerzo percibido y experiencia subjetiva de carga de trabajo asociada.	26
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	28
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7. ANEXOS	39
7.1 Anexo 1: Vídeo condición control	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la sesión de familiarización	11
Figura 2. Esquema y secuencia temporal del procedimiento durante la sesiones experimental y control	13
Figura 3. Esquema tarea <i>Stroop</i> condición experimental.....	15
Figura 4. Esquema tarea <i>Psychomotor Vigilance Task</i> – PVT.....	16
Figura 5. Representación gráfica con medidas de la ubicación de los objetivos y la posición del robot	18

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1 y 2. Tiempo de reacción (ms) y Tasa de acierto (%) en función del Bloque Temporal durante la tarea <i>Stroop</i>	23
Gráficos 3 y 4. Puntuación total de la escala VAS-F para condición Fatiga y Energía en función de Sesión y Momento.....	24
Gráficos 5 y 6. Tiempos de reacción (ms) y lapsos atencionales (%) para la tarea PVT en función de Sesión y Momento.....	25
Gráfico 7. Valores de variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante el índice rMSSD (ms) en función de Sesión y Bloque Temporal	26
Gráfico 8. Porcentaje de bolas a objetivo y que se mantienen en juego para la sesión control y experimental.....	27
Gráfico 9. Puntuación global del NASA-TLX para la sesión control y experimental	27
Gráfico 10. Puntuación por subdimensiones del NASA-TLX para la sesión control y experimental.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características sociodemográficas, antropométricas y perfil de práctica deportiva de los participantes	9
Tabla 2. Estado psicofisiológico basal de los participantes	22

RESUMEN

El tenis de mesa es un deporte complejo a nivel cognitivo y psicomotor cuyo rendimiento está influenciado por diversos factores. Uno sería la fatiga mental, siendo un estado psicofisiológico relacionado con sensación de cansancio o ausencia de energía, que puede ejercer un impacto notable sobre el rendimiento deportivo, aunque la investigación en el marco del tenis de mesa es escasa. El objetivo del estudio fue investigar los efectos de la fatiga mental en el rendimiento de jugadores de tenis de mesa, aplicando un protocolo de inducción de fatiga individualizado y evaluando su impacto sobre el estado psicofisiológico y experiencia subjetiva de cada deportista. Se contó con 12 jugadores amateurs ($26,92 \pm 13,11$ años). La intervención constó de 3 sesiones (familiarización, control y experimental) planteando un diseño experimental cruzado, aleatorizado y contrabalanceado (tipo intra-sujeto). Se registró la eficacia de golpeo en un test específico de tenis de mesa tras completar una tarea *Stroop* (condición experimental) o ver un partido de tenis de mesa (condición control activo), junto con otras variables de experiencia subjetiva (fatiga [VAS-F], esfuerzo percibido [RPE], carga de trabajo asociada [NASA-TLX]), atencionales (tarea PVT de vigilancia psicomotora) y fisiológicas (variabilidad de frecuencia cardíaca – VFC). Los resultados corroboraron un notable impacto del protocolo de fatiga mental sobre el estado psicofisiológico del deportista, demostrando un deterioro en todas las variables de experiencia subjetiva (mayor sensación de fatiga y menor energía, mayor esfuerzo percibido y carga de trabajo), así como un deterioro de su rendimiento psicomotor (tiempos de reacción mayores en tarea PVT) y su estado fisiológico (menor VFC), lo cual se vio acompañado de un significativo descenso de la eficacia de golpeo en la sesión experimental vs. la sesión control. La fatiga mental resultó ser un condicionante para los jugadores de tenis de mesa que parece afectar en su desempeño.

PALABRAS CLAVE

Deporte de raqueta, desempeño, carga de trabajo mental, individualizar, variabilidad de la frecuencia cardíaca.

1. INTRODUCCIÓN

El tenis de mesa es un deporte de raqueta que surge a finales del siglo XIX en un club de tenis británico como alternativa a esta otra disciplina que impedía su práctica por las inclemencias meteorológicas. Poco a poco fue creciendo y asentándose como un deporte propio gracias, entre otros hechos, a la fundación de la ITTF (*International Table Tennis Federation*) ya bien entrados en el siglo XX (Martín-Barrero, 2020). Esta modalidad se caracteriza por la elevada velocidad que alcanza la pelota en contraste con la corta distancia que separa a los jugadores. Tanto es así que estos jugadores tienen un periodo de tiempo muy escaso para completar una devolución, muchas veces inferior a un segundo de duración. En esos instantes el deportista tiene que observar el envío del rival, decidir cómo va a golpear esa pelota y colocar su cuerpo en la posición ideal para ejecutar correctamente el golpe elegido (Ferrandez et al., 2021).

Estas exigencias quedan demostradas por la mayor velocidad de reacción que muestran los jugadores de tenis de mesa en comparación con los jugadores de tenis (Can et al., 2014), ya que la velocidad y la explosividad durante el desarrollo del juego en tenis de mesa es superior (Cádiz-Gallardo et al., 2023). Esto evidencia el estado óptimo, tanto a nivel cognitivo como psicomotor, que requiere un jugador de tenis de mesa. Estas características intrínsecas del deporte se ponen de manifiesto independientemente del nivel de pericia de quien lo practique, aunque existen factores asociados que condicionan altamente el nivel de rendimiento, como es el caso de la fatiga mental.

Este constructo se puede definir como un estado psicofisiológico ocasionado por una exposición prolongada a una actividad cognitiva que se relaciona con sensaciones de cansancio o ausencia de energía (Sun et al., 2021). Es una condición que puede aparecer muy frecuentemente en las actividades cotidianas que realizan muchas personas. Por ejemplo, los estudiantes universitarios asisten diariamente a clases durante cuatro o seis horas que sumado al tiempo que dedican a estudiar fuera del aula supone una carga mental alta. De igual modo, un trabajador después de cumplir con su jornada laboral debe regresar a su casa para cumplir con las tareas domésticas finalizando el día mentalmente fatigado por la extensa lista de tareas inconclusas que debe asumir al día siguiente

(Kunasegaran et al., 2023). Tanto es así que la fatiga mental incrementa el porcentaje de error, reduce el control cognitivo y afecta a la regulación emocional (Habay et al., 2021b). A nivel comportamental, la fatiga mental influye negativamente en el rendimiento ante tareas de carácter cognitivo (Van Cutsem et al., 2017). Además, este tipo de fatiga puede llegar a ejercer un notable impacto incluso sobre las capacidades físicas básicas y, por tanto, sobre la velocidad, la duración o la precisión de un esfuerzo en las acciones motrices llevadas a cabo (Pageaux & Lepers, 2018).

Dado que este tipo de situaciones pueden aparecer de manera recurrente entre deportistas de distintos niveles, la profundización en el conocimiento de los potenciales efectos negativos que se derivan de la emergencia de este estado mental subóptimo sobre el estado psicofisiológico del deportista y parámetros específicos de rendimiento resulta altamente relevante.

Como prueba del alto interés que este tópico de investigación ha generado en la literatura científica, existe un importante número de estudios que han explorado los efectos de la fatiga mental en el rendimiento de los deportistas en diferentes disciplinas. Por ejemplo, en deportes de equipo como el fútbol y el baloncesto, las consecuencias de inducir fatiga mental a los deportistas se ven reflejadas en aquellas acciones del juego o condiciones físicas que más se desarrollan en cada deporte de forma específica (Yuan et al., 2023). De este modo, según el estudio de Soyly et al. (2022) con jóvenes futbolistas, su porcentaje de éxito en el pase se veía reducido y, por el contrario, aumentaba el número de pérdidas que tenían en situaciones de juego reducido tras someterse a una tarea *Stroop*¹ de 30' de duración que les generaba fatiga mental. Con una tarea de igual duración para inducir esa fatiga, pero en este caso observando un vídeo sobre táctica y llevado a cabo con jugadores de baloncesto, Filipas et al. (2021) observaron un descenso del porcentaje de acierto en el tiro libre.

Poniendo el foco sobre deportes cuya dinámica intrínseca y exigencias cognitivo-motoras se aproximan en mayor medida al tenis de mesa, como por ejemplo el bádminton, existe

¹ Test empleado para medir la interferencia generada por los automatismos en la realización de una tarea de tipo cognitivo que requiere de una alta y prolongada capacidad atencional del sujeto que lo completa.

evidencia previa demostrando que los deportistas, tras ser sometidos a una tarea *Stroop* modificada de entre 60 y 90 minutos de duración, percibían el efecto de la fatiga mental a nivel subjetivo reflejado a través de la escala VAS (*Visual Analogue Scale*) en mayor medida que aquellos del grupo control que estuvieron observando un documental. Sin embargo, no se mostraron diferencias significativas que pusieran de manifiesto una reducción en el rendimiento entre los participantes de la intervención y los sujetos control, ya fuera midiendo la precisión en una tarea visomotora (Van Cutsem et al., 2019) o el tiempo de reacción en un test específico para bádminton (Kosack et al., 2020). No obstante, la literatura hasta el momento no parece ser clarificadora, y es posible que los efectos de la fatiga mental pudieran ser específicos ante situaciones de juego con alta exigencia a nivel técnico. Por ejemplo, en un reciente estudio realizado por Filipas et al. (2024), se observó que esta fatiga mental podría afectar a la precisión en el segundo servicio en tenis, conllevando así un mayor número de dobles faltas e impactando de manera directa sobre el rendimiento de los tenistas.

En el caso concreto de tenis de mesa, los estudios experimentales hasta la fecha son especialmente escasos. En una investigación de Le Mansec et al. (2018), jugadores de este deporte fueron sometidos tanto a fatiga mental como a fatiga física en los miembros superiores (bíceps) e inferiores (cuádriceps). La capacidad de fuerza se vio modificada en las dos situaciones de fatiga física, pero no en la mental. Esta última redujo la precisión en un test específico para tenis de mesa, impactando a su vez en la velocidad de la pelota en los envíos realizados por los participantes. Posteriormente, Habay et al. (2021a), trataron de profundizar sobre los mecanismos que podrían subyacer a esta relación entre fatiga mental y rendimiento, analizando la respuesta electrofisiológica asociada a esta condición de fatiga mental. Los resultados mostraron que la fatiga mental generaba mayor desincronización de las regiones cerebrales vinculadas con un estado de relajación influyendo en el rendimiento visomotor.

Pese a que se han aportado evidencias de la incidencia de la fatiga mental sobre el rendimiento físico-deportivo, este hecho no está totalmente establecido en la literatura científica, siendo esta poco concluyente hasta la fecha. Como ejemplo, Holgado et al. (2021) no encontraron una relación negativa directa entre la fatiga mental y el rendimiento

físico aplicando un protocolo hasta agotamiento en cicloergómetro. Más concretamente, para el tenis de mesa, los estudios son muy escasos, con diseños experimentales muy dispares y amplia heterogeneidad de resultados hasta el momento. La mayoría de estudios en el ámbito específico de este deporte, emplean protocolos de inducción de fatiga mental que no consideran un aspecto crucial como es la individualización de la carga cognitiva a las capacidades de cada individuo, como sucede en el estudio de Le Mansec et al. (2018). La relevancia de este aspecto queda demostrada en el estudio de O’Keeffe et al. (2020), en el cual compararon la eficacia de dos pruebas que inducían fatiga mental, pero solamente una de ellas estaba adaptada a cada sujeto en particular, obteniéndose en esta última una mayor excitación fisiológica, reflejada en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, y resultando más eficaz para el objetivo que persigue.

Aunque muchos de estos estudios en tenis de mesa miden el impacto sobre el rendimiento, no usan protocolos de evaluación que hayan resultado ser válidos y fiables para evaluar situaciones de rendimiento técnico en este deporte, algo que resulta clave, más considerando que los diseños son habitualmente intra-sujeto. En su conjunto, y en consonancia con la evidencia previa de Habay et al. (2021a), existen una serie de cuestiones abiertas que ponen de manifiesto la necesidad de plantear un estudio experimental que garantice una homogeneización del nivel de fatiga inducida inter-sujeto, evaluando desde una perspectiva multidimensional el impacto de dicha fatiga sobre el estado psicofisiológico del sujeto, y empleando test de campo previamente validados y fiables para la medición de situaciones de rendimiento técnico de manera específica en este deporte.

2. OBJETIVOS

Los objetivos se definen como las metas finales que se esperan alcanzar tras la finalización del trabajo. El planteamiento de este estudio tuvo un objetivo general y prioritario:

- Investigar los efectos de la fatiga mental en el rendimiento de jugadores de tenis de mesa.

Siendo esta la clave de la investigación, se recogen otra serie de objetivos específicos y secundarios, cuyo cumplimiento será de gran relevancia para aportar un significado completo a la investigación. Estos son:

- Testar el efecto de un protocolo de fatiga mental individualizado a la capacidad cognitiva del deportista para garantizar condiciones experimentales homogéneas inter-sujeto.
- Analizar de manera comprensiva la incidencia de la fatiga mental inducida sobre el estado psicofisiológico del sujeto, como prueba evidente del efecto objetivo de la manipulación experimental.
- Evaluar la incidencia del efecto psicofisiológico provocado por la fatiga mental en el deportista, sobre la eficacia del golpeo en tenis de mesa y experiencia subjetiva individual asociada al rendimiento.

Estos fines pretenden marcar la diferencia en lo que respecta a los estudios previos. Mediante el tratamiento de cada sujeto de manera individualizada, adaptando el protocolo de inducción de fatiga mental a la capacidad del individuo o la recogida de datos de variables que afectan a diversos planos del rendimiento técnico en este deporte, se busca aportar un nuevo enfoque a la temática estudiada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Participantes

La muestra estuvo compuesta por 12 sujetos, todos ellos varones, que entrenan y compiten en tenis de mesa de forma regular a nivel amateur. Todos ellos aceptaron participar en el estudio de manera voluntaria y se comprometieron a asistir a las diferentes sesiones cumpliendo con el criterio de inclusión que indicaba que no tomaban medicación, ni padecían enfermedades respiratorias o cardiovasculares, lesiones de tipo músculo-esquelético o algún trastorno de tipo neurológico que pudieran influir en el transcurso de la intervención. Las características sociodemográficas, antropométricas y el perfil de práctica deportiva de los participantes se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Características sociodemográficas, antropométricas y perfil de práctica deportiva de los participantes

	Mínimo	Máximo	Media	DE
Datos sociodemográficos y antropométricos				
Edad (años)	15	62	26,92	13,11
Altura (cm)	168	187	175,50	5,94
Peso (kg)	58	85	71,83	7,70
IMC (kg/m ²)	20,28	25,66	23,27	1,60
Perfil de práctica deportiva				
Experiencia (años)	3	44	12,08	10,61
Volumen de entrenamiento (horas/semana)	5	12,5	8,54	2,38
Liga en la que compete	3 ^a Nacional	División de Honor	---	---

DE= Desviación Estándar; IMC= Índice Masa Corporal

3.2 Diseño de trabajo

La investigación consistía en un diseño experimental cruzado, aleatorizado y contrabalanceado (de tipo intra-sujeto o de medidas repetidas) en el que todos los sujetos tuvieron que participar en las diferentes condiciones del experimento. De manera más concreta, cada jugador participó en 3 sesiones: 1) Familiarización: 30' para establecer su capacidad cognitiva individual de ejecución en la prueba *Stroop* (tarea empleada para inducir experimentalmente el estado de fatiga) y familiarizarse con otras pruebas de evaluación que requieren de una experiencia previa; 2) Experimental: sesión en la que se inducía un estado de fatiga mental a través de la realización de 45' de una tarea *Stroop* Numérica; 3) Control: ídem a la anterior, sustituyendo por 45' de visualización de un partido de tenis de mesa como prueba de control “activo” de los sujetos. En las últimas dos sesiones se evaluaba el rendimiento del deportista mediante un test en la superficie de juego con robot multibolas. Además, para evaluar el impacto de la manipulación experimental sobre el estado psicofisiológico del sujeto, en estas sesiones se registraban datos cognitivos sobre el estado atencional (prueba *Psychomotor Vigilance Task* – PVT), fisiológicos (variabilidad de la frecuencia cardíaca) y de experiencia subjetiva en dimensiones de relevancia asociadas al rendimiento (esfuerzo percibido con *Rate of*

Perceived Exertion – RPE, fatiga subjetiva con *Visual Analogue Scale to Evaluate Fatigue Severity* – VAS-F y carga de trabajo multidimensional con *NASA Task Load Index questionnaire* – NASA-TLX). Para un mayor detalle sobre el desarrollo del estudio y pruebas de evaluación experimental, ver apartado 3.3 *Procedimiento*.

Los participantes acudieron a la sala de evaluación en un total de tres ocasiones, siempre en un horario comprendido entre las 17:00 y las 20:30 y con una semana de separación entre las sesiones experimental y control (el mínimo que se exigía era de al menos 48 – 72 horas). El orden de las sesiones fue aleatorizado y contrabalanceado inter-sujeto, a excepción de la sesión de familiarización que se realizó siempre en primer lugar. La sala donde se llevó a cabo casi la totalidad de la intervención, a excepción del test de rendimiento en la mesa, fue siempre la misma estando el sujeto aislado, cuando el procedimiento lo requería, pero pudiendo ser observado por el investigador desde fuera a través de un pequeño ojo de buey ubicado en la parte superior de la puerta. Además, se pidió a los jugadores que se abstuvieran de ingerir bebidas estimulantes o alcohólicas ni fumar en las horas previas a la intervención.

3.3 Procedimiento

3.3.1 Sesión de familiarización

Todos los participantes completaron esta sesión en primer lugar. Tenía un doble objetivo, por un lado, servir de toma de contacto con la prueba *Stroop* y, mediante un test de nivel (*Stroop Test Máx.*, ver apartado 3.3.3 *Protocolo de inducción de fatiga mental – Tarea Stroop*), determinar el grado de dificultad de tarea que realizaría el sujeto en la sesión experimental tratando de individualizar el nivel de carga cognitiva según la capacidad individual. Por otra parte, servía para mostrar al jugador la prueba de rendimiento de tenis de mesa realizada con el robot multibolas (ver apartado 3.3.5.1 *Test de eficacia del golpeo en tenis de mesa*) y que tuviera un primer contacto con ella. Del mismo modo, dada su peculiaridad, se explicaba en qué consistía la escala NASA-TLX (ver 3.3.5.2 *Percepción de esfuerzo y experiencia subjetiva de carga multidimensional de trabajo*) para que estuvieran familiarizados con el protocolo que se iba a seguir en las sucesivas sesiones.

Figura 1. Esquema de la sesión de familiarización

Sesión de FAMILIARIZACIÓN		
30' aprox		
Calibración de tarea	Rendimiento	Escala
Prueba Stroop de Nivel (12') 8 niveles (aleatorizados)	Prueba Robot	NASA-TLX

La duración de esta primera sesión fue de aproximadamente 30', ocupando algo más de la mitad del tiempo la prueba *Stroop* de calibración. Todas las pruebas que se desarrollaron durante la familiarización se completaron con los mismos instrumentos y en los mismos espacios donde se llevaron a la práctica las sesiones experimental y control. Además, previamente los participantes fueron informados del resto de mediciones que se iban a tomar (ej. variabilidad de la frecuencia cardíaca, escalas de esfuerzo...), así como de los condicionantes de la intervención (ej. duración de las sesiones, tiempo de separación entre protocolos...). Todos los sujetos aceptaron los requisitos y se comprometieron con el estudio.

3.3.2 Protocolo de sesión experimental y control

La Figura 2 muestra un esquema y la secuencia temporal seguida en el procedimiento de las sesiones experimental y control. El procedimiento comenzaba con la evaluación del estado basal del sujeto mediante la medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, realizada a través de un dispositivo Polar H10 que se ubicaba a la altura de la parte inferior del esternón. El registro se realizó en una situación de reposo durante 5' y con el participante en posición de tendido supino. Tras ello, el jugador respondía a una serie de cuestiones relativas a cantidad y calidad de sueño en la noche previa, así como sensación actual de sueño y nivel de activación. Concretamente, el participante determinaba numéricamente la cantidad de sueño en la noche anterior, y contestaba a las preguntas siguientes en una escala visual analógica (VAS – *Visual Analogue Scale*) entre los valores “Nada/Baja” (valor 0) y “Mucho/Alta” (valor 100): “¿Se siente con sueño en estos momentos?”, “Durante la pasada noche, ¿cómo consideras la calidad de tu sueño?”, “En este momento, ¿se siente completamente activado?”. Adicionalmente, el participante completaba la *Visual Analogue Scale – Fatigue* (VAS-F) para evaluar su experiencia subjetiva de fatiga, así como la tarea de vigilancia psicomotora (*Psychomotor Vigilance Task – PVT*) durante 5 minutos, para evaluar el estado psicomotor y atencional del sujeto

de manera previa al protocolo de inducción de fatiga mental. La fase previa (pre-test) a la realización del protocolo de inducción de fatiga mental finalizaba con un breve periodo de práctica/calentamiento específico de tenis de mesa de 2' de duración, consistente en intercambios cruzados en posición de derecha y de revés, tanto en golpes planos, como en situación de *topspin* y bloqueo. Este tiempo y acciones fueron idénticas a las que se llevan a cabo previo al inicio de un partido profesional.

La parte principal de la sesión, en la que se llevó a cabo la manipulación experimental, consistió en un protocolo de inducción de fatiga mental compuesto por la realización de una tarea *Stroop* Numérica durante 45 minutos. El participante recibía la premisa de que su objetivo era lograr mantener durante todo el test un porcentaje de acierto superior al 85%, garantizando así una implicación cognitiva plena durante toda la tarea. Esta información le era comunicada al sujeto hasta en cinco ocasiones durante la ejecución de la tarea, coincidiendo con cinco bloques temporales de 9' previamente establecidos para que dispusiese de referencias sobre su rendimiento. Durante esta tarea se monitorizó la variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC) con el objetivo de, una vez evaluado el estado basal del sujeto, medir el impacto relativo que el protocolo de fatiga mental pudiera tener sobre la función del sistema nervioso autónomo (como indicador de fatiga mental). Este protocolo se repitió durante el visionado del partido de tenis de mesa en la sesión control.

Una vez completado el protocolo de inducción de fatiga mental, el participante debía completar nuevamente la tarea *Psychomotor Vigilance Task* – PVT y la escala *Visual Analogue Scale – Fatigue* (VAS-F) para evaluar el impacto del mismo sobre su estado psicomotor y atencional, así como la experiencia subjetiva de fatiga, respectivamente. Posteriormente, como prueba principal de la sesión, los participantes realizaban el test específico de tenis de mesa. Para ello, el robot multibolas realizaba 33 envíos en secuencias que iban desde las 2 a las 5 pelotas, alternativamente a la derecha y al revés y con efecto cortado. El jugador debía realizar un golpe liftado a cualquiera de las zonas objetivo en campo rival buscando un golpe definitorio.

Al terminar este test de rendimiento, los participantes reportaban su nivel de esfuerzo percibido a través de la escala *Rate of Perceived Exertion* – RPE en un rango de 6 a 20,

así como su experiencia subjetiva de carga de trabajo mediante el cuestionario multidimensional *NASA Task Load Index questionnaire* (NASA-TLX) (ver apartado 3.3.5.2 *Percepción de esfuerzo y experiencia subjetiva de carga multidimensional de trabajo* para mayor detalle).

Para el caso de la sesión control, el procedimiento seguido fue exactamente el mismo que en la sesión experimental, a diferencia únicamente de la parte principal del mismo. Las evaluaciones pre-test y post-test fueron idénticas y únicamente se vio modificado el periodo de 45' ubicado entre ambas. El objetivo era mantener las condiciones experimentales de la realización de la tarea *Stroop* (idéntica duración, posición de sedestación observando el portátil y en la misma sala), pero sin inducir fatiga mental en el sujeto. Para ello, se procedió a reproducir en el ordenador una grabación de la RFETM (Real Federación Española de Tenis de Mesa) de la final individual masculina del Campeonato de España de 2024 (ver apartado 7.1 *Anexo 1: Vídeo condición control*). Para cumplir con el tiempo estipulado el partido se inició en el primer set con igualdad a nueve en el marcador y finalizó con la resolución del mismo.

Para garantizar la atención de los participantes durante la proyección del partido, al terminar la visualización, se les plantearon algunas cuestiones relativas al juego (ej. “¿Quién ha comenzado sacando en el partido?”, “¿Cuántos sets se han ganado por ventajas?”, “¿Cuál ha sido el orden de consecución de los sets?”, “¿En qué momento se han pedido los tiempos muertos?”, “¿Cuál ha sido la mayor ventaja del partido a favor de cualquier jugador?”). Se plantearon tres o cuatro preguntas y se anotaron si las contestaciones fueron adecuadas o incorrectas. Además, a todos los jugadores se les pidió que no vieran previamente el partido ni se enteraran del resultado para asegurarse que la expectación y el interés fueran reales.

Figura 2. Esquema y secuencia temporal del procedimiento durante la sesiones experimental y control

Sesión EXPERIMENTAL/CONTROL										
Pre-test (15' - 20')			Condición Fatiga --- Control (45')				Post-test (20' - 25')			
VFC	Escala	PVT	Calentamiento TM	Tarea Stroop	Visionado de	PVT	Escala	Rendimiento	Escala	Escala
Basal (5')	Info. Sueño	Práctica (1')	Intercambios	Númerica	partido de TM	PVT (5')	VAS-F	Prueba Robot	RPE	NASA-TLX
Posición supina	VAS-F	Test (5')	cruzados en mesa	Obj.: 85% acierto	Preguntas control					

(. . .) Los intervalos temporales destacados en rojo indican las fases de la sesión en las que se realizó registro de la medida de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).

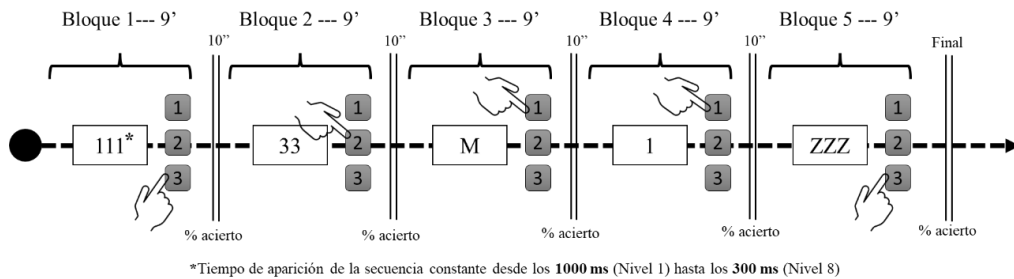
3.3.3 Protocolo de inducción de fatiga mental – Tarea Stroop

Durante la sesión de familiarización, todos los sujetos llevaron a cabo la prueba de calibración *Stroop Máx.* con el objetivo de individualizar el nivel de dificultad de la tarea *Stroop* durante la sesión experimental. En la tarea *Stroop Máx.* se mostraba en el centro de la pantalla del portátil una pequeña cruz donde iban apareciendo una serie de entre uno y tres caracteres, que podían ser números (valores 1, 2 o 3) o letras (G, M o Z). El sujeto debía pulsar una de las teclas numéricas del 1 al 3 según el número de caracteres que se mostrara en la pantalla, independientemente del significado implícito de los mismos. Por ejemplo, si aparecía el carácter “3” había que pulsar la tecla “1” como respuesta correcta. Las secuencias de números o letras que se mostraron durante la prueba fueron aleatorias, pero existió un 25% de secuencias congruentes (ej. 22 → 2); 50% de incongruentes (ej. 111 → 3) y 25% de neutrales (ej. M → 1). La *Stroop Máx.* tenía una duración de 12’ durante los que no se reportaba feedback sobre rendimiento, y las secuencias aparecían aleatoriamente en 8 niveles diferentes de dificultad. Estos niveles de dificultad venían determinados por el tiempo límite disponible para que el sujeto respondiera, el cual osciló entre los 1000 ms hasta los 300 ms en franjas de 100 ms, configurando así los 8 niveles de complejidad. Antes de la prueba, el sujeto comenzaba con un bloque de práctica de 3’ donde obtenía feedback sobre si su respuesta había sido correcta o no y el tiempo que había tardado en darla. El nivel de complejidad que realizaría cada participante en la tarea *Stroop* de la sesión experimental, se determinó por el mínimo tiempo hasta respuesta que el sujeto fue capaz de mantener con un porcentaje de acierto igual o superior al 85%.

La tarea *Stroop* de la sesión experimental se empleó para inducir fatiga mental (ver Figura 3). Las instrucciones de la tarea eran las mismas que las dadas al realizar la tarea *Stroop Máx.* destacando que se decía al participante que tenía que responder lo más rápido posible, pero evitando cometer errores. Las diferencias entre esta tarea y la *Stroop Máx.* fueron la duración y las especificaciones de la prueba. La *Stroop* de la sesión experimental tuvo una duración de 45’ divididos en 5 bloques de 9’. El tiempo permitido hasta respuesta una vez presentados los estímulos en pantalla fue constante y estaba basado en el nivel obtenido por cada sujeto en la calibración con la *Stroop Máx.* durante la sesión de familiarización. Entre cada uno de los 5 bloques temporales, se mostraba al sujeto una

pantalla durante 10" con información sobre su porcentaje de acierto. De este modo se motivaba al participante para que continuara o mejorara su progresión tomando de referencia el mínimo establecido de 85% de éxito durante toda la tarea.

Figura 3. Esquema tarea *Stroop* condición experimental



3.3.4 Evaluación del cambio en el estado psicofisiológico del deportista vinculado a la inducción de fatiga mental

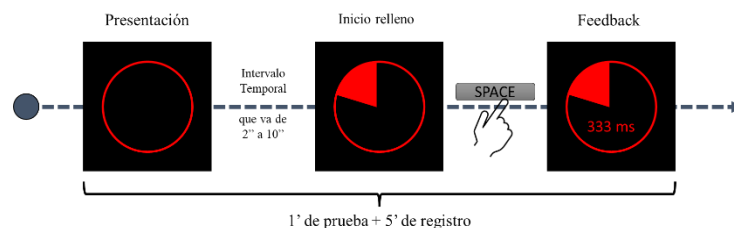
3.3.4.1 Experiencia subjetiva de fatiga (VAS-F)

La escala *Visual Analogue Scale – Fatigue* (VAS-F) se completaba antes y después de la condición experimental o control según el tipo de la sesión. Incluía una serie de 18 ítems sobre el grado de fatiga o de energía del sujeto en el momento en que respondía. En cada ítem, el participante debía ubicar un marcador en una escala visual analógica que iba desde “nada” a “extremadamente”, correspondiendo la posición del marcador a un valor cuantitativo entre 0 y 100 para cada ítem valorado en cuestión. El valor otorgado a cada uno de los 18 ítems era posteriormente agrupado en una de las dos subescalas: Fatiga (ítems 1 – 5 y 11 – 18) y Energía (ítems 6 – 10). Para cada subescala, se sumaron los valores registrados en cada ítem y se realizó un promedio para extraer una puntuación total para cada una de estas subescalas. Esta escala ha sido ampliamente usada en la literatura, Lee et al. (1991), habiendo demostrado ser una herramienta válida y fiable en adultos entre 18 – 55 años que no requiere de más de 5 o 10 minutos para ser completada (Shahid et al., 2011).

3.3.4.2 Variables atencionales – rendimiento psicomotor (*Psychomotor Vigilance Task – PVT*)

El procedimiento de esta tarea cognitiva estuvo basada en la tarea original elaborada por Wilkinson & Houghton (1982) (ver Figura 4). Esta tarea tenía la finalidad de evaluar la atención sostenida registrando el tiempo de reacción de los sujetos ante estímulos visuales que se muestran de forma aleatoria. En cada intento, una circunferencia roja se mostraba en la pantalla sobre un fondo negro. Tras un intervalo aleatorio de tiempo entre 2 y 10 segundos (Basner & Dinges, 2011), la circunferencia comenzaba a rellenarse a una velocidad angular de 0,094 °/segundo. Se indicó a los participantes que debían responder lo más rápido posible sin cometer errores de anticipación y, para ello, debían presionar con su mano dominante la barra espaciadora del portátil. Tras cada intento, en la pantalla aparecía un mensaje de feedback sobre el tiempo de respuesta (Luque-Casado et al., 2013). Las respuestas fueron consideradas válidas si el tiempo de reacción (TR) \geq 100 ms. Los tiempos de reacción (TR) $<$ 100 ms y anticipaciones (cuando el sujeto respondía erróneamente de manera previa a la presentación del estímulo), fueron excluidos de los análisis siguiendo el procedimiento empleado en estudios previos (Luque-Casado et al., 2013; Luque-Casado et al., 2016a). La duración de la prueba fue de 5' considerándose el tiempo óptimo (Thompson et al., 2022) y se incluía una fase práctica de 1' previo a su realización en el pre-test. Para el posterior análisis estadístico se tomaron en consideración los tiempos de reacción promedio de los participantes, así como el porcentaje de lapsos temporales (errores de omisión, TR \geq 500 ms) (Basner & Dinges, 2011).

Figura 4. Esquema tarea *Psychomotor Vigilance Task* - PVT



3.3.4.3 Variables fisiológicas

Se monitorizó la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) a través de un sensor de frecuencia cardíaca Polar H10 con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz que implica la

obtención de una resolución temporal de 1 ms por cada intervalo R-R. Los datos se registraron mediante la aplicación *Élite HRV* para *smartphones* y cada registro de intervalo R-R fue analizado mediante *Kubios HRV Analysis Software 2.0*. Con el objetivo de eliminar posibles artefactos, los datos se filtraron suprimiendo los intervalos R-R que tenían una disparidad superior al 25% con los intervalos R-R contiguos empleando el método de suavidad con un valor de Lambda de 500 (Luque-Casado et al., 2016b). El análisis de la VFC se llevó a cabo aplicando procesos matemáticos lineales, es decir, método de dominio de tiempo, consistente en el cálculo matemático de las modificaciones de tiempo que tienen lugar entre latidos.

La variable estudiada fue el índice de dominio temporal rMSSD, que hace referencia a la raíz cuadrada de la media del sumatorio de los cuadrados de las diferencias entre intervalos R-R contiguos. Este valor aporta información sobre las variaciones a corto plazo entre intervalos R-R y se emplea para determinar el efecto del Sistema Nervioso Parasimpático (SNP) sobre el sistema cardiovascular. La inclusión de esta medida se sustenta sobre evidencia previa indicando que la fatiga mental tiene incidencia sobre la función cardiovascular del organismo, provocando alteraciones en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y es el sistema nervioso autónomo quien, a través de su rama parasimpática, tiende a compensar este desequilibrio (Delliaux et al., 2019; Matuz et al., 2021). La VFC se midió en estado basal del sujeto, así como durante el protocolo de fatiga mental o control activo según el tipo de sesión. Los valores de rMSSD extraídos durante los 45' fueron segmentados en 5 bloques de 9' de duración de igual modo que se hizo con la prueba *Stroop*.

3.3.5 Evaluación del rendimiento, esfuerzo percibido y experiencia subjetiva de carga de trabajo asociada en tenis de mesa

3.3.5.1 Test de eficacia del golpeo en tenis de mesa

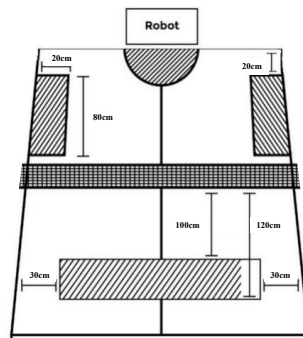
El test de eficacia de golpeo fue diseñado siguiendo el procedimiento descrito en Belli et al. (2019) que evidenciaba su validez y eficacia para medir el rendimiento de jugadores de tenis de mesa. El test tiene como objetivo simular 11 intercambios posibles durante el

transcurso de un partido de tenis de mesa. Estos ralis envían las pelotas en secuencias de entre 2 y 5 lanzamientos en un orden aleatorizado y desconocido por el jugador, pero siempre idéntico (4, 2, 3, 3, 2, 5, 2, 4, 2, 3, 3 es el orden preestablecido). La frecuencia de lanzamiento es un nivel 4 sobre 6 y el tiempo entre ralis es el que pasa entre que se pausa y se vuelve a reanudar el robot. Los envíos de la máquina tienen efecto cortado y botan en campo rival en una región comprendida entre los 100 cm y los 120 cm de la red y con una separación de 30 cm con respecto a las líneas laterales. A lo largo de esta zona delimitada es donde el robot manda las bolas de forma aleatoria alternando entre la derecha y el revés del jugador.

El jugador debía responder con golpes liftados de ataque tanto en los envíos a su derecha como a su revés, con el objetivo de completar una ejecución que represente la acción más acorde a la que llevaría a cabo en una situación de partido para conseguir hacer punto. Además, debían dirigir sus envíos a tres objetivos ubicados sobre la superficie del campo rival. Se trataba de dos rectángulos (80 cm de largo y 20 cm de ancho) colocados en los laterales de la mesa a 20 cm de la línea de fondo. También se colocaba un tercer objetivo con forma de semicírculo de 25 cm de radio sobre la línea de fondo y en posición centrada con respecto a la mitad de la mesa. Esta disposición se puede observar en la Figura 5.

Las variables que se registraron para el posterior análisis fueron el porcentaje de bolas que botan en los objetivos ubicados sobre la superficie de la mesa (% bolas a objetivo), así como la proporción de pelotas que el jugador logra mantener en juego (% bolas mantiene en juego), es decir, se dan como válidos todos los envíos que alcanzan el campo rival y se excluyen aquellos que van fuera de la mesa, se quedan en la red o ni se golpea.

Figura 5. Representación gráfica con medidas de la ubicación de los objetivos y la posición del robot



3.3.5.2 Percepción de esfuerzo y experiencia subjetiva de carga multidimensional de trabajo (*Rate of Perceived Exertion* – RPE; *NASA Task Load Index questionnaire* – NASA-TLX)

Se empleó la escala Borg *Rating of Perceived Exertion* (RPE) para determinar la intensidad subjetiva de esfuerzo percibido asociado a la prueba de rendimiento en tenis de mesa. Esta es una escala de tipo numérico con un rango que va del 6 al 20, siendo el 6 un valor que refleja “ningún esfuerzo”, mientras que el 20 significa “esfuerzo máximo”. Para usar esta escala, cada sujeto debía escoger el número de la misma que mejor describiera su nivel de esfuerzo percibido durante la actividad que se había llevado a cabo. Se trata de una escala ampliamente usada que ha demostrado ser una herramienta válida y fiable tanto para contextos deportivos (Schallig et al., 2018) como para el entorno sanitario incluso (Tobase et al., 2023).

Para finalizar cada sesión se pasó al cuestionario *NASA Task Load Index questionnaire* (NASA-TLX). Esta escala multidimensional aporta una valoración genérica (de 0 a 100 puntos) de la carga de trabajo basada en un promedio ponderado de 6 dimensiones (demanda de actividad mental, demanda de actividad física, demanda temporal, rendimiento propio, esfuerzo, y nivel de frustración). Los sujetos debían evaluar cada dimensión otorgando un valor de 0 a 100 puntos a través de una escala visual analógica. Después se enseñó a los participantes unas tarjetas con 15 comparaciones por parejas de cada combinación posible entre dimensiones, teniendo que escoger aquella que hubiera tenido mayor impacto en su rendimiento. A partir de estas comparaciones, cada dimensión tenía un peso específico entre 0 y 5. De cada una de ellas se obtuvo un valor resultante de multiplicar el peso específico y el valor entre 0 y 100 de la evaluación. Además, la suma de las puntuaciones de cada dimensión se dividió entre 15 (por ser el número de comparaciones) para obtener una puntuación global de carga de trabajo. Estos datos parciales de cada dimensión y la puntuación global fueron analizados estadísticamente. Este cuestionario ha sido empleado en estudios recientes, como los de Aras et al. (2023) y Faro et al. (2023), para valorar la incidencia de la fatiga mental en deportistas.

3.4 Instrumentos

Para la presentación de estímulos y registro de respuestas de la tarea *Stroop* (calibración y experimental) y la *Psychomotor Vigilance Task* (PVT), se empleó el Software E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA, USA) en un ordenador portátil modelo Lenovo ideapad 330. Los sujetos durante la intervención manipularon el panel táctil, las teclas numéricas del 1 al 3 o la barra espaciadora según la prueba. Las medidas subjetivas (VAS-F, RPE, NASA-TLX) se mostraron en el ordenador y la recogida de información fue a través de escalas visuales analógicas implementadas a través de un archivo Excel.

La prueba de rendimiento en tenis de mesa se llevó a cabo en una sala equipada con suelo técnico e iluminación reglada a nivel federativo. La mesa utilizada fue una Butterfly Octet de competición con un grosor en el tablero superior a 25 mm. La red también fue Butterfly siendo en este caso el modelo Europa NETO, mientras que las bolas fueron Naraq 40+ mm de color blanco. Las raquetas pertenecían a cada jugador debido a que usar una única pala sería contraproducente porque cada jugador está adaptado a su madera y a la dureza y grosor de sus gomas. Finalmente, el robot multibolas empleado fue el Robo Pro Junior de Tibhar con tres grados de dispersión de las pelotas, seis niveles de velocidad y de frecuencia, y pudiendo realizar envíos sin efecto, cortados o liftados.

Todos los participantes fueron equipados con un sensor de frecuencia cardíaca Polar H10 (Polar Electro, Kempele, Finlandia) con el fin de monitorizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca en determinados momentos de la intervención (ver Figura 2). Esta información se registró por Bluetooth a través de la aplicación Elite HRV instalada en un dispositivo móvil Samsung Galaxy A54, y posteriormente exportada al portátil para ser analizada por bloques temporales con el programa Kubios (Tarvainen et al., 2014).

3.5 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software IBM SPSS Statistics (IBM Corporation, Chicago, IL). Para reportar las características sociodemográficas, antropométricas y perfil de práctica deportiva de los participantes, se emplearon

estadísticos descriptivos simples como la media, desviación estándar, así como valores de rango mínimo y máximo para cada una de las variables.

El resto de variables fueron sometidas a comprobación de ajuste a distribución normal de los datos, a través del test de Shapiro-Wilk e inspección visual complementaria de histogramas y gráficos Q-Q. Los resultados de la evaluación de normalidad, así como los factores a incluir en el análisis en cada conjunto de variables, determinaron el uso de diferentes tipos de pruebas estadísticas de manera específica.

Para evaluar la posible diferencia entre sesiones (experimental vs. control) en el *estado basal del sujeto*, se empleó la prueba *t*-test para muestras relacionadas en el caso de VFC basal, número de horas de sueño y nivel de activación, así como su equivalente no paramétrico, el test Wilcoxon Signed-Ranks, en el caso de las variables sensación de sueño y de la calidad de sueño. Como medida de “control” de la manipulación experimental (*manipulation check*), se analizó el rendimiento comportamental en la tarea *Stroop* empleada en el protocolo de inducción de fatiga mental, empleando una ANOVA de medidas repetidas con el factor intra-sujeto Bloque Temporal (Bloque 1, 2, 3, 4, 5) sobre las variables de tiempo de reacción y exactitud de respuesta.

Las variables de *experiencia subjetiva de fatiga* (VAS-F) y *atencionales – rendimiento psicomotor* (PVT), fueron analizadas a través de un ANOVA de medidas repetidas con dos factores intra-sujeto: Sesión (Experimental, Control) y Momento (Pre, Post). Por su parte, al objeto de evaluar el posible impacto de la fatiga mental sobre las variables fisiológicas, la variable *rMSSD de VFC* fue analizada mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos factores intra-sujeto: Sesión (Experimental, Control) y Bloque Temporal (Bloque 1, 2, 3, 4, 5), equiparando así al análisis a lo largo del tiempo en tarea realizado en la prueba *Stroop*. En todos los casos, cuando la interacción entre factores alcanzó significatividad estadística, se empleó la prueba *t*-test para muestras pareadas de cara a determinar el origen de las diferencias entre condiciones.

Por último, igualmente se empleó una prueba *t* para muestras pareadas para analizar las posibles diferencias entre sesiones (experimental vs. control), en el caso de las variables del test de rendimiento y eficacia de golpeo en tenis de mesa (% bolas a objetivo, % bolas mantiene en juego), esfuerzo percibido (RPE) y puntuación global del cuestionario

NASA-TLX; mientras que el test equivalente no paramétrico Wilcoxon Signed-Ranks fue empleado en el caso de las puntuaciones asociadas a las distintas subdimensiones de este último (Frustración, Esfuerzo, Ejecución, Temporal, Física y Mental). Se reportaron los valores del estadístico F , t o Z según correspondiese en cada caso, así como el valor de p fijando el umbral de significatividad en $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

4.1 Estado basal de los sujetos

Al objeto de corroborar que los participantes no diferían en las condiciones psicofisiológicas basales en las que partían para realizar las evaluaciones durante la sesión Control y Experimental, se llevó a cabo una comparativa en las distintas variables de interés (ver Tabla 2).

Tabla 2. Estado psicofisiológico basal de los participantes

	CONTROL		EXPERIMENTAL	
	Media	DE	Media	DE
Datos psicofisiológicos				
rMSSD basal (ms)	61,493	29,54	59,165	22,034
N.º horas de sueño (horas)	7,89	1,13	7,97	1,2
Calidad del sueño (0 – 100)	71,17	24,08	69,42	22,13
Sensación de sueño (0 – 100)	34,83	23,49	25,83	27,82
Nivel de activación (0 – 100)	75,08	19,84	72,58	21,36

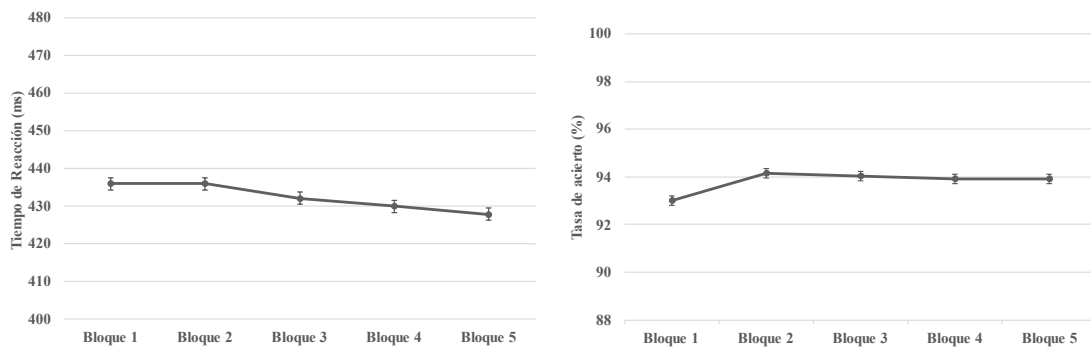
DE= Desviación Estándar; rMSSD= Diferencia de la raíz cuadrada de intervalos R-R normales sucesivos

La prueba t para muestras pareadas no reportó diferencias estadísticamente significativas entre sesiones para las variables de variabilidad de la frecuencia cardíaca (rMSSD), número de horas de sueño o nivel de activación ($t < 1$ en todos los casos). De manera similar, el test no paramétrico de Wilcoxon Signed-Ranks no alcanzó significatividad estadística en el caso de sensación de sueño ($Z = -1,18$, $p = 0,24$) y calidad de sueño ($Z = -0,2$, $p = 0,84$), demostrando así que los sujetos comenzaron ambas sesiones en un estado psicofisiológico similar.

4.2 Variables “control” de la manipulación experimental

La tarea *Stroop* se empleó para inducir fatiga mental en los sujetos en la sesión experimental. Al objeto de evaluar la correcta ejecución de la tarea, así como la evolución del rendimiento en función del tiempo, se llevó a cabo un ANOVA de medidas repetidas con un factor intra-sujeto (Bloque Temporal: Bloque 1, 2, 3, 4 y 5) sobre las variables de tiempo de reacción (ms) y tasa de acierto (%). El ANOVA no reportó efecto principal de Bloque Temporal para ninguna de las variables mencionadas ($F < 1$), indicando que los participantes mantuvieron un buen rendimiento en tarea durante los 45 min de duración de esta (ver Gráficos 1 y 2).

Gráficos 1 y 2. Tiempo de reacción (ms) y Tasa de acierto (%) en función del Bloque Temporal durante la tarea *Stroop*



De igual manera, al objeto de evaluar la correcta implicación de los participantes en la condición control, tras la visualización del vídeo se les sometió a cuestiones acerca del partido visualizado. La tasa de acierto se situó en $91,0 \pm 0,11\%$ (rango mín. 75% – máx. 100%), lo que denota igualmente que los participantes realizaron correctamente esta labor y la condición de control activo cumplió su cometido.

4.3 Incidencia de la fatiga mental inducida sobre el estado psicofisiológico del sujeto

4.3.1 Experiencia subjetiva de fatiga

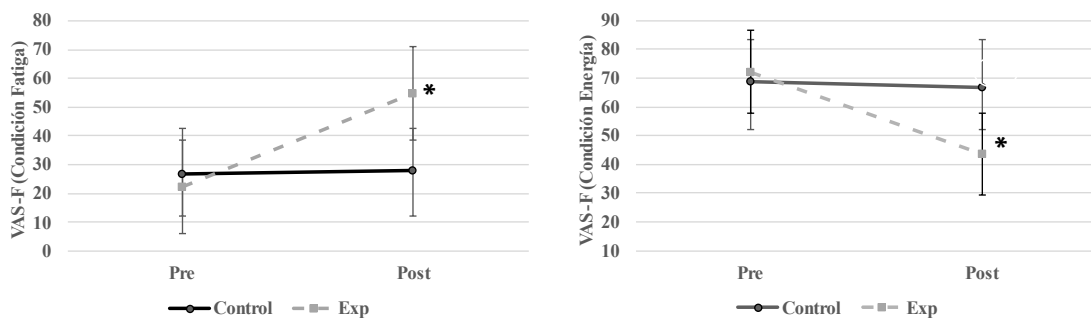
La escala VAS-F se divide en dos subescalas que tratan la condición Fatiga y la condición Energía. Ambas se registraron en las sesiones control y experimental (factor Sesión),

tanto previamente como tras finalizar los 45' de la condición particular de cada sesión (factor Momento).

El ANOVA de medidas repetidas con 2 factores intra-sujeto (Sesión [Control y Experimental] y Momento [Pre y Post]) sobre la puntuación total de Fatiga, reportó diferencias significativas para el factor de Sesión ($F = 5,05$, $p = 0,046$), para el factor Momento ($F = 21,16$, $p < 0,001$), así como para la interacción Sesión * Momento ($F = 24,63$, $p < 0,001$). Las comparaciones post-hoc mediante t -test para muestras emparejadas demostraron la existencia de un aumento significativo de la fatiga en el momento posterior a la realización de la tarea *Stroop* (valor post) con respecto al instante previo (valor pre) en la sesión Experimental [$t = 5,63$, $p < 0,001$], aunque estas diferencias no se observaron en el caso de la sesión Control ($t < 1$) (ver Gráfico 3).

De igual manera, en el caso de la puntuación total de Energía, el ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas para el factor Sesión ($F = 6,09$, $p = 0,031$), para el factor Momento ($F = 13,86$, $p = 0,003$), así como para la interacción Sesión * Momento ($F = 12,49$, $p = 0,005$). Las comparaciones post-hoc mediante t -test para muestras emparejadas pusieron de manifiesto una reducción del valor de la condición Energía en el instante post en comparación con la situación pre en la sesión Experimental ($t = 4,27$, $p = 0,001$), mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en esta comparación para la sesión Control ($t < 1$) (ver Gráfico 4).

Gráficos 3 y 4. Puntuación total de la escala VAS-F para condición Fatiga y Energía en función de Sesión y Momento



* Diferencias significativas ($p < 0,05$) pre vs. post para condición Experimental.

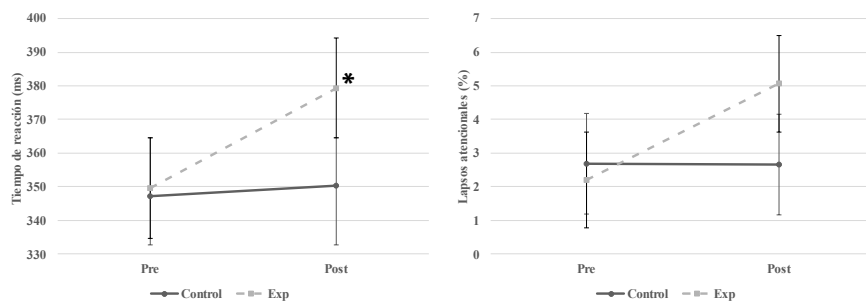
4.3.2 Variables atencionales – rendimiento psicomotor

Se realizó un ANOVA con dos factores intra-sujeto (Sesión [Control y Experimental] y Momento [Pre y Post]) sobre las variables de tiempo de reacción y tasa de acierto.

El ANOVA sobre los tiempos de reacción demostró diferencias significativas para la interacción Sesión * Momento ($F = 5,63$, $p = 0,037$), no así para el factor Sesión ($F = 4,09$, $p = 0,068$) ni para el factor Momento ($F = 3,16$, $p = 0,103$). La significatividad en la interacción se exploró con pruebas post-hoc basadas en t -test de muestras emparejadas, que pusieron de manifiesto la existencia de diferencias marginalmente significativas que indicaron un incremento del tiempo de reacción en la condición post con respecto al momento pre en la sesión Experimental ($t = 2,18$, $p = 0,052$). No existieron diferencias entre momento pre vs. post en el caso de la sesión Control ($t < 1$) (ver Gráfico 5).

De la misma forma, en el caso del porcentaje de lapsos atencionales, el ANOVA evidenció diferencias significativas para la interacción Sesión * Momento ($F = 7,44$, $p = 0,02$), pero no para el factor Sesión ($F < 1$) ni para el factor Momento ($F = 1,73$, $p = 0,22$). Para conocer el origen de esta significatividad, se completaron pruebas post-hoc consistentes en t -test de muestras emparejadas que indicaron la existencia de una tendencia próxima a la significatividad entre las condiciones pre y post durante la sesión experimental ($t = 1,83$, $p = 0,094$), con un valor superior en el porcentaje de lapsos para el momento post en comparación con pre. No existieron diferencias entre momento pre vs. post en el caso de la sesión Control ($t < 1$) (ver Gráfico 6).

Gráficos 5 y 6. Tiempos de reacción (ms) y Lapsos atencionales (%) para la tarea PVT en función de Sesión y Momento



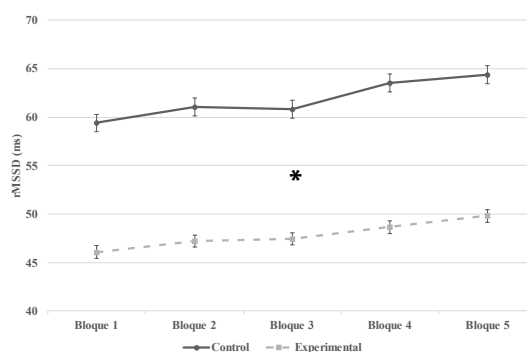
* Diferencias marginalmente significativas ($p = 0,052$) pre vs. post para condición Experimental.

4.3.3 Variables fisiológicas

Al objeto de evaluar el posible impacto de la fatiga mental a nivel fisiológico, el índice rMSSD de variabilidad de la frecuencia cardíaca fue analizado mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos factores intra-sujeto: Sesión (Experimental, Control) y Bloque Temporal (Bloque 1, 2, 3, 4, 5), equiparando así al análisis a lo largo del tiempo en tarea realizado en la tarea *Stroop*.

Los resultados mostraron diferencias significativas para el factor Sesión ($F = 6,819$, $p = 0,024$), evidenciando menores valores en el índice rMSSD durante los 45 minutos del protocolo de fatiga mental (tarea *Stroop*) en la sesión Experimental, respecto al protocolo de control activo (visionado de vídeo) realizado en la sesión Control (ver Gráfico 7). Esto demuestra la existencia de un mayor impacto negativo a nivel fisiológico del protocolo de fatiga mental frente al control activo. El ANOVA no reportó efecto significativo de Bloque Temporal ($F = 1,257$, $p = 0,305$), ni interacción entre los factores Sesión * Bloque Temporal ($F < 1$).

Gráfico 7. Valores de variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante el índice rMSSD (ms) en función de Sesión y Bloque Temporal



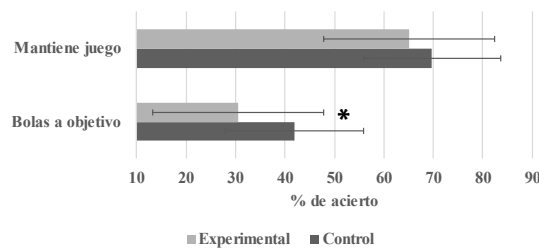
* Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sesión Experimental y sesión Control.

4.4 Incidencia de la fatiga mental sobre el test de eficacia del golpeo en tenis de mesa, esfuerzo percibido y experiencia subjetiva de carga de trabajo asociada

Al objeto de evaluar la incidencia de la fatiga mental sobre las variables de rendimiento obtenidas en el test de eficacia de golpeo, se realizó una prueba *t*-test para muestras

relacionadas sobre el porcentaje de bolas dirigidas a objetivo, así como el porcentaje de bolas en las que se consigue mantener el juego. La prueba *t* evidenció una menor proporción de bolas dirigidas a objetivo en la sesión Experimental ($30,56 \pm 13,08\%$) respecto a la sesión Control ($41,92 \pm 17,04\%$) ($t = 3,30, p = 0,007$). Por su parte, aunque igualmente se mostró una menor tasa de bolas en las que se consigue mantener juego en la sesión Experimental ($65,15 \pm 8,81\%$) respecto a la sesión Control ($69,7 \pm 9,23\%$), esta diferencia no alcanzó significatividad estadística ($t = 1,59, p = 0,139$) (ver Gráfico 8).

Gráfico 8. Porcentaje de bolas a objetivo y que se mantienen en juego para la sesión control y experimental

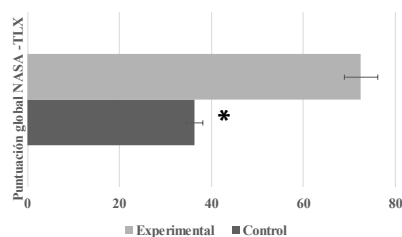


* *Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sesión Experimental y sesión Control.*

Para la fatiga percibida, evaluada a través de la puntuación obtenida en la escala RPE, la prueba *t* demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambas sesiones, indicando una mayor ratio de esfuerzo percibido en la sesión Experimental ($15,08 \pm 1,68$) respecto a la sesión Control ($11,08 \pm 1,83$) ($t = 7,09, p < 0,001$).

Finalmente, para valorar la experiencia subjetiva de carga de trabajo se empleó el instrumento NASA-TLX. La puntuación global de NASA-TLX demostró ser significativamente superior en la sesión Experimental ($72,53 \pm 10,06$), respecto a la sesión Control ($36,22 \pm 19,07$) ($t = 5,82, p < 0,001$) (ver Gráfico 9).

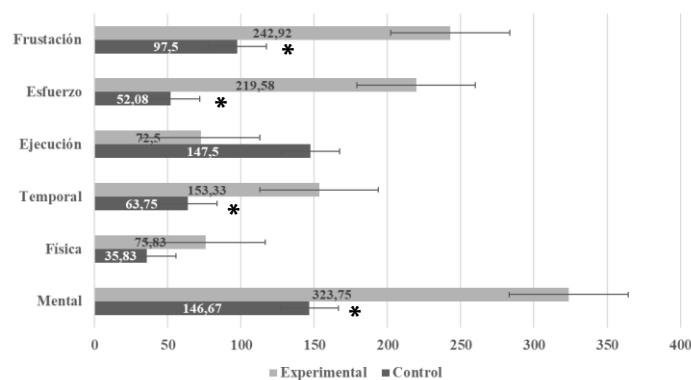
Gráfico 9. Puntuación global del NASA-TLX para la sesión control y experimental



* *Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sesión Experimental y sesión Control.*

Para conocer la magnitud específica con la que cada subdimensión de la escala NASA-TLX contribuye a esta diferencia en la puntuación global, se analizaron cada una de las seis subdimensiones. En este caso, el test no paramétrico de Wilcoxon Signed-Ranks demostró diferencias significativas entre sesiones para la subescala de “Demanda de Actividad Mental” ($Z = 3,06$, $p = 0,002$), de “Demanda Temporal” ($Z = 1,96$, $p = 0,05$), de “Esfuerzo” ($Z = 3,06$, $p = 0,002$), y de “Nivel de Frustración” ($Z = 2,83$, $p = 0,005$), siempre con valores superiores en la sesión experimental en comparación con aquellos relativos a la sesión control. Para la subdimensión “Demanda de Actividad Física” y “Ejecución y Resultado” no se evidenciaron diferencias significativas ($Z < 1$ y $Z = 1,65$, $p = 0,099$, respectivamente).

Gráfico 10. Puntuación por subdimensiones del NASA-TLX para la sesión control y experimental



* Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sesión Experimental y sesión Control.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo pretendió investigar el efecto de la fatiga mental sobre el estado psicofisiológico y experiencia subjetiva del deportista, así como su impacto asociado en un test específico de rendimiento en tenis de mesa. Los resultados registrados en el test específico de tenis de mesa pusieron de manifiesto un descenso significativo de la eficacia de golpeo para la condición experimental con respecto a la sesión control. Este descenso en rendimiento estuvo asociado paralelamente a un notable impacto del protocolo de fatiga mental sobre el estado psicofisiológico del deportista, demostrando un deterioro en todas las variables de experiencia subjetiva (mayor sensación de fatiga y menor energía, mayor esfuerzo percibido y carga de trabajo asociada al rendimiento), así como un

deterioro de vigilancia psicomotora (tiempos de reacción más lentos en la tarea PVT) y un estado fisiológico alterado (reducción de la implicación parasimpática mediante VFC).

La ausencia de diferencias significativas en las condiciones psicofisiológicas basales en las que los participantes afrontaron ambas sesiones (control *vs.* experimental), demuestra la existencia de un estado intraindividual homogéneo para ambas sesiones de evaluación. Este hecho, junto con la certeza de que la prueba *Stroop* (experimental) y el visionado de vídeo (control activo) tuvieron el efecto deseado y demostraron altas tasas de rendimiento asociado (superior al 90% en ambos casos), son prueba fehaciente de una correcta y eficaz manipulación experimental que garantizaría la validez de la investigación.

La evidencia científica hasta el momento ha demostrado el impacto de la fatiga mental analizando variables objetivas, como la eficacia en el tiro de baloncesto a lo largo de una temporada (Daub et al., 2024). Sin embargo, la incidencia de este tipo de fatiga no solamente afecta a una ejecución técnica, sino que va más allá e influye en el rendimiento físico (como en la velocidad o la capacidad de salto) (Staiano et al., 2024), en habilidades perceptivo-motrices (reflejado en el equilibrio) o en la sensación subjetiva de cada individuo (medida a través de una escala visual analógica) (Verschueren et al., 2020). Estos hechos no hacen más que destacar la importancia de medir diferentes dimensiones para evaluar el impacto de la fatiga mental porque se han encontrado marcadores a nivel fisiológico (VFC), de esfuerzo percibido (RPE) o psicomotor (tiempo de reacción) (Van Cutsem et al., 2017); y es ahí donde reside el peso del estudio propio llevando a cabo un análisis multifactorial.

Parte esencial en estos diseños experimentales es asegurar primeramente la existencia de un verdadero impacto de la fatiga mental sobre el estado del sujeto, algo que no siempre resulta evidente al revisar investigaciones previas. Por ejemplo, Junior et al. (2020), comprobaron los efectos de la fatiga mental sobre la percepción de fatiga, el tiempo de reacción y la variabilidad de frecuencia cardíaca tras completar una tarea *Stroop Color Word*, no haciéndose evidente los efectos de la fatiga en todas las dimensiones registradas en comparación con la condición control consistente en permanecer sentado sin recibir estímulos. Este protocolo no resultó eficaz, pero en base a investigaciones previas resulta

evidente que existe un impacto negativo de situaciones de alta demanda mental a nivel multidimensional. Se ha demostrado que la fatiga mental repercute en un notable deterioro a nivel psicomotor, resultando en tiempos de reacción más lentos por parte de los individuos (Migliaccio et al., 2022); también implica una sensación a nivel subjetivo de mayor percepción de fatiga y menor energía (Chen et al., 2023); y, por último, los efectos de la fatiga mental han demostrado tener una repercusión negativa incluso sobre el estado fisiológico del individuo evidenciado por descensos notables en la variabilidad de la frecuencia cardíaca ante periodos de exposición de carga mental (Melo et al., 2017).

A diferencia de investigaciones previas, el protocolo de inducción de fatiga mental individualizado que se empleó en la presente investigación fue capaz de captar el impacto que el estado de fatiga mental produjo sobre diferentes dimensiones de interés asociadas al rendimiento del deportista (a nivel fisiológico, psicomotor y percepción subjetiva) y, en consecuencia, asociar este cambio de estado psicofisiológico del individuo al deterioro de rendimiento técnico observado. Esto refuerza la eficacia de la manipulación experimental al demostrar un impacto de la fatiga a nivel integral en el individuo y, en consecuencia, suma validez a la inferencia que pueda realizarse de los resultados aquí obtenidos.

Este estado general modificado del deportista en la sesión experimental se vio acompañado de un deterioro significativo en la eficacia y rendimiento técnico en el test de eficacia de golpeo en tenis de mesa. Este efecto se observó en el porcentaje de bolas dirigidas a los objetivos, pero no así cuando únicamente se analizaba mantener la pelota en juego. Esto apunta a que el efecto de la fatiga aparece principalmente bajo aquellas condiciones de mayor dificultad, las cuáles requieren un alto grado de precisión, coordinación, velocidad de reacción, etc. Este efecto sobre el rendimiento, en la intervención propia, también influye en la experiencia subjetiva sobre el nivel de esfuerzo percibido (RPE) y la carga de trabajo subjetiva asociada (NASA-TLX). De este último, las diferencias entre sesiones obtenidas en la puntuación global se deben a las subdimensiones de Frustración, Demanda Mental, Esfuerzo y Demanda Temporal. Para Habay et al. (2021a) esas diferencias, además de para las anteriores subescalas, también se debía a la Demanda Física. Esto podría deberse a que la duración de la condición fatiga

o control, según la sesión, y de la tarea visomotora empleada para medir tiempo de reacción y precisión son superiores a los tiempos empleados en el proyecto propio.

En el estudio más similar al presente trabajo, Le Mansec et al. (2018) observaron un deterioro en la precisión y en la velocidad de los envíos en un test específico de tenis de mesa tras inducir fatiga mental durante 90'. Este protocolo tenía una duración superior al propio y, aunque los resultados en cuanto a la eficacia de golpeo fueron similares, este estudio previo dejó sin considerar un factor clave como es la individualización de la carga en el protocolo de inducción de fatiga mental. Por otro lado, Kosack et al. (2020), analizaron la influencia de la fatiga mental en un test de rendimiento específico para bádminton valorando también la altura de un *countermovement-jump* (CMJ), frecuencia cardíaca, lactato y RPE. Sus resultados no mostraron diferencias significativas entre la condición de fatiga mental y la condición control, lo que puede deberse a que las tareas empleadas para someter al sujeto esa fatiga mental no estaban individualizadas tal y como se ha llevado a cabo en la intervención propia, donde se aportaron indicaciones a cada individuo para que mantuviera un alto rendimiento en la tarea *Stroop* (% acierto $\geq 85\%$) y, más importante todavía, se adaptó el nivel de dificultad de esta prueba en función de la capacidad de cada sujeto, asegurando que fueron sometidos a 45' de mantenimiento de un alto nivel de exigencia cognitiva.

En este sentido, el aspecto clave del presente estudio ha sido inducir el nivel de fatiga mental buscado en cada individuo y, además, haber generado un estado psicofisiológico deteriorado a nivel multidimensional que se ha asociado con un decremento de rendimiento. Esto supone un valor añadido, ya que parece ser que individualizar la carga a la capacidad del sujeto es un elemento diferenciador y necesario para garantizar condiciones homogéneas de fatiga mental, y que se vea reflejado sobre el estado psicofisiológico, de experiencia subjetiva, así como de rendimiento, del deportista.

Por último, cabe mencionar que, según la evidencia previa acumulada dentro de este tópico de investigación, los resultados en torno a los efectos que la fatiga mental puede ejercer sobre variables de rendimiento físico y deportivo son heterogéneos. De hecho, parece existir un efecto selectivo de la fatiga mental sobre contextos deportivos en los

que existen altas exigencias de carácter técnico y alta implicación cognitivo-motora, como ponen de manifiesto Smith et al. (2016) estudiando su efecto sobre la precisión en el pase y en el tiro de futbolistas. Sin embargo, estudios orientados a investigar el impacto de la fatiga mental sobre el rendimiento puramente físico (ej. tiempo hasta extenuación), como los de Clark et al. (2019) y Holgado et al. (2021), no observaron un impacto negativo significativo de la fatiga mental inducida sobre variables de rendimiento físico y función neuromuscular de los participantes (Holgado et al., 2023).

Los principales hallazgos de este trabajo deben ser considerados bajo una serie de limitaciones inherentes al estudio que podrían condicionar la generalización de estos resultados. Por un lado, el tamaño muestral no fue muy elevado y las características profesionales y edad de los participantes presentaron cierta heterogeneidad. No obstante, el hecho de haber empleado un diseño aleatorizado, cruzado y contrabalanceado intra-sujeto, junto con la homogeneidad en el estado psicofisiológico basal de los participantes al inicio de cada sesión experimental, reduce en cierto modo este potencial inconveniente. En todo caso, futuros estudios deberán replicar estos hallazgos bajo tamaños muestrales superiores, garantizando así mayor robustez y potencia estadística. Por otro lado, la duración del protocolo de inducción de fatiga mental (y, por tanto, también de la condición control) fue de 45 min, cuando en otros estudios similares este tipo de tareas se extendieron hasta los 60 min (Habay et al., 2021a) o 90 min (Le Mansec et al., 2018) de duración, lo cual podría modificar el posible impacto observado sobre variables de rendimiento principalmente.

En definitiva, se puede concluir que la fatiga mental parece desencadenar un estado psicofisiológico y subjetivo subóptimo que ejerce un impacto directo sobre el desempeño específico de los jugadores de tenis de mesa, en especial bajo situaciones que requieren de mayor complejidad técnica y grado de precisión. Además, estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de emplear protocolos experimentales de inducción de fatiga adaptados a la capacidad del individuo, así como la necesidad de analizar desde una perspectiva multidimensional (experiencia subjetiva, estado cognitivo y fisiológico) el impacto de dicha fatiga sobre el deportista, con el objetivo de obtener una visión global y ajustar su carga de trabajo en función de todos estos aspectos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aras, D., Samil Onlu, A., Durmus, T., Cengiz, C., Guler, D., Guler, Y., Ugurlu, A., Aldhahi, M. I., & Güllü, M. (2023). A brief body scan mindfulness practice has no positive effect on the recovery of heart rate variability and cognitive tasks in female professional basketball players. *Frontiers in Psychology, 14*, 1196066. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1196066>
- Basner, M., & Dinges, D. F. (2011). Maximizing sensitivity of the Psychomotor Vigilance Test (PVT) to sleep loss. *Sleep, 34*(5), 581-591. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.5.581>
- Belli, T., Misuta, M. S., de Moura, P. P. R., Tavares, T. dos S., Ribeiro, R. A., dos Santos, Y. Y. S., Sarro, K. J., & Galatti, L. R. (2019). Reproducibility and validity of a stroke effectiveness test in table tennis based on the temporal game structure. *Frontiers in Psychology, 10*, 427. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00427>
- Cádiz Gallardo, M. P., Pradas de la Fuente, F., Moreno-Azze, A., & Carrasco Páez, L. (2023). Physiological demands of racket sports: a systematic review. *Frontiers in Psychology, 14*, 1149295. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1149295>
- Can, S., Kilit, B., Arslan, E., & Suveren, S. (2014). The comparison of reaction time of male tennis players, table tennis players and the ones who don't exercise at all in 10 to 12 age groups. *Journal of Physical Education And Sport Sciences, 8*(2), 195-201.
- Chen, Y., Liu, M., Zhou, J., Bao, D., Li, B., & Zhou, J. (2023). Acute Effects of Fatigue on Cardiac Autonomic Nervous Activity. *Journal of Sports Science & Medicine, 22*(4), 806-815. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.806>
- Clark, I. E., Goulding, R. P., DiMenna, F. J., Bailey, S. J., Jones, M. I., Fulford, J., McDonagh, S. T. J., Jones, A. M., & Vanhatalo, A. (2019). Time-trial performance is not impaired in either competitive athletes or untrained individuals following a prolonged cognitive task. *European Journal of Applied Physiology, 119*(1), 149-161. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4009-6>
- Daub, B. D., McLean, B. D., Heishman, A. D., Peak, K. M., & Coutts, A. J. (2024). The Relationship Between Mental Fatigue and Shooting Performance Over the Course

- of a National Collegiate Athletic Association Division I Basketball Season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(2), 334-341. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004624>
- Delliaux, S., Delaforge, A., Deharo, J. C., & Chaumet, G. (2019). Mental Workload Alters Heart Rate Variability, Lowering Non-linear Dynamics. *Frontiers in Physiology*, 10, 565. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00565>
- Faro, H., Cavalcante Silva, D., Barbosa, B. T., Costa, Y. P. da, Freitas-Junior, C. G., de Lima-Junior, D., Faubert, J., & Fortes, L. de S. (2023). Young Basketball Players' Multiple Object Tracking Skills Were Unaffected by Stroop-Induced Mental Fatigue. *Perceptual and Motor Skills*, 130(5), 2161-2176. <https://doi.org/10.1177/00315125231189091>
- Ferrandez, C., Marsan, T., Poulet, Y., Rouch, P., Thoreux, P., & Sauret, C. (2021). Physiology, biomechanics and injuries in table tennis: A systematic review. *Science and Sports*, 36(2), 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.04.007>
- Filipas, L., Ferioli, D., Banfi, G., Torre, A. La, & Vitale, J. A. (2021). Single and combined effect of acute sleep restriction and mental fatigue on basketball free-throw performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 415-420. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2020-0142>
- Filipas, L., Rossi, C., Codella, R., & Bonato, M. (2024). Mental Fatigue Impairs Second Serve Accuracy in Tennis Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 95(1), 190-196. <https://doi.org/10.1080/02701367.2023.2174488>
- Habay, J., Proost, M., De Wachter, J., Díaz-garcía, J., De Pauw, K., Meeusen, R., Van Cutsem, J., & Roelands, B. (2021a). Mental fatigue-associated decrease in table tennis performance: is there an electrophysiological signature? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 12906. <https://doi.org/10.3390/ijerph182412906>
- Habay, J., Van Cutsem, J., Verschueren, J., De Bock, S., Proost, M., De Wachter, J., Tassignon, B., Meeusen, R., & Roelands, B. (2021b). Mental Fatigue and Sport-Specific Psychomotor Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51(7), 1527-1548. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01429-6>

- Holgado, D., Jolidon, L., Borragán, G., Sanabria, D., & Place, N. (2023). Individualized Mental Fatigue Does Not Impact Neuromuscular Function and Exercise Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 55(10), 1823. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003221>
- Holgado, D., Troya, E., Perales, J. C., Vellido, M. A., & Sanabria, D. (2021). Does mental fatigue impair physical performance? A replication study. *European Journal of Sport Science*, 21(5), 762-770. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1781265>
- Junior, A. F., Chierotti, P., Gabardo, J. M., Giovanini, B., Okano, A. H., Buzzachera, C. F., Okazaki, V. H. A., Okuno, N. M., & Altimari, L. R. (2020). Residual effects of mental fatigue on subjective fatigue, reaction time and cardiac responses. *Revista de Psicologia Del Deporte*, 29(2), 27-34.
- Kosack, M. H., Staiano, W., Folino, R., Hansen, M. B., & Lønbro, S. (2020). The acute effect of mental fatigue on badminton performance in elite players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 632-638. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0361>
- Kunasegaran, K., Ismail, A. M. H., Ramasamy, S., Gnanou, J. V., Caszo, B. A., & Chen, P. L. (2023). Understanding mental fatigue and its detection: a comparative analysis of assessments and tools. *PeerJ*, 11, e15744. <https://doi.org/10.7717/peerj.15744>
- Le Mansec, Y., Pageaux, B., Nordez, A., Dorel, S., & Jubeau, M. (2018). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2751-2759. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647>
- Lee, K. A., Hicks, G., & Nino-Murcia, G. (1991). Validity and reliability of a scale to assess fatigue. *Psychiatry Research*, 36(3), 291-298. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(91\)90027-M](https://doi.org/10.1016/0165-1781(91)90027-M)
- Luque-Casado, A., Perakakis, P., Hillman, C. H., Kao, S. C., Llorens, F., Guerra, P., & Sanabria, D. (2016a). Differences in sustained attention capacity as a function of aerobic fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(5), 887-895. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000857>
- Luque-Casado, A., Perales, J. C., Cárdenas, D., & Sanabria, D. (2016b). Heart rate variability and cognitive processing: The autonomic response to task demands.

Biological Psychology, 113, 83-90.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.11.013>

- Luque-Casado, A., Zabala, M., Morales, E., Mateo-March, M., & Sanabria, D. (2013). Cognitive Performance and Heart Rate Variability: The Influence of Fitness Level. *PLoS ONE*, 8(2), e56935. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056935>
- Martín Barrero, A. (2020). La importancia del juego en el aprendizaje del tenis de mesa. En D. Soler Segura (Coordinación), *Tenis de mesa: Formación de entrenadores Volumen I. La iniciación* (pp. 33-34). Wanceulen.
- Matuz, A., van der Linden, D., Kisander, Z., Hernádi, I., Kázmér, K., & Csathó, Á. (2021). Enhanced cardiac vagal tone in mental fatigue: Analysis of heart rate variability in Time-on-Task, recovery, and reactivity. *PLoS ONE*, 16(3), e0238670. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238670>
- Melo, H. M., Nascimento, L. M., & Takase, E. (2017). Mental Fatigue and Heart Rate Variability (HRV): The Time-on-Task Effect. *Psychology and Neuroscience*, 10(4), 428-436. <https://doi.org/10.1037/pne0000110>
- Migliaccio, G. M., Di Filippo, G., Russo, L., Orgiana, T., Ardigò, L. P., Casal, M. Z., Peyré-Tartaruga, L. A., & Padulo, J. (2022). Effects of Mental Fatigue on Reaction Time in Sportsmen. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14360. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114360>
- O’Keeffe, K., Hodder, S., & Lloyd, A. (2020). A comparison of methods used for inducing mental fatigue in performance research: individualised, dual-task and short duration cognitive tests are most effective. *Ergonomics*, 63(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1687940>
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Progress in Brain Research*, 240, 291-315. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.004>
- Schallig, W., Veneman, T., Noordhof, D. A., Rodríguez-Marroyo, J. A., Porcari, J. P., De Koning, J. J., & Foster, C. (2018). The role of the rating-of-perceived-exertion template in pacing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 367-373. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0813>

- Shahid, A., Wilkinson, K., Marcu, S., & Shapiro, C. M. (2011). Visual Analogue Scale to Evaluate Fatigue Severity (VAS-F). *STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales*, 399-402. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9893-4_100
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(2), 267-276. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000762>
- Soylu, Y., Ramazanoglu, F., Arslan, E., & Clemente, F. M. (2022). Effects of mental fatigue on the psychophysiological responses, kinematic profiles, and technical performance in different small-sided soccer games. *Biology of Sport*, 39(4), 965-972. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.110746>
- Staiano, W., Bonet, L. R. S., Romagnoli, M., & Ring, C. (2024). Mental fatigue impairs repeated sprint and jump performance in team sport athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(2), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.10.016>
- Sun, H., Soh, K. G., Roslan, S., Wazir, M. R. W. N., & Soh, K. L. (2021). Does mental fatigue affect skilled performance in athletes? A systematic review. *PLoS ONE*, 16(10), e0258307. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258307>
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 210-220. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>
- Thompson, B. J., Shugart, C., Dennison, K., & Louder, T. J. (2022). Test-retest reliability of the 5-minute psychomotor vigilance task in working-aged females. *Journal of Neuroscience Methods*, 365, 109379. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2021.109379>
- Tobase, L., Peres, H. H. C., Polastri, T. F., Cardoso, S. H., Souza, D. R., Almeida, D. G., & Timerman, S. (2023). The Use of the Borg Rating of Perceived Exertion Scale in Cardiopulmonary Resuscitation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 120(1), e20220240. <https://doi.org/10.36660/abc.20220240>
- Van Cutsem, J., De Pauw, K., Vandervaeren, C., Marcora, S., Meeusen, R., & Roelands, B.

- (2019). Mental fatigue impairs visuomotor response time in badminton players and controls. *Psychology of Sport and Exercise*, 45, 101579. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101579>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569-1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>
- Verschueren, J. O., Tassignon, B., Proost, M., Teugels, A., Van Cutsem, J., Roelands, B., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2020). Does Mental Fatigue Negatively Affect Outcomes of Functional Performance Tests? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(9), 2002-2010. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002323>
- Wilkinson, R. T., & Houghton, D. (1982). Field test of arousal: a portable reaction timer with datastorage. *Human Factors*, 24(4), 487-493. <https://doi.org/10.1177/001872088202400409>
- Yuan, R., Sun, H., Soh, K. G., Mohammadi, A., Toumi, Z., & Zhang, Z. (2023). The effects of mental fatigue on sport-specific motor performance among team sport athletes: A systematic scoping review. *Frontiers in Psychology*, 14, 1143618. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1143618>

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1: Vídeo condición control

El vídeo que se empleó durante la sesión control se correspondió con la final masculina del Campeonato de España de 2024. Para ajustar la duración a la tarea Stroop de la condición experimental, el partido se comenzó viendo a las 3 horas y 50 minutos de la grabación (pinchar sobre la imagen inferior para acceder al recurso) y terminó la visualización tras 45', correspondiéndose con el final del partido.

