



La danza como modulador del cronotipo y del desempeño cognitivo y motor

Tesis presentada a las Facultades de Ciencias, Ingeniería y Psicología de la Universidad de la República por

Mariana Marchesano

en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Magister en Ciencias Cognitivas.

Directoras de Tesis

Dra. Ana Silva.....Universidad de la República
Dra. Bettina Tassino.....Universidad de la República

Tribunal

Dr. Leonel Gómez (Presidente).....Universidad de la República
Dra. Graciela Muniz Terrera.....Universidad de Edimburgo
Dra. María Juliana Leone.....Universidad Torcuato Di Tella

Director Académico

Dr. Juan Carlos Valle LisboaUniversidad de la República

Montevideo
16 de diciembre, 2022

Agradecimientos

A Ana y Bettina, dupla maravillosa que admiro profundamente, por la orientación amorosa, dedicada, rigurosa y siempre desafiante; por la pasión que le ponen a cada cosa que hacen; por los espacios de aprendizaje que crean y comparten con tanta generosidad. Por su sensibilidad, sencillez, apertura y confianza.

A Nati, por abrir el camino, por la escucha y la colaboración desinteresada siempre, por las conversaciones danzadas y las danzas cronobiológicas.

A lxs bailarinxs de las Escuelas de Formación Artística del SODRE que participaron de este estudio, por su disponibilidad, entusiasmo y confianza; a Natalia Sobrera, Andrea Salazar y Jorge Caride, por la excelente disposición y el apoyo brindado; a lxs docentes que cedieron horas para que esto fuera posible.

A Alejandra Carboni por la colaboración y el asesoramiento en temas atencionales y a Alfonso Pérez por la colaboración en la programación de las pruebas.

A Julieta, Nacho y Valentina por su enorme generosidad al compartir conocimientos y herramientas de trabajo. A Janaína por colaborar en la toma de datos. A Adriana por sus valiosos aportes y a todo el Grupo de Cronobiología de la Facultad de Ciencias de la UdelaR, bello espacio de intercambio y aprendizaje.

A Guada, Esteban y Alexandra.

A Juan por la oportuna y certera orientación en todas las instancias.

Al tribunal por aceptar integrarlo tan generosamente.

A los afectos y compañerxs de las danzas y de la vida.

A todxs lxs docentes que he tenido y a la educación pública, que hasta aquí me trajo.

Abreviaturas

ENFA-SODRE: Escuelas de Formación Artística del SODRE

MCTQ: Munich Chronotype Questionnaire

MEQ: Morningness-Eveningness Questionnaire

MS: Punto medio de sueño

MSW: Punto medio de sueño en los días de trabajo, de semana o de entrenamiento

MSF: Punto medio de sueño en los días libres o de fin de semana

MSFsc: Punto medio de sueño de los días libres corregido para la deuda de sueño

SJL: Jetlag social

SDW: Duración de sueño en los días de trabajo, de semana o de entrenamiento

SDF: Duración de sueño en los días libres o de fin de semana.

AVSD: Promedio semanal de duración de sueño

M10c: Punto medio de las 10h de mayor actividad

L5c: Punto medio de las 5h de menor actividad

PVT: *Psychomotor Vigilance Task*

ST: *Stroop Task*

VR: Velocidad de Reacción

HRR: *Heart Rate Recovery*, Frecuencia Cardíaca de Recuperación

CVM: Contracción Voluntaria Máxima

PA: *Physical Activity*, Actividad Física

PAm: Actividad Física media

LPA: Actividad Física ligera

MPA: Actividad Física Moderada

VPA: Actividad Física Vigorosa

Lista de figuras

1. Comparación *MSFsc*, *MEQ* y *SJL* entre 2019 y 2021
2. Correlación entre $\Delta MSFsc$ y ΔSJL
3. Diagrama *PVT*
4. Diagrama *Stroop*
5. Diagrama *HRR*
6. Comparación de las variables de desempeño
7. Correlación lineal entre desempeño motor y cronotipo
8. Desempeño motor según cronotipo categorizado por terciles

Lista de tablas

1. Caracterización demográfica y cronobiológica, estudio longitudinal.
2. Punto medio y duración de sueño días de clase-días libres, 2019-2021.
3. Caracterización demográfica, morfométrica y cronobiológica, estudio transversal.
4. Resumen del análisis estadístico para el desempeño cognitivo y motor.

Resumen

El movimiento rotacional de la tierra sobre su eje determina ciclos de luz-oscuridad que inducen cambios predecibles en el ambiente. Los organismos ajustan sus procesos fisiológicos y comportamentales a estas oscilaciones a través de mecanismos endógenos que siguen patrones rítmicos. Existe variabilidad en la ubicación del sueño y la vigilia (cronotipo) y en los momentos preferidos para realizar tareas durante el día (preferencia circadiana). La luz artificial y las presiones sociales han desajustado el control de los relojes biológicos endógenos ancestrales, con efectos disruptores más pronunciados en los cronotipos tardíos, que se ven perjudicados ante la imposición de actividades laborales y educativas en horarios tempranos. Si bien la luz es el modulador circadiano más conspicuo, se ha demostrado que el ejercicio puede afectar los patrones de sueño-vigilia y su práctica también se ha asociado a mejoras cognitivas. Organizadas en dos turnos extremos y con una población previamente caracterizada como tardía, las Escuelas de Danza del SODRE constituyen una situación experimental extraordinaria para investigar la interacción entre las presiones sociales, los patrones de sueño, los ritmos circadianos, la cognición y el ejercicio. En esta tesis se analizó el impacto de la presión social del cambio de turno en el cronotipo y la preferencia circadiana en un subgrupo que asistió al turno nocturno en 2019 y al matutino en 2021 y se evaluó el desempeño cognitivo y motor de una población de estudiantes de danza al inicio y al final del turno matutino 2021 según el cronotipo. Los resultados del estudio longitudinal evidenciaron dos estrategias cronobiológicas para subsanar la desventaja ante el cambio a un horario no óptimo: el cronotipo se adelantó o aumentó el jetlag social, mientras que la preferencia circadiana no varió significativamente. El cambio en los patrones de sueño y actividad abona la discusión sobre la plasticidad del cronotipo y evidencia el impacto de las presiones sociales y la danza sobre los ritmos circadianos. Los resultados mostraron diferencias significativas en el desempeño cognitivo y motor antes y después del turno, con mejores resultados después del turno. No hubo asociación entre las medidas cognitivas y el cronotipo al comienzo del turno de la mañana, pero sí se observó una asociación entre el tiempo en ejercicio moderado y un parámetro atencional. Los datos permiten especular que el ejercicio matutino regular ayudó a disminuir la desventaja esperada para los cronotipos tardíos.

Palabras clave: cronotipo, preferencia circadiana, cognición, desempeño motor, cambio de turno, danza

Aclaración: Dado que en la población a estudiar hay personas que no se identifican con el género binario, y con el objetivo de evitar exclusiones, se utilizará la letra "x" en los pronombres de ser necesario.

Índice

Agradecimientos.....	2
Abreviaturas.....	3
Lista de figuras.....	4
Lista de tablas.....	4
Resumen.....	5
Índice.....	7
1. Introducción.....	9
1.1. El movimiento y el tiempo.....	9
1.2. Ciencias cognitivas y cronobiología: una confluencia.....	9
1.3. Estudiantes de danza como población de estudio.....	10
2. Antecedentes.....	11
2.1. Los ritmos biológicos.....	11
2.2. Moduladores circadianos y curvas de respuesta de fase.....	11
2.3. Diversidad cronobiológica: cronotipo y preferencia circadiana.....	13
2.4. La presión social.....	14
2.5. Efectos disruptivos de la organización escolar por turnos.....	14
2.6. El efecto del ejercicio físico sobre la cognición.....	15
2.7. Ritmos circadianos en el desempeño atencional y motor.....	16
3. Antecedentes específicos.....	18
3.1. Un laboratorio natural para estudiar los ritmos biológicos en bailarines.....	18
4. Puntos de partida.....	19
5. Estudio longitudinal.....	21
5.1. Hipótesis y Objetivos.....	21
5.2. Métodos.....	22
Participantes.....	22
Procedimiento.....	22
Caracterización demográfica.....	22
Caracterización cronobiológica.....	22
Cronotipo.....	22
Preferencia Circadiana.....	23
Análisis Estadísticos.....	24
5.3. Resultados.....	25
Caracterización demográfica y cronobiológica.....	25
Cronotipo, preferencia circadiana y jetlag social.....	25
Punto medio y duración de sueño.....	27
CUADRO 1 ¿Hacen lo que dicen?.....	28
5.4. Discusión.....	29
El impacto del cambio del turno en los parámetros circadianos.....	29
MEQ versus MCTQ.....	31
Sueño y ejercicio.....	32
Luz, movimiento, sincronía.....	33
Desafíos y limitaciones del estudio longitudinal.....	34
6. Estudio transversal.....	36
6.1. Hipótesis y Objetivos.....	36
6.2. Métodos.....	37

Participantes.....	37
Procedimiento.....	37
Caracterización demográfica y morfométrica.....	37
Caracterización cronobiológica.....	37
Cronotipo.....	38
Indicadores de desempeño.....	38
Desempeño Atencional.....	38
Test de vigilancia psicomotora (Psychomotor Vigilance Test, PVT).....	38
Tarea de Stroop (Stroop Task , ST).....	39
Desempeño Motor.....	40
Contracción voluntaria máxima (CVM).....	40
Frecuencia cardíaca de recuperación (HRR120).....	41
Análisis Estadísticos.....	42
6.3. Resultados.....	43
Caracterización demográfica, morfométrica y cronobiológica.....	43
Desempeño antes y después del turno de entrenamiento.....	43
Incidencia del cronotipo en el desempeño.....	45
Desempeño atencional.....	45
Desempeño motor.....	45
CUADRO 2. Beneficios del ejercicio matutino de intensidad moderada.....	47
6.4. Discusión.....	48
Desempeño atencional.....	48
Desempeño motor.....	51
Estrategias de adaptación a los desafíos horarios.....	52
¿Son los cronotipos tardíos más flexibles?.....	53
Desafíos y limitaciones del estudio transversal.....	53
7. Discusión general.....	55
1. El turno matutino es el verdadero desafío.....	55
2. El efecto del ejercicio matinal.....	56
Reflexiones finales.....	56
8. Contribuciones y perspectivas.....	58
Contribuciones.....	58
Perspectivas.....	60
9. Referencias bibliográficas.....	62
Anexos.....	68
Cuestionario de antecedentes personales.....	69
Cuestionario MCTQ.....	70
Cuestionario MEQ.....	72

1. Introducción

1.1. El movimiento y el tiempo

Desde una perspectiva biológica, el movimiento ha sido fundamental en el desarrollo de nuestro sistema nervioso. Gran parte de nuestro cerebro se ocupa de la integración de procesos que nos permiten interactuar con lo que nos rodea con la precisión y fuerza necesarias según la circunstancia. El movimiento es también la materia prima de la danza, un comportamiento humano complejo, ubicuo y ancestral. Entendida como un tipo de actividad física, la danza comparte con los deportes varios aspectos, pero sus objetivos, motivaciones y campos de acción difieren. Para intentar una primera aproximación en amplitud, podemos pensar en un cuerpo (o un cuerpo de cuerpos) que se mueve en relación a ciertas cosas del mundo. Así, una danza puede ser movida por deseos, preguntas, enunciaciones conceptuales y políticas, celebraciones religiosas, rituales comunitarios, o suceder espontáneamente, simplemente por placer. Más allá de la ontología del cuerpo a la que decidamos suscribir, se trata de una experiencia que incide y se nutre de los estímulos de un entorno cambiante al que responde apelando a resoluciones contingentes o patrones de acción aprendidos.

1.2. Ciencias cognitivas y cronobiología: una confluencia

Abordar la danza desde una perspectiva científica es una tarea desafiante. Como fenómeno biológico, puede ser estudiada desde múltiples perspectivas: fisiológicas, anatómicas, neurológicas, endocrinas, etológicas. Sus cualidades como objeto de estudio habilitan la convergencia de dos campos de investigación bien consolidados: la cronobiología y las ciencias cognitivas. El estudio de los ritmos biológicos de los procesos cognitivos y motores ha proporcionado datos que revisan conceptos largamente arraigados y brindan nuevas miradas sobre la cognición, sus correlatos neurales y manifestaciones comportamentales. A través de metodologías y conceptualizaciones integradas se han abordado interrogantes tales como el momento óptimo para resolver un problema matemático, el efecto de la falta de sueño al rendir un examen o el mejor horario para participar de una competencia deportiva (Estevan et al., 2021; E. Facer-Childs & Brandstaetter, 2015; Leone et al., 2017). La posibilidad de manipular la temporalidad de nuestras actividades para generar efectos benéficos en nuestro organismo es una de las potencias de este tipo de estudios con gran impacto a nivel social.

1.3. Estudiantes de danza como población de estudio

Las personas que se dedican a la danza en forma profesional transitan un recorrido académico que conjuga un entrenamiento físico intenso con el desarrollo de funciones cognitivas complejas como el aprendizaje, la memoria, la toma de decisiones, la emoción y la cognición social. A estos aspectos comunes con atletas y deportistas profesionales se agregan las especificidades de la danza como lenguaje artístico. Las exigencias físicas suelen ser muy altas: una performance puede demandar variaciones en la intensidad que van desde la extrema sutileza a movimientos de alto impacto en cuestión de segundos. Una temporada de funciones diarias requiere un buen nivel de resistencia cardiovascular y una adecuada recuperación muscular. La participación en giras o festivales agrega la problemática del jet lag. El inicio de un giro, la preparación de un salto, aprender una técnica nueva o sincronizar una serie de pasos con la música y con otras personas requieren la delicada y eficiente coordinación entre diversas áreas del sistema nervioso. Además del obvio despliegue motor, estar en escena también demanda una gran sensibilidad y un afinado estado de alerta para reaccionar rápidamente a una multiplicidad de estímulos simultáneos, de intensidad, modalidad y duración variable. La atención es crucial y alcanzar un balance adecuado entre exigencia física y descanso puede significar diferencias sustanciales en la salud y el desarrollo artístico de esta población.

2. Antecedentes

2.1. Los ritmos biológicos

La actividad de los seres vivos se inscribe en un entorno periódico dado por los movimientos de la tierra en torno al sol y a sí misma, la órbita lunar y las oscilaciones del nivel del mar (Albrecht, 2010). El ciclo de luz-oscuridad diario es el principal modulador ambiental para la mayoría de los organismos. Los procesos vitales se han configurado en torno a esta estructura temporal de 24 h a través de relojes biológicos endógenos que producen ritmos incluso en ausencia de señales ambientales (Holzberg & Albrecht, 2003). La presencia de estos mecanismos brinda ventajas adaptativas a varias escalas, desde la coordinación de procesos metabólicos en el medio interno a la anticipación de cambios periódicos del entorno, como las fluctuaciones de la temperatura y la humedad o la disponibilidad de alimento (Paranjpe & Sharma, 2005).

La capacidad de generar ritmos circadianos es una cualidad celular con base en genes reloj altamente conservados. Los relojes celulares se organizan en redes que definen un sistema circadiano (Roenneberg & Mellow, 2016). En los mamíferos, la información fótica es colectada por células situadas en la retina y recibida por los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo (NSQs), estructuras que se encargan de generar el entorno rítmico interno al que se ajustan todos los demás relojes ubicados en el cuerpo (Roenneberg et al., 2022). Los NSQs envían señales que permiten la coordinación de los diversos ritmos circadianos fisiológicos con el medio y entre sí. La temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la secreción de hormonas son funciones que presentan variaciones circadianas. El adecuado ajuste entre el reloj central y los relojes periféricos de los distintos órganos y tejidos pauta procesos a todos los niveles, desde la expresión génica al comportamiento, y es vital para el buen funcionamiento del organismo (Roenneberg & Mellow, 2016).

2.2. Moduladores circadianos y curvas de respuesta de fase

El sistema circadiano actúa como una red de osciladores endógenos que ajustan su fase en respuesta a la variación periódica de moduladores internos y ambientales. La melatonina es la señal temporizadora por excelencia y el inicio de su aumento nocturno se considera el indicador más robusto de la fase circadiana (Pandi-Perumal et al., 2007). Esta hormona es inhibida por la luz y estimulada por la oscuridad. En condiciones de luz natural, su concentración en sangre aumenta al atardecer, llega a un pico nocturno alrededor de las 03:00, baja al amanecer y se mantiene en niveles basales durante el día. Este proceso pauta el ciclo de sueño-vigilia y es extremadamente sensible a la intensidad y al momento del día en que sucede la exposición a la luz (Lewy et al., 1985). El inicio del aumento nocturno de

los niveles de melatonina (*dim light melatonin onset* o DLMO) se estima a partir de muestras de sangre o saliva tomadas a intervalos regulares de 60 o 30 min previo a la hora de dormir, en condiciones de luz tenue y reposo. El DLMO individual es la hora reloj en que el ajuste cuadrático de los puntos de la curva de concentración de melatonina se cruza con un umbral preferentemente individual (Voultsios et al., 1997). El DLMO es el indicador más robusto de la fase circadiana y permite visualizar tanto las variaciones interindividuales como los cambios de fase individuales en respuesta a los moduladores ambientales.

Una forma de representar los efectos de la luz sobre la fase circadiana a lo largo del día es a través de una curva de respuesta de fase (Khalsa et al., 2003). El estímulo lumínico se administra en distintos momentos y se registra el efecto en la fase del reloj circadiano. Existen ventanas sensibles en las que la exposición a la luz genera cambios en la fase circadiana: la luz en la mañana produce adelantos de fase mientras que en la noche produce atrasos (Phillips et al., 2019). Estas ventanas sensibles coinciden cuando se miden en relación al DLMO (horas DLMO), pero debido a las diferencias individuales de la fase circadiana, ocurren en distintos momentos del día (hora reloj) (Silva et al., 2019).

Además de la luz, otras claves ambientales producen ajustes del ritmo endógeno (Golombek & Rosenstein, 2010). El término *zeitgeber* o temporizador, fue introducido por Jürgen Aschoff en los años 50 para referirse a estas claves y continúan vigentes los criterios que propuso para determinar si un factor puede ser así considerado (Aschoff, 1960; Lewis et al., 2018). Múltiples *zeitgebers* como la luz, el ruido, la alimentación o los factores sociales pueden actuar sinérgica o agonísticamente, "empujando" o "tirando" de la fase del ritmo circadiano. El ajuste depende de la fuerza de las claves ambientales y de la susceptibilidad interna; la intensidad, duración y frecuencia del estímulo, el momento de la fase y la robustez del sistema circadiano son factores determinantes (Lewis et al., 2018).

El ejercicio ha mostrado propiedades de cambio de fase del ritmo circadiano inmediatas y a largo plazo, y produce tanto adelantos como atrasos de la fase circadiana según el momento del día en el que se practica (Baehr et al., 2003; Barger et al., 2004; Buxton et al., 2003; Miyazaki et al., 2001). Estudios recientes bajo condiciones de luz controlada han identificado que la práctica de actividad física por la mañana induce un avance de fase circadiana y que la actividad física por la noche provoca un retraso de fase (Thomas et al., 2020; Youngstedt et al., 2019).

2.3. Diversidad cronobiológica: cronotipo y preferencia circadiana

Las variaciones en el ajuste de la fase circadiana individual con el ritmo de las claves ambientales se estiman a través de la ubicación del sueño (cronotipo) o el momento del día elegido para realizar actividades o descansar (preferencia circadiana) (Adan et al., 2012). Los cuestionarios de autorreporte son instrumentos robustos que permiten una aproximación válida a estos parámetros circadianos (Adan et al., 2012). El Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ, Horne & Ostberg, 1976) evalúa las preferencias por el momento del día para despertar, dormir o realizar determinadas tareas y establece un puntaje con dos puntos de corte que determinan preferencias matutinas, vespertinas o intermedias. El Munich ChronoType Questionnaire (MCTQ, Roenneberg et al., 2003) estima el cronotipo a través del punto medio de sueño en los días libres, corregido por la deuda de sueño generada durante los días de trabajo. La distribución del cronotipo evaluado por MCTQ es continua y muestra una forma de campana en cuyos extremos se sitúan los cronotipos más tempranos o más tardíos. La correlación entre el cronotipo y el DLMO está bien documentada (Kantermann et al., 2015). Las personas con cronotipo más temprano (coloquialmente llamadas alondras), exhiben una fase adelantada respecto a las personas con cronotipo más tardío (búhos). El cronotipo varía con la edad y depende de factores genéticos y ambientales (Roenneberg et al., 2019).

La discusión sobre la naturaleza del cronotipo como constructo biológico se inscribe en el clásico debate *nature - nurture* sobre la contribución de factores genéticos y ambientales en la determinación de un fenómeno biológico (Friedenberg & Silverman, 2006). Si el cronotipo, entendido como la fase de ajuste, representa un rasgo personal estable o se trata de un estado que responde a situaciones circunstanciales es una pregunta definitoria a la hora de abordar estudios cronobiológicos (Roenneberg et al., 2019). La fase de ajuste individual ante un modulador específico puede ser vista como un rasgo estable, sin embargo, la sensibilidad del cronotipo a los cambios en la fuerza y el momento de exposición a los estímulos temporizadores da cuenta de su plasticidad y refleja las cualidades de un sistema dinámico (Roenneberg et al., 2019).

Aunque el cronotipo y la preferencia circadiana están relacionados no evalúan exactamente lo mismo (Lenneis et al., 2021; Levandovski et al., 2013; Zavada et al., 2005). Por lo tanto, no siempre pueden usarse indistintamente, como por ejemplo al analizar diferencias en los procesos cognitivos según el momento del día (Zerbini & Mellow, 2017) y puede dificultar la comparación entre estudios (Rodríguez Ferrante et al., 2022).

2.4. La presión social

La luz eléctrica y las exigencias de agenda actuales han generado condiciones ambientales que impactan en la respuesta circadiana. El debilitamiento de la fuerza de la luz como moduladora del ciclo circadiano ha generado una distribución más amplia de los cronotipos, que se hicieron en general más tardíos, con excepción de los cronotipos tempranos más extremos, que incluso se han adelantado (Roenneberg et al., 2019). Las presiones sociales, tales como los horarios de trabajo extremos, las cenas tardías, días más oscuros y noches más luminosas perturban los relojes biológicos individuales. La diferencia en la ubicación del sueño entre los días de descanso y los días de actividad se asemeja a la observada cuando se atraviesan varias zonas horarias en un viaje de avión. Este fenómeno se denomina jet lag social (*social jet lag, SJL*) y puede computarse observando la diferencia en la ubicación del punto medio de sueño entre los días libres y los de trabajo (Moreno et al., 2020; Wittmann et al., 2006). Los efectos del *SJL* son particularmente visibles en quienes cumplen turnos nocturnos o rotativos (Arendt, 2010; James et al., 2017; Vetter et al., 2015). Estas personas se ven obligadas a estar despiertas y trabajar en horarios en que, en condiciones naturales, ubicarían el sueño. El desfase crónico incide en la ocurrencia de accidentes laborales y en la aparición de problemas de salud, como diabetes, cáncer, síntomas depresivos e insuficiencias metabólicas (Roenneberg et al., 2019).

2.5. Efectos disruptivos de la organización escolar por turnos

Los turnos escolares son otro ejemplo bien documentado en el que se observan efectos disruptivos cuando la exigencia horaria no condice con lo que pauta el reloj biológico (Estevan et al., 2018; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante et al., 2022). La organización de las actividades educativas en turnos responde a una maximización de los recursos edilicios asociada a factores presupuestales y está presente en muchos países latinoamericanos y africanos (Estevan Debat, 2022). Para optimizar el tiempo, los turnos matutinos inician muy temprano en la mañana y los nocturnos finalizan muy tarde, situación especialmente desfavorable para las personas con cronotipos extremos. Los efectos de la disrupción social son aún más pronunciados en los cronotipos tardíos, quienes concilian el sueño tarde en la noche pero se ven forzados a levantarse mucho antes de lo que su reloj endógeno pautaría en condiciones naturales (Taillard et al., 2021). Estudios sobre el desempeño estudiantil en adolescentes han reportado que los cronotipos tardíos muestran un peor desempeño que los tempranos cuando son evaluados en la mañana pero no en la tarde (Zerbini & Mellow, 2017) y que estudiantes liceales con preferencia circadiana vespertina presentan peores calificaciones cuando asisten al turno matutino (Estevan et al., 2018). El sistema por turnos latinoamericano se ha consolidado como un modelo natural relevante que permite indagar

en la compleja interacción entre cronotipo, preferencia circadiana, presión social y desempeño académico (Rodríguez Ferrante et al., 2022).

2.6. El efecto del ejercicio físico sobre la cognición

Los primeros reportes sobre los efectos beneficiosos del ejercicio físico en la cognición datan de la década del 30 y desde entonces se ha acumulado una profusa bibliografía con evidencias que abarcan desde el nivel molecular al comportamental (Beise & Peaseley, 1937; Burpee & Stroll, 1936; Vints et al., 2022). El efecto beneficioso del ejercicio ha sido comprobado en mamíferos humanos y no humanos (Duzel et al., 2016; Hötting & Röder, 2013; Vecchio et al., 2018). Uno de los cambios estructurales más sorprendentes observados fue el aumento de la neurogénesis en el hipocampo de ratones expuestos a actividad física voluntaria (van Praag et al., 1999). En humanos, el ejercicio aeróbico regular, pero no el estiramiento ni la tonificación, se asoció con aumentos significativos en el volumen del hipocampo (Erickson et al., 2011) y otras regiones cerebrales en adultos mayores (Colcombe et al., 2006); el volumen de materia gris del hipocampo fue mayor en adolescentes con mayor capacidad aeróbica (Chaddock et al., 2010) y correlacionó con los minutos de ejercicio semanal en adultos (Killgore et al., 2013). Los efectos observados dependen de la duración, frecuencia, intensidad y el tipo de ejercicio, así como de la tarea cognitiva y el momento en que se evalúa (durante o después) (Y. K. Chang et al., 2012; Herold et al., 2019; McMorris, 2016). Mejoras en la velocidad de reacción inducidas por el ejercicio físico agudo (una única sesión) han sido ampliamente reportadas (Y.-K. Chang et al., 2017; Hogervorst et al., 1996; Hsieh et al., 2018) y se ha constatado que el efecto fisiológico del ejercicio puede extenderse hasta 24-48 h luego de realizado (Hani et al., 2009; Vitale et al., 2019). El estado físico y los años de entrenamiento específico también inciden. Un estudio reciente mostró que el ejercicio de intensidad moderada mejoró la atención en una población de jóvenes mujeres estudiantes de educación física (Znazen et al., 2021). Mediciones objetivas con electroencefalografía confirmaron los efectos positivos del ejercicio sobre la velocidad de reacción en bailarines y atletas en relación a personas sedentarias, pero además mostraron diferencias en el mecanismo atencional predominante para procesar y seleccionar la información visual: en bailarines se evidenciaron procesos atencionales endógenos “*arriba-abajo*”, mientras que en deportistas procesos atencionales exógenos “*abajo-arriba*” (Isoglu-Alkac et al., 2018). Esta distinción refuerza la pertinencia de abordar la danza como un comportamiento con características específicas.

2.7. Ritmos circadianos en el desempeño atencional y motor

La atención es un proceso cognitivo crucial que implica la detección, el procesamiento y la selección de los estímulos que llegan al sistema sensorial (Carrasco, 2011; Posner et al., 2019) y que ha mostrado ser sensible a los ciclos circadianos (Valdez, 2019). Para una persona de cronotipo intermedio los niveles atencionales son bajos en la mañana, mejoran hacia el mediodía y disminuyen después del almuerzo (Valdez, 2019). La prueba de desempeño cognitivo más utilizada en estudios cronobiológicos es el *Psychomotor Visual Test (PVT)* (Dinges & Powell, 1985) que evalúa el estado atencional de forma simple y robusta y ha demostrado ser muy sensible a las disminuciones del rendimiento relacionadas con el ritmo circadiano (Blatter & Cajochen, 2007). Se trata de un paradigma de tiempo de reacción simple que utiliza estímulos visuales a intervalos aleatorios y sólo requiere que la persona responda cuando se presenta el estímulo. En estudios cronobiológicos con atletas, un mayor puntaje de *PVT* se asoció a menor tiempo de respuesta y mayor precisión en deportes interceptivos como el tenis y a una mejor precisión de respuesta en deportes estratégicos como el fútbol (E. R. Facer-Childs et al., 2018). Otra prueba sensible a los ritmos circadianos es la Tarea *Stroop*, que evalúa el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva (Stroop, 1935). Consiste en la visualización en pantalla de palabras que se presentan en un color coincidente al indicado por la palabra (estímulo congruente) o no coincidente (estímulo incongruente). Requiere que la persona presione una tecla referente al color en que es presentada la palabra y no el que está escrito.

El desempeño motor también muestra ritmicidad circadiana (Reilly & Waterhouse, 2009). La fuerza física y la función mitocondrial del músculo esquelético alcanzan su punto máximo al final de la tarde (Gabriel & Zierath, 2019), momento que coincide con la acrofase del ciclo de la temperatura corporal (Chtourou et al., 2012). El aumento de la temperatura favorece el uso de carbohidratos en lugar de grasas como sustrato energético y facilita los enlaces musculares entre la actina y la miosina en el músculo (Ayala et al., 2021). La frecuencia cardíaca también muestra fluctuaciones circadianas con un pico matutino (entre las 10:00 y las 12:00), otro nocturno (en torno a las 20:00), un nadir pequeño en la tarde (en torno a las 15:00) y un nadir profundo nocturno (entre las 03:00 y las 05:00) (Monfredi & Lakatta, 2019). La práctica regular en un mismo horario y el ritmo circadiano de hormonas como las catecolaminas y el cortisol también pueden incidir en el desempeño motor (Chtourou et al., 2012); de hecho, altos niveles de cortisol en sangre se relacionan con un aumento de la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca (Ayala et al., 2021).

Se han reportado diferencias significativas en el rendimiento físico de deportistas en relación al cronotipo y al tiempo transcurrido desde el despertar. Se ha reportado que los

cronotipos tardíos alcanzan su pico de rendimiento 11 h y los tempranos 5.5 h después del despertar (E. Facer-Childs & Brandstaetter, 2015). Los cronotipos matutinos muestran un mejor rendimiento en las primeras horas de la tarde, mientras que el mejor desempeño de los cronotipos tardíos sucede al final de la tarde; además, los cronotipos tardíos se ven más afectados que los cronotipos tempranos e intermedios cuando practican deportes por fuera de su momento más favorable (Ayala et al., 2021). Los cronotipos tempranos mostraron una mayor conectividad funcional entre las regiones de la red motora cerebral que los tardíos (E. R. Facer-Childs et al., 2021). En el mismo estudio el desempeño motor, evaluado a través de la fuerza de agarre, fue mejor por la tarde y peor por la noche para los cronotipos tempranos, con una variación de ~6 % en el transcurso del día, mientras que para los cronotipos tardíos el peor desempeño fue a las 08:00 y el mejor a las 20:00, con una variación de ~12 %. También se ha reportado que las personas con preferencia circadiana vespertina mostraron una perturbación mayor del sistema nervioso autónomo, con valores de frecuencia cardíaca más altos en respuesta al ejercicio en la mañana que las personas con preferencia circadiana matutina (Vitale et al., 2019).

Tanto las actividades deportivas como la danza requieren la integración de habilidades cognitivas y motoras. Se ha demostrado que quienes compiten en deportes individuales, como la natación y el atletismo, se desempeñan mejor en las tareas que requieren control inhibitorio, mientras que quienes practican deportes en grupo, como el rugby o el fútbol, obtienen puntuaciones más altas en tareas que implican resolución de problemas (E. R. Facer-Childs et al., 2018; Jacobson & Matthaeus, 2014). En un estudio que combinó desempeño motor y cognitivo en tres momentos del día (08:00, 14:00 y 20:00), se observó que los cronotipos tardíos se vieron significativamente afectados durante las horas de la mañana en todas las medidas de rendimiento en comparación con los tempranos. Un hallazgo interesante del estudio fue que los cronotipos tardíos mostraron una mayor variación diurna para una tarea cognitiva más simple (*PVT*) mientras que lo opuesto sucedió con una tarea más compleja que evaluaba funciones ejecutivas. En cuanto a la fuerza muscular, los tempranos se desempeñaron mejor a las 14:00 y los tardíos a las 20:00, pero los tardíos no alcanzaron su pico de desempeño hasta por lo menos 12 horas después del despertar (E. R. Facer-Childs et al., 2018). No se hallaron estudios similares que aborden el desempeño cognitivo y motor desde una perspectiva cronobiológica en profesionales de la danza.

3. Antecedentes específicos

3.1. Un laboratorio natural para estudiar los ritmos biológicos en bailarines

Las Escuelas de Formación Artística del SODRE (ENFA-SODRE) funcionan en dos turnos extremos: uno matutino de 08:30 a 12:30 y uno nocturno de 20:00 a 24:00. Esta circunstancia las convierte en un modelo ideal para estudiar el impacto de los turnos de entrenamiento en los ritmos biológicos de estudiantes de danza (Coirolo et al., 2020). El análisis cronobiológico de esta población iniciado en 2019 por el Grupo de Investigación en Cronobiología (CSIC # 883158) mostró una clara influencia del turno sobre el cronotipo, los patrones de sueño y la fase circadiana. Se halló una correlación entre el marcador por excelencia de la fase circadiana, el DLMO, y el tiempo transcurrido en ejercicio moderado-intenso durante la ventana sensible nocturna (Coirolo et al., 2022). Aunque no se observaron diferencias en las preferencias circadianas entre turnos, quienes asistían al turno nocturno mostraron cronotipo, fase circadiana, y ubicación del sueño más tardíos que quienes asistían al turno matutino; mientras que el jet lag social fue significativamente mayor en el turno matutino que en el nocturno (Coirolo et al., 2020; Estevan et al., en revisión).

Parte de la población que asistió al turno nocturno en 2019, cambió su turno de asistencia al turno matutino en 2021 al avanzar en su formación. Caracterizada como tardía en 2019 (Coirolo et al., 2020), en 2021 la población se enfrentó a horarios de entrenamiento matinales coincidentes con las franjas horarias en las que se esperan niveles atencionales bajos (Valdez, 2019) y en las que se observan mayores diferencias en el desempeño motor y cognitivo entre cronotipos extremos (E. R. Facer-Childs et al., 2018). Para esta población el cambio de turno implicó un doble desafío: por el inicio temprano del turno de clase que requirió adelantar el final del sueño, y por la exigencia motora y cognitiva en un momento del día que no es óptimo para los cronotipos tardíos.

4. Puntos de partida

En suma:

- Las ENFA-SODRE son un modelo natural para realizar estudios cronobiológicos por su organización en dos turnos extremos (nocturno y matutino) asignados arbitrariamente.
- El cronotipo evaluado por MCTQ y la preferencia circadiana evaluada por MEQ indican atributos similares pero se diferencian conceptualmente. El cronotipo de lxs bailarinxs que asistían al turno nocturno de las ENFA-SODRE en 2019 fue significativamente más tardío que lxs del turno matutino, pero no se observaron diferencias en la preferencia circadiana.
- La presión social afecta la fase circadiana individual e incide en la distribución poblacional de los cronotipos. El jet lag social fue significativamente mayor en el turno matutino que en el nocturno en 2019. Parte de la población que asistía al turno nocturno en 2019 cambió su turno de asistencia al turno matutino en 2021.
- El desempeño cognitivo y motor presenta variaciones circadianas. Los niveles atencionales son más bajos temprano en la mañana y aumentan en torno al mediodía. El desempeño motor es bajo durante la mañana y mejora en la tarde con diferencias según el cronotipo: los cronotipos tempranos muestran un pico en el rendimiento motor en las primeras horas de la tarde y los cronotipos tardíos al final. Los cronotipos tardíos muestran peor desempeño cognitivo y motor que los cronotipos tempranos durante la mañana.
- El ejercicio incide en la fase circadiana y tiene un efecto facilitador en el desempeño cognitivo.

Considerando estos puntos de partida, esta tesis investigó el impacto de la presión social sobre el desempeño cognitivo, el desempeño motor y los ritmos circadianos de estudiantes de danza en dos líneas temporales que se organizan en dos capítulos independientes: a) longitudinal que analizó el cambio en el cronotipo y la preferencia circadiana al cambiar el turno de clase (de nocturno en 2019 a matutino en 2021), y b) transversal que analizó el desempeño atencional y motor antes y después del turno de clase matutino (08:30 y 12:30) en relación al cronotipo y el ejercicio regular.

En esta tesis se ponen a prueba la siguientes hipótesis:

H1: El cronotipo individual, pero no la preferencia circadiana, es dependiente de la presión social del horario del turno de entrenamiento en danza.

H2: Existen diferencias en el desempeño atencional y motor entre el inicio y el final del turno matutino de entrenamiento en danza que se ven influidas por el cronotipo y el ejercicio regular.

5. Estudio longitudinal

5.1. Hipótesis y Objetivos

En este capítulo se pone a prueba la hipótesis 1:

H1: El cronotipo individual, pero no la preferencia circadiana, es dependiente de la presión social del horario del turno de entrenamiento en danza.

Y sus correspondientes predicciones:

1. El cronotipo individual cambia cuando el horario del turno de entrenamiento cambia de nocturno a matutino.
2. La preferencia circadiana no cambia cuando el horario del turno de entrenamiento cambia de nocturno a matutino.
3. El jet lag social aumenta al cambiar el turno de entrenamiento de nocturno a matutino.
4. La duración y el punto medio de sueño cambian cuando el horario del turno de entrenamiento cambia de nocturno a matutino.

En este capítulo se plantean los objetivos específicos:

1. Caracterizar el cronotipo, el jet lag social y la preferencia circadiana de lxs bailarinxs que asisten al turno matutino de las ENFA-SODRE en 2021 a través del MCTQ (Munich Chronotype Questionnaire) y del MEQ (Morning-Eveningness Questionnaire).
2. Analizar comparativamente el cronotipo y la preferencia circadiana individual obtenidos por mediciones subjetivas en bailarinxs que asistían al turno nocturno en 2019 y al turno matutino en 2021.
3. Analizar comparativamente la duración y el punto medio de sueño en los días libres y de trabajo en 2019 y 2021.

5.2. Métodos

Participantes

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de las ENFA-SODRE que asistían al turno matutino en el año 2021 y que participaron del estudio realizado por Coriolo et al. cuando asistían al turno nocturno en 2019. Se excluyeron del análisis personas con diagnósticos previos de trastornos del sueño, enfermedades neurológicas o psiquiátricas y con consumo de medicación que pudiera interferir en las tareas. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República y cumplió con los principios requeridos por la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013). Lxs participantes firmaron un consentimiento informado y fueron libres de retirarse del estudio en cualquier momento. Todos los datos fueron proporcionados en forma voluntaria y se trataron de forma anonimizada.

Procedimiento

Lxs participantes fueron convocadxs a través de flyers digitales a una reunión inicial donde se realizó una exposición informativa, se proveyeron folletos explicativos y se evacuaron dudas. La invitación a participar de la investigación y la toma de datos se realizaron en las instalaciones de la Escuela de Danza del SODRE en setiembre de 2021. Diecisiete (17) estudiantes de las ENFA-SODRE que cursaron el turno nocturno en 2019 y el matutino en 2021 completaron los cuestionarios requeridos.

Caracterización demográfica

Se aplicó un cuestionario impreso para obtener información sobre edad, sexo, género, estado de salud y consumo de medicamentos.

Caracterización cronobiológica

La caracterización cronobiológica se realizó a través de cuestionarios de autorreporte en formato papel.

Cronotipo

Para estimar el cronotipo se utilizó la versión en español del Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ, Roenneberg et al., 2003, 2004; Vetter, 2010). Como indicador del cronotipo se utilizó el punto medio de sueño en los días libres corregido por la deuda de sueño los días de trabajo (*MSFsc*) (Roenneberg et al., 2003).

Parámetros obtenidos:

- 1) Hora de acostarse (*Bed Time* - BT, formato hh:mm)
- 2) Latencia del sueño (*Sleep Latency* - SL, formato mm)
- 3) Final del sueño (*Sleep End* - SE, formato hh:mm)
- 4) Uso de alarma (*Alarm* - A, respuesta Sí/ No)
- 5) Número de días de trabajo / libres por semana (x_w / x_f , formato: n°)

Los parámetros 1), 2), 3) y 4) se obtienen para días de trabajo y días libres.

Parámetros computados y sus fórmulas:

- 1) Inicio del Sueño (*Sleep Onset* - SO): $BT + SL$
- 2) Duración del Sueño (*Sleep Duration* - SD): $SE - SO$
- 3) Punto Medio de Sueño (*Mid-Sleep* - MS): $SO + \frac{SD}{2}$
- 4) Promedio de Duración de Sueño ($\emptyset SD$): $\frac{SD_w \cdot x_w + SD_f \cdot x_f}{x_w + x_f}$
- 5) Cronotipo (MSFsc):
 $SD_f > SD_w \rightarrow MSF - \frac{SD_f - \emptyset SD}{2}$
 $SD_f \leq SD_w \rightarrow MSF$
- 6) Jet Lag Social (*Social Jetlag* - SJL) $SJL = |MSF - MSW|$

Los parámetros 1) 2) y 3) se calculan para días de trabajo y días libres. La variable cuantitativa $MSFsc$ se extiende desde las 00:00 a las 12:00 h: valores más altos indican cronotipos más tardíos y más bajos cronotipos más tempranos. Como indicador del cambio individual se utilizó el $\Delta MSFsc = MSFsc_{2021} - MSFsc_{2019}$. El SJL se expresa en h (unidades decimales). Como indicador del cambio individual en el SJL se usó el $\Delta SJL = SJL_{2021} - SJL_{2019}$.

Preferencia Circadiana

La Preferencia Circadiana se estimó mediante el Morning-Eveningness Questionnaire (MEQ, Horne & Ostberg, 1976). Este cuestionario consiste en 19 preguntas sobre situaciones hipotéticas con entre 4 y 5 opciones de respuesta con un puntaje asignado. La suma de estos puntajes - que se sitúa entre 16 y 86 - corresponde al índice que estima la tipología circadiana. Los puntajes ≥ 59 indican preferencias circadianas matutinas, los puntajes ≤ 41 indican preferencias circadianas vespertinas y entre ambos valores se sitúan las preferencias intermedias. Como indicador del cambio individual se utilizó el ΔMEQ ($MEQ_{2021} - MEQ_{2019}$).

Análisis Estadísticos

Se utilizaron pruebas no paramétricas para datos pareados (test de los rangos con signo de Wilcoxon) y como medida del tamaño de efecto la correlación biserial de rango. Para analizar las correlaciones entre las variables se utilizaron regresiones lineales simples y el coeficiente de Spearman. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software libre R (R Core Team, 2021) en el entorno RStudio (*RStudio Team*, 2021).

5.3. Resultados

Caracterización demográfica y cronobiológica

La población estudiada estuvo conformada por una proporción mayor de personas identificadas como mujeres con un rango de edades entre 18 y 27 años (**Tabla 1**). El *MSFsc* se situó entre 02:10 y 10:30 en 2019 y entre 02:25 y 06:10 en 2021. El máximo *SJL* registrado fue de 4.21 h en 2019 y de 6 h en 2021. La preferencia circadiana evaluada a través del índice *MEQ* presentó un rango de valores entre 30 y 58 en 2019 y entre 36 y 60 en 2021.

Tabla 1. Caracterización demográfica y cronobiológica

Variable	2019	2021	p
Participantes (mujeres, varones, otro)	17 (8, 4, 4)	17 (8, 4, 4)	-
Edad (años)	21.5 ± 2.2	23.5 ± 2.2	-
MEQ score (n)	46 ± 2.97 (15)	52 ± 8.90 (15)	0.061
MSFsc (hh:mm, n)	07:08 ± 01:39 (13)	05:12 ± 00:56 (14)	0.042
SJL (h,n)	1.71 ± 1.05 (17)	2.46 ± 0.80 (17)	0.031

Los valores están expresados en mediana ± MAD y fueron comparados a través de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas.

Cronotipo, preferencia circadiana y jetlag social

El cronotipo evaluado como *MSFsc* mostró una diferencia significativa entre 2021 y 2019 (**Tabla 1, Fig. 1**). Lxs estudiantes presentaron un cronotipo más temprano cuando asistían al turno matutino. Sin embargo, la preferencia circadiana evaluada a través del puntaje *MEQ* no varió significativamente con el cambio de turno de entrenamiento y se correspondió con un tipo intermedio tanto en 2019 como en 2021, aunque mostró una tendencia hacia valores más matutinos en 2021.

El *MSFsc* no correlacionó con el *MEQ* en 2021 (n=14, p=0.67) ni en 2019 (n=11, p=0.25) para esta muestra de 17 participantes. Tampoco correlacionó al evaluar por separado la población que asistía al turno matutino en 2019 (n=29, p=0.12) y en 2021 (n=31, p=0.76). Sin embargo, el *MSFsc* correlacionó negativamente con el *MEQ* en la población que asistía al turno nocturno en 2019 (n=27, R²=0.22, p=0.014)

La correlación entre $\Delta MSFsc$ y ΔMEQ no fue significativa (n=10, p=0.65). Al analizar el porcentaje de la población para cada categoría del puntaje *MEQ*, se observó que el tipo vespertino alcanzó el 29.63% en el turno nocturno 2019, el 9.68% en el turno matutino de 2021 y el 10.34% en el turno matutino de 2019. El tipo matutino alcanzó el 7.41% en el turno nocturno 2019, el 9.68% en el turno matutino 2021 y el 10.34% en el turno matutino

de 2019. El tipo intermedio alcanzó el 62.96% en el turno nocturno 2019, el 77.42% en el turno matutino 2021 y el 79.31% en el turno matutino 2019. La correlación entre el *MSFsc* y la edad no fue significativa (2021: $n=14$, $p = 0.25$; 2019: $n=13$, $p= 0.53$) ni entre la edad y el *MEQ* (2021: $n=17$, $p = 0.66$; 2019: $n=15$, $p= 0.99$), ni entre la edad y el $\Delta MSFsc$ ($n= 12$, $p =0.9$), ni entre la edad y el ΔMEQ ($n=15$, $p =0.5$).

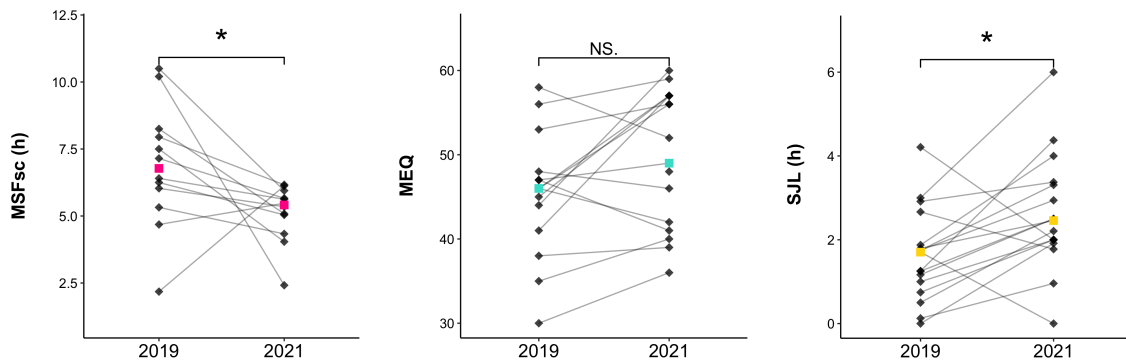


Figura 1. Comparación *MSFsc*, *MEQ* y *SJL* entre 2019 y 2021 a través de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas. La significancia es presentada como $*=p<0.05$. En color se indica la mediana.

El *SJL* aumentó significativamente en 2021 respecto a 2019 (**Tabla 1, Fig. 1**). El *SJL* no correlacionó con el *MSFsc* en 2021 ($n=12$, $p = p=0.3$) ni en 2019 ($n=12$, $p = 0.19$). Sin embargo, el ΔSJL correlacionó con el $\Delta MSFsc$ ($n=12$, $p= 0.038$, $R^2=0.36$).

El cronotipo fue más temprano en 2021 respecto a 2019 en 10 de 12 participantes que no usaron alarma durante los fines de semana. Cuanto más se adelantó el cronotipo, menor fue el *SJL* en 2021, mientras que los cronotipos que variaron menos mostraron un *SJL* más pronunciado. Este comportamiento permitió distinguir dos tipos de respuesta ante el cambio de turno: adelantar cronotipo o aumentar el *SJL* (**Fig. 2**).

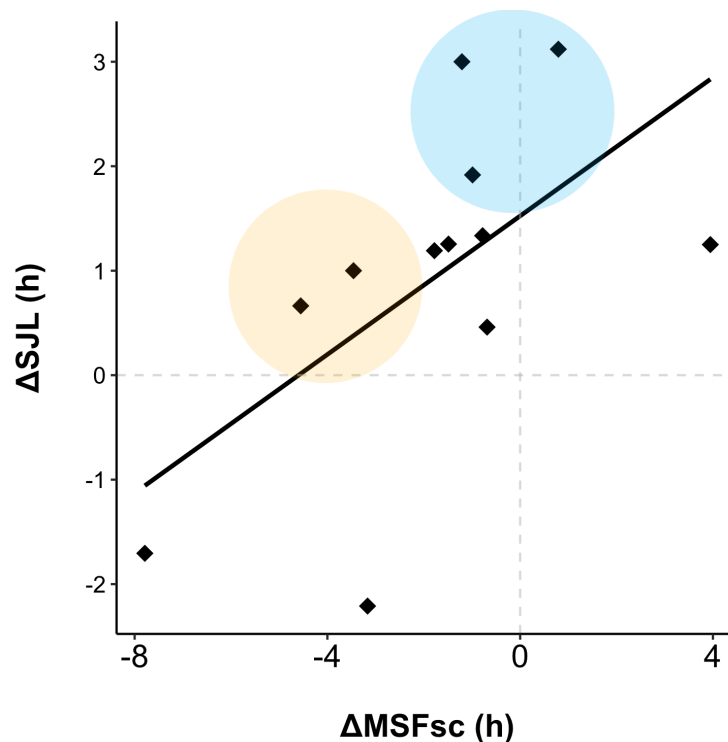


Figura 2. Correlación entre $\Delta MSFsc$ (h) y ΔSJL (h). El gráfico permite distinguir dos tipos de respuesta ante el cambio de turno: volver el cronotipo más temprano (en naranja) o aumentar el SJL (en azul).

Punto medio y duración de sueño

El *MS* se tornó significativamente más temprano en 2021 respecto a 2019 tanto en los días de clase como en los días libres. La diferencia en el *MS* entre días de clase y días libres fue significativa en 2021, pero no en 2019. La *SD* no mostró diferencias significativas entre 2019 y 2021 ni en los días de clase ni en los días libres, tampoco mostró diferencias significativas entre días de clases y días libres en 2019, pero fue significativamente mayor en los días libres respecto a los de clase en 2021 (**Tabla 2**).

Tabla 2. Punto medio y duración de sueño días de clase-días libres, 2019-2021

	MS			SD		
	días de clase	días libres	p1	días de clase	días libres	p1
2019	06:30 ± 00:58	07:00 ± 01:28	0.059	8.33 ± 0.993	9.17 ± 1.972	0.093
2021	03:04 ± 00:48	06:07 ± 01:33	0.002	7.33 ± 0.875	8.95 ± 1.527	2.09E-03
p2	1.53E-05	0.011		0.2976	0.3941	

Los valores están expresados en mediana ± MAD y fueron comparados a través de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas (n=17).

CUADRO 1 ¿Hacen lo que dicen?

La caracterización cronobiológica puede realizarse a través de medidas subjetivas, como los cuestionarios de autorreporte, y objetivas como la actimetría, técnica que permite registrar los niveles de actividad en forma continua durante períodos prolongados. De las 17 personas que participaron en el estudio longitudinal, 3 utilizaron actímetros en 2019 y en 2021. Los dispositivos utilizados (GeneActive Original-Activinsights) fueron colocados en la muñeca de la mano no dominante y programados a una frecuencia de 10Hz. Los datos de actividad física de un período de 14 días se extrajeron con el software de GENEactiv y se analizaron con los paquetes GGIR (Migueles et al, 2019) y nparAct (Blume et al, 2016) del software R (R Core Team, 2021) en el entorno RStudio (RStudio Team, 2021). Lxs 3 participantes mostraron ritmos circadianos de actividad robustos con un ajuste significativo a la función coseno durante un período de 24 h. Tanto el punto medio de sueño (MS), calculado a partir del inicio (SO) y la duración de sueño (SD) ($MS = SO + SD/2$), como las variables de distribución circular $L5c$ (centro de las 5 h con menor actividad) y $M10c$ (centro de las 10 horas con mayor actividad), se adelantaron en 2021 respecto a 2019 en los días de clase (**Tabla C1**). La distribución de la actividad promedio por hora a lo largo del día mostró un patrón distinto según el turno (**Fig. C1**). El análisis de los datos actimétricos refuerza los resultados obtenidos a través de medidas subjetivas. Tanto la ubicación del sueño como de los momentos de mayor y menor actividad se adelantaron en 2021 respecto a 2019. Lxs 3 participantes integraron la población que en 2019 mostró una correlación entre el cronotipo ($MSFsc$) y el DLMO, entre el $L5c$ y el DLMO en los días de clase y entre el tiempo de ejercicio moderado-vigoroso nocturno y el DLMO (Coirolo et al, 2022). Efectos del ejercicio matutino en el avance de la fase circadiana han sido reportado en adolescentes y jóvenes (Lang et al., 2022; Thomas et al., 2020). Los resultados del presente estudio sugieren una modulación conjunta de la presión social del cambio de turno y la ubicación temporal del ejercicio sobre la fase circadiana, aunque serán necesarios más estudios para refrendarlo.

Tabla C1. Resumen actimetría

	MSW		MSF		L5c w		L5c f		M10c w		M10c f	
	2019	2021	2019	2021	2019	2021	2019	2021	2019	2021	2019	2021
P1	05:45	05:17	04:23	03:39	05:02	04:55	09:40	09:58	19:18	15:43	17:06	23:36
P2	06:34	04:14	07:20	04:13	06:51	04:00	07:00	06:56	18:58	14:30	14:54	22:59
P3	05:37	03:38	04:15	04:22	06:21	04:15	10:03	05:02	18:31	13:22	01:39	15:19

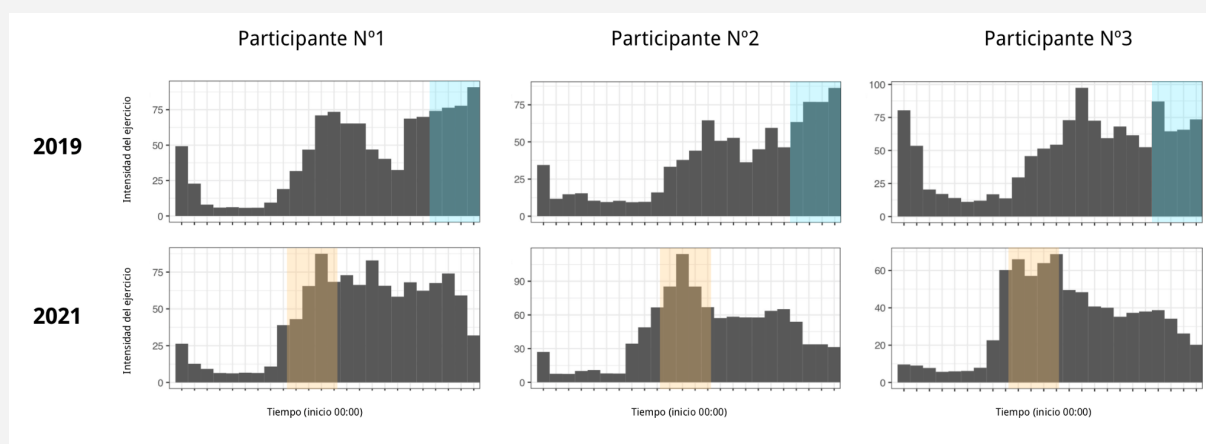


Figura C1. Actividad promedio por hora a lo largo de 24 h en los días de clase en 2019 y 2021 por participante en unidades mili gravitacionales (mg). Se indica el horario de clase por turno (nocturno: azul, matutino: naranja).

5.4. Discusión

El estudio longitudinal sobre el impacto del cambio del turno de entrenamiento (de nocturno a matutino) en los parámetros cronobiológicos de una población de bailarinxs de las ENFA-SODRE refrenda la hipótesis propuesta en este capítulo: el cronotipo individual, pero no la preferencia circadiana, es dependiente de la presión social del horario del turno de entrenamiento. Los resultados corroboran las predicciones formuladas: entre 2019 y 2021 el cronotipo (*MSFsc*) se adelantó significativamente mientras la preferencia circadiana (MEQ) no cambió y el *SjL* aumentó significativamente. También el punto medio de sueño se volvió significativamente más temprano en los días de clase y días libres. Además, aunque la duración del sueño no cambió entre años, en 2021 se redujo en los días libres respecto a los días de clase.

El impacto del cambio del turno en los parámetros circadianos

Las ENFA-SODRE constituyen un laboratorio natural para estudiar el efecto de los turnos en los ciclos circadianos y los patrones del sueño (Coirolo et al., 2020). El modelo es novedoso porque presenta una organización curricular en turnos extremos: los primeros dos años son nocturnos, los últimos dos matutinos. Como la formación implica la asistencia a entrenamiento de lunes a viernes, el cambio de turno requiere una reorganización importante de los hábitos de sueño. Esta situación permite abordar, además de la variación *per se* del turno, la incidencia del ejercicio regular, y específicamente el efecto de la práctica de danza, en los parámetros circadianos (Coirolo et al., 2022). El impacto de las modificaciones en los horarios curriculares sobre el cronotipo ha sido ampliamente reportado (Dunster et al., 2018; Rodríguez Ferrante et al., 2022) y también la incidencia del ejercicio sobre la fase circadiana (Youngstedt et al., 2019). Sin embargo, escasos estudios abordan el efecto del entrenamiento en la fase circadiana o el sueño de bailarines (Fietze et al., 2009) y al momento no se ha reportado un modelo cronobiológico que permita analizar los efectos combinados de la presión social del turno y la práctica regular de danza. Este estudio es el primer análisis longitudinal del cambio de turno en estudiantes de danza. La población, caracterizada como muy tardía (Coirolo et al., 2020), pasó de asistir a clase en horario nocturno (2019, 20:00 a 24:00) a hacerlo en horario matutino en 2021 (08:30 a 12:30). El cambio de turno desafió el reloj biológico de la población al forzarla a un cambio en la ubicación del sueño y al exponerla a un modulador circadiano como es el ejercicio, en un momento del día originalmente no favorable.

El cronotipo individual evaluado a través del MCTQ mostró una diferencia estadísticamente significativa de más de 2 h, mientras que el puntaje MEQ no varió en el lapso estudiado, aunque sí se observó una tendencia hacia valores más matutinos. En la muestra de 17

participantes no se observaron correlaciones significativas entre el *MSFsc* y el MEQ en 2019 (turno nocturno) ni en 2021 (turno matutino). Sin embargo, al analizar los datos de quienes asistían al turno nocturno y al matutino en 2019 y al matutino en 2021 por separado, sí se observó una correlación significativa entre ambos parámetros para el turno nocturno, pero no para el turno matutino, ni en 2019 ni en 2021. Aunque con variaciones importantes, el cronotipo fue caracterizado como tardío en los dos turnos evaluados, por tanto se esperaba que el turno nocturno se acoplara mejor a los ritmos biológicos de esta población. Los resultados indican una inercia en la preferencia circadiana mientras que el cronotipo se muestra más lábil y tiende aacomparar el cambio horario. Esta discrepancia entre la preferencia circadiana evaluada por MEQ y el cronotipo evaluado por MCTQ es un hallazgo relevante. Para analizar este comportamiento se deben tener en cuenta dos factores: el cambio de horario en sí mismo, y la ubicación del ejercicio moderado-vigoroso. El desfase entre el reloj endógeno y el reloj social se reflejó en un aumento significativo del *SJL*. Al analizar la relación entre $\Delta MSFsc$ y ΔSJL se distinguieron dos estrategias cronobiológicas distintas: a) volver el cronotipo más temprano y b) aumentar el *SJL*. Quienes siguieron la primera estrategia modificaron su cronotipo hacia valores más tempranos y mostraron una menor disrupción social. La otra estrategia implicó una compensación de la presión acumulada durante los días de clase en los fines de semana, sin variaciones importantes en el cronotipo. Estos resultados invitan a profundizar en los mecanismos que subyacen los modos de lidiar con los desafíos horarios y cuánto incide el tipo, la regularidad y la intensidad del ejercicio en ellos.

Si bien durante mucho tiempo se consideró que los cronotipos tardíos eran más proclives a presentar trastornos de salud, en los últimos años se ha propuesto que estas consecuencias se asocian más a un desencuentro entre el reloj biológico y el social que al cronotipo en sí mismo (Roenneberg, 2019). En las sociedades actuales el *SJL* es más pronunciado en los tipos tardíos, quienes se ven obligados a reajustar sus hábitos temporales en contra de sus ritmos endógenos: el inicio del sueño tiende a ubicarse en horarios cada vez más tardíos, pero las demandas sociales imponen un despertar cada vez más temprano (Wittmann, 2006; Roenneberg, 2019). En la búsqueda por optimizar el tiempo productivo la vida es organizada en horarios extremos. Inmersos en una cultura en la que madrugar se ve como una cualidad deseable, los cronotipos tardíos sufren a lo largo de su vida un desfase crónico entre sus ritmos biológicos endógenos y las exigencias sociales.

El ejercicio ha sido reportado como un modulador del ritmo biológico con capacidad de incidir en el avance o retraso de la fase circadiana (Youngstedt et al., 2019). El ejercicio matutino fue capaz de generar un avance de fase significativo en adolescentes con

cronotipo tardío (Lang et al., 2022) y, combinado con otros factores como la exposición a la luz, la alimentación a horarios fijos y la ingesta de cafeína, fue utilizado en una intervención que logró un avance de 2 h en la fase circadiana (Facer Childs, 2019). Si bien el *MSFsc* refiere a la ubicación sueño, puede considerarse una buena aproximación a la fase circadiana (Kantermann et al., 2015).

El estudio de tres casos con actimetría permitió cotejar el adelanto del cronotipo (*MSFsc*) con el adelanto de parámetros indicadores de la fase de actividad y reposo, el *L5c* y el *M10c*. La variación del cronotipo evaluado por MCTQ constatada en este estudio da muestras de la plasticidad del sistema circadiano y aporta evidencias sobre los potenciales efectos del ejercicio matutino como estrategia para mejorar la calidad de vida de los cronotipos tardíos cuando deben realizar actividades por fuera de su horario óptimo.

MEQ versus MCTQ

Si bien los cuestionarios de autorreporte son instrumentos fiables y robustos que permiten realizar caracterizaciones cronobiológicas de forma económica, rápida y sencilla, los objetivos y los datos obtenidos por cada uno de ellos no son equiparables. El MCTQ estima el cronotipo a partir del punto medio de sueño y lo consigna en una variable de distribución continua que refiere a la hora local. El MEQ evalúa las preferencias circadianas a través de un puntaje arbitrario y las categoriza según valores discretos establecidos. El MCTQ también permite evaluar la disrupción circadiana a través del *SJL* y brinda información sobre la duración del sueño entre los días libres y los de trabajo en forma diferenciada.

El puntaje MEQ ha sido cuestionado por la presencia de sesgos en los criterios de valoración y en la formulación de las preguntas. Por un lado “penaliza” la vespertinidad: las respuestas que sugieren matutinidad computan valores altos mientras que las que indican preferencias vespertinas consignan valores bajos o nulos. Por ejemplo, en la pregunta 19, en la que se requiere que la persona responda a qué tipo cree pertenecer, el “claramente matutino” computa 6 puntos y el “claramente vespertino”, 0. En las preguntas que refieren a ejercicio, las situaciones presentadas no son equivalentes: la pregunta 9 refiere a “un poco de ejercicio físico”, de 7 a 8 de la mañana, mientras que la 16 a “ejercicio físico intenso” de 10 a 11 de la noche. Tampoco distingue días de trabajo de días libres (Levandovski et al., 2013) y, como apunta Roenneberg, el cuestionario presenta un sesgo de género (“un amigo”, varón, es quien invita a hacer ejercicio). Resulta pertinente recordar el entorno intelectual y moral que dio origen al concepto de la matutinidad y a la clasificación que perpetúa el índice MEQ (Roenneberg, 2015). Con el conocimiento acumulado en los últimos años sobre la base biológica de los patrones de sueño y de actividad, sorprende cómo este índice continúa siendo el más utilizado en los estudios cronobiológicos. El MEQ,

formulado a fines de los 70, responde a una sociedad que miraba con malos ojos la nocturnidad. Hoy sabemos que la tendencia tardía no es caprichosa, sino que tiene una base biológica. Además, el índice MEQ es menos sensible a las diferencias entre grupos o culturas (Roenneberg, 2015) y se vuelve obsoleto a la hora de analizar la sociedad 24/7, sobrestimulada, hiperconectada y productivista, de pantallas luminosas ubicuas, interferencias sonoras permanentes y requerimientos laborales para zonas horarias en las antípodas. Pese a esto, el MEQ puede ser útil en abordajes que indaguen rasgos psicológicos. El MCTQ por su parte, parece representar mejor los rasgos circadianos al reflejar hábitos reales (Levandovski et al., 2013; Roenneberg et al., 2015) y se ha visto que es capaz de detectar diferencias dadas por la posición geográfica (Miguel et al., 2014). De todas formas, no está exento de limitaciones: la exclusión de las personas que utilizan alarma los fines de semana impacta en el tamaño de muestra, y si bien se han hecho adaptaciones para el trabajo por turnos, no es aplicable en quienes siguen estructuras de trabajo flexibles (Levandovski et al., 2013; Roenneberg et al., 2019). Además, considera los fines de semana como los días en que las personas están en “curso libre” sin tomar en cuenta las presiones sociales.

El cronotipo está determinado por una confluencia de factores ambientales que incluyen las coordenadas geográficas, el clima, la época del año, aspectos culturales y factores genéticos. Como constructo biológico, presenta las características propias de los sistemas dinámicos en cuanto a la sensibilidad a las variaciones del entorno (Roenneberg et al., 2019). Si bien la luz es el modulador temporal más conspicuo, se ha comprobado que otros factores como la alimentación y el ejercicio inciden en los ritmos circadianos. En este estudio el cronotipo mostró ser sensible a la presión social producida por el cambio de turno de las clases de danza, mientras que la preferencia circadiana no varió significativamente. Este resultado refuerza la importancia de clarificar el tipo de información que se obtiene de cada cuestionario y lo inapropiado de utilizarlos indistintamente.

Sueño y ejercicio

El cambio de turno impactó en la ubicación del sueño en los días de clase con un avance de 3h respecto a 2019. En los días libres el sueño también se ubicó más temprano aunque el avance fue menor (1h). La diferencia en la duración del sueño entre los días de clase y los días libres se hizo significativamente más pronunciada en 2021 respecto a 2019, pero se mantuvo en el rango saludable para la edad, estimado entre 7 y 9 h (Hirshkowitz, 2015). Es decir, pese a ser una población categorizada previamente como muy tardía que se vio obligada a asistir a clase en un horario matutino desafiante, logró dormir la cantidad de

tiempo recomendada. Si bien otros factores pueden haber incidido, es tentador asignar al ejercicio un rol importante al analizar estos datos. La influencia positiva del ejercicio en el sueño ha sido postulada en varias oportunidades y corroborada en una revisión reciente (Kline et al, 2021). Dado que Coirolo et al. (2022), encontraron que, a mayor duración del ejercicio moderado-intenso durante la noche, mayor atraso de la fase circadiana, se puede especular acerca del vínculo entre el ejercicio matutino y el avance de la fase circadiana en 2021. Los datos objetivos obtenidos a través de actimetría para tres participantes corroboraron la ubicación del ejercicio moderado-intenso asociado al horario de clase y los patrones de sueño consignados mediante cuestionarios. El desplazamiento del punto medio de sueño asociado a un tiempo de descanso nocturno adecuado da cuenta de un comportamiento adaptativo que posiblemente esté influenciado por la actividad física regular en la mañana. Tomados en conjunto, estos datos permiten especular que, ante el desafío que significó el cambio de turno a un horario originalmente desfavorable, danzar durante la mañana pudo haber tenido un efecto benéfico sobre el sueño de esta población de estudiantes.

Luz, movimiento, sincronía

El rol modulador del ejercicio ha sido reportado en numerosas ocasiones en diseños experimentales controlados (Barger et al., 2004; Buxton et al., 2003; Miyazaki et al., 2001; Youngstedt et al., 2019) y se han reportado cambios en la fase circadiana luego de intervenciones que incluyeron ejercicio en condiciones naturales (Facer-Childs et al., 2019), sin embargo, resulta difícil discernir la magnitud del efecto del ejercicio por sí solo en el mundo real. El sistema circadiano humano es extremadamente sensible a las variaciones lumínicas del ciclo de luz-oscuridad. Un estudio muy citado que reportó una reducción de las diferencias individuales en el ritmo del sueño por la exposición a luz natural en comparación a condiciones con luz eléctrica, menciona brevemente que el aumento en la actividad física (en torno al 70% en la condición de luz natural) pudo haber contribuido a la ubicación más temprana del sueño (Wright et al., 2013). La incidencia conjunta de los efectos de la luz nocturna y el ejercicio matutino sobre la fase circadiana ha sido reportada previamente (Youngstedt et al., 2016). Si bien la luz es considerada, sin dudas, el modulador circadiano más robusto, se reportó que el ejercicio, en forma independiente a la exposición lumínica, incidió en un cambio en la fase circadiana en estudiantes de las ENFA-SODRE en 2019 (Coirolo et al., 2022). Un dato interesante que arrojó el presente estudio es la disminución en la dispersión del cronotipo en 2021 respecto a 2019. Esta concordancia no puede pensarse en forma independiente de la presión social del turno, pero invita a conjeturar sobre el rol sincronizador del ejercicio a nivel poblacional.

Desafíos y limitaciones del estudio longitudinal

Si bien la correlación entre los parámetros circadianos y la edad ha sido ampliamente reportada, en este estudio ni el *MSFsc*, ni el Δ *MSFsc*, ni el *MEQ*, ni el Δ *MEQ* correlacionaron con la edad. De todas formas, en el rango de edades de la población estudiada no se esperan cambios significativos en un período de 2 años. Un estudio reciente reporta una variación de 0.66 min por año en el cronotipo, tras un registro de 7 años (Druiven et al., 2021); y otro que en promedio las mujeres mostraron una diferencia de menos de 1h en el cronotipo entre los 18 y los 30 años (Fischer et al., 2017).

Otro aspecto a tener en cuenta es la fecha de aplicación de los cuestionarios. La incidencia de la luz varía con la latitud y la estación del año; en verano la exposición a la luz sucede antes, durante más tiempo y es más intensa, lo que genera avances de la fase circadiana (Zerbini et al., 2021). Al analizar el cambio en el cronotipo evaluado como *MSFsc* en torno al solsticio de verano respecto al de invierno, Zerbini et al. (2021) observaron un avance de 1 h. En el presente estudio los cuestionarios fueron aplicados con una diferencia de fecha de 25 días, Esto implica variaciones en la hora y el ángulo solar al amanecer (2019 07:31 71°ENE; 2021 07:00 82°E), mediodía (2019 12:50 39.3°; 2021 12:43 47.8°), atardecer (2019 18:09 289° WNW; 2021 18:27 278°W) y en la duración del día (2019 10:37:20; 2021 11:26:57) (Thorsen, 2022), pero no son suficientes para explicar la variación de 2h observada en el cronotipo.

Un factor limitante de este abordaje longitudinal es la dificultad para que las mismas personas participaran en las diversas fases del experimento durante un período de tiempo tan extenso. Si bien la actimetría es un método no invasivo para personas sedentarias, algunas técnicas de danza contemporánea que implican trabajo de suelo pueden verse interferidas. Por otra parte, la ventana de oportunidad en que se realizó el ensayo coincidió con la salida de la pandemia por COVID-19, cuando se retomaron muchas actividades postergadas. Según reportaron las propias docentes de la escuela, la actividad se vio comprimida en el último trimestre del año, y coincidió con el trabajo de egreso de quienes estaban cursando el último año de la carrera. La participación en un estudio de estas características pudo haber sido visualizado como fuente de estrés.

La población estudiada es singular desde varios puntos de vista, lo que la convierte en un modelo sensible y muy valioso para detectar la relación entre el ejercicio físico, los procesos cognitivos y los parámetros cronobiológicos. Sin embargo, la especificidad que la vuelve robusta para realizar estas investigaciones no permite extrapolar tan fácilmente los resultados a la población en general. Se trata de personas altamente entrenadas en una disciplina compleja aún muy poco explorada desde el punto de vista cronobiológico y

cognitivo. Además del tiempo dedicado al entrenamiento de resistencia, flexibilidad y precisión para lograr un estado físico óptimo según sus objetivos, lxs bailarines entrenan para estar alertas ante un entorno cambiante. Parte de su trabajo es ajustarse rápidamente a los estímulos. Quizás esta cualidad también les hace más proclives a tener una respuesta dinámica ante las presiones cronobiológicas.

El abordaje de esta población específica permitió observar un desfase entre la preferencia circadiana y el cronotipo. Como constructo biológico de naturaleza dinámica, el cronotipo se mostró sensible a los cambios ambientales y comportamentales que implicó el cambio de turno, mientras que la preferencia circadiana pareció responder a aspectos de índole psicológica. El estudio de los tres casos con actimetría permitió visualizar un patrón de actividad diferenciado según la ubicación temporal del turno y corroborar los indicadores de sueño obtenidos a través del cuestionario MCTQ. La potencia del presente estudio radica en que, aún sin tener control sobre todos factores que inciden en el sistema circadiano y con una muestra de pequeño tamaño, obtuvo datos suficientemente robustos para arribar a conclusiones relevantes respecto a la plasticidad del cronotipo y el efecto del ejercicio sobre los parámetros de sueño. En el contexto actual de ubicuidad y disponibilidad 24/7, dos tensiones tironean los relojes biológicos de esta población: la luz eléctrica y las pantallas en horas nocturnas que retrasan el inicio del sueño, y el uso de alarmas para cumplir con un horario de clase matutino que requiere adelantar el final del sueño. Ante este desafío, la danza emerge como un potencial modulador de los parámetros circadianos.

6. Estudio transversal

6.1. Hipótesis y Objetivos

En este capítulo se pone a prueba la hipótesis 2:

H2: Existen diferencias en el desempeño atencional y motor entre el inicio y el final del turno matutino de entrenamiento en danza que se ven influidas por el cronotipo y el ejercicio regular.

Y sus correspondientes predicciones:

1. El desempeño atencional y motor es mejor al final que al comienzo del turno matutino de entrenamiento en danza.
2. La diferencia en el desempeño atencional y motor evaluado antes y después del turno de entrenamiento matutino correlaciona con el cronotipo evaluado por MCTQ.
3. Existe un efecto benéfico del entrenamiento matutino en danza sobre el desempeño atencional.

En este capítulo se plantean los objetivos específicos:

1. Evaluar el desempeño atencional de la población a través del registro de los niveles de atención selectiva y control inhibitorio a través de las pruebas PVT y Stroop, a las 08:30 y a las 12:30 .
2. Evaluar el desempeño motor de la población a través del registro de la fuerza muscular (contracción voluntaria máxima) y la resistencia cardiovascular (frecuencia cardíaca de recuperación) a las 08:30 y a las 12:30.

6.2. Métodos

Participantes

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de las Escuelas de Formación Artística del SODRE (ENFA-SODRE) que asistían al turno matutino en el año 2021. Se excluyeron del análisis personas con diagnósticos previos de trastornos del sueño, enfermedades neurológicas o psiquiátricas y con consumo de medicación que pudiera interferir en las tareas. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República y cumplió con los principios requeridos por la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013). Lxs participantes firmaron un consentimiento informado y fueron libres de retirarse del estudio en cualquier momento. Todos los datos fueron proporcionados en forma voluntaria.

Procedimiento

Lxs participantes fueron convocadxs a través de flyers digitales a una reunión inicial donde se realizó una exposición informativa, se proveyeron folletos explicativos y se evacuaron dudas. La toma de datos de desempeño se realizó en octubre de 2021 en las instalaciones de la ENFA-SODRE.

Veintitrés (23) estudiantes cursando el turno matutino de las Escuelas de Formación Artística del SODRE completaron los cuestionarios requeridos. Veintidós (22) participantes completaron las pruebas de desempeño atencional y veintiuno (21) las de desempeño motor antes y después del turno, a las 08:30 y a las 12:30.

Caracterización demográfica y morfométrica

Se aplicó un cuestionario impreso para obtener información sobre edad, sexo, género, estado de salud y consumo de medicamentos y se obtuvieron medidas de talla (cm) y peso (Kg) con un tallímetro y una balanza. El índice de masa corporal (BMI, kg/m^2) se calculó dividiendo el peso sobre la estatura (m) al cuadrado.

Caracterización cronobiológica

La caracterización cronobiológica se realizó a través de cuestionarios de autorreporte en formato papel.

Cronotipo

Para estimar el cronotipo se utilizó la versión en español del Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ, Roenneberg et al., 2003, 2004; Vetter, 2010). Como indicador del cronotipo se utilizó el punto medio de sueño en los días libres corregido por la deuda de sueño los días de trabajo (*MSFsc*, Roenneberg et al., 2004). El *MSFsc* también se categorizó por terciles: valores menores al tercil inferior se consideraron cronotipos tempranos, valores mayores al tercil superior se consideraron cronotipos tardíos y los valores entre ambos se consideraron cronotipos intermedios.

Indicadores de desempeño

Lxs participantes realizaron las pruebas de desempeño antes de ingresar a clase, a las 08:30, y al final del turno, a las 12:30. Las pruebas de desempeño se realizaron a lo largo de tres días consecutivos (martes, miércoles, jueves) y lxs participantes fueron distribuidos en forma aleatoria, alternando las pruebas (atencionales / motores) y el momento (antes / después del turno). Cada persona fue citada 4 veces: dos veces a las 08:30 y dos a las 12:30. Cada sesión tuvo una duración de 10 min.

Desempeño Atencional

Las evaluaciones de desempeño atencional se realizaron en laptops (AMD Dual - Core Processor C-60, 2GB DDR3 Memory, 11.6" HD Acer CineCrystal LED LCD, Windows 7 Starter 32 - bits SP1) sin conexión a internet. Para programar las tareas se utilizó el software PsychoPy - Python 3. Antes de la primera sesión se realizó una breve presentación con instrucciones sobre el procedimiento. El orden de las pruebas fue aleatorio y fueron presentadas una a continuación de la otra. Lxs participantes usaron el mismo dispositivo en cada sesión.

Test de vigilancia psicomotora (Psychomotor Vigilance Test, PVT)

Para obtener el tiempo de reacción se utilizó una versión del *Psychomotor Vigilance Test (PVT)* de 2 min (Facer-Childs et al., 2018). Como estímulo se utilizó un contador de ms de color amarillo. Se instruyó a lxs participantes a observar un círculo rojo en la pantalla de la computadora y a presionar la barra espaciadora tan pronto como apareciera el estímulo del contador en la pantalla, lo que lo detenía y mostraba el tiempo de reacción en ms durante un período de 1 s. El intervalo entre estímulos, definido como el período entre la última respuesta y la aparición del siguiente estímulo, variaba aleatoriamente entre 2 y 10 s (Basner et al., 2011). Se realizó una práctica previa de 10 s. Se registró tiempo de reacción (*RT*) en ms.

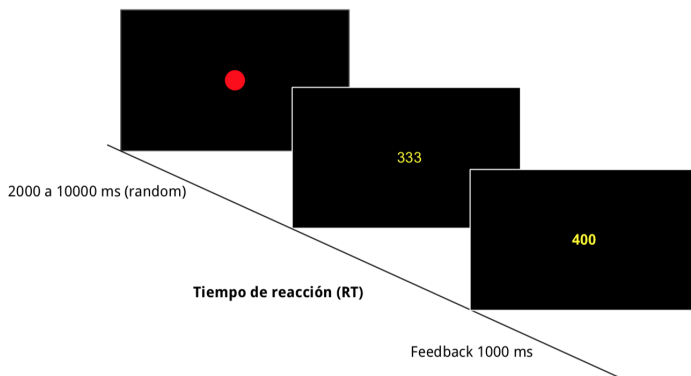


Figura 3: Secuencia de ensayos de la prueba *PVT*. Los participantes fueron instruidos para presionar la barra espaciadora tan rápido como fuera posible al aparecer en pantalla el contador en números amarillos. Luego de la respuesta, se mostraba durante un segundo el tiempo de reacción.

Una respuesta se consideró válida si el *RT* era ≥ 100 ms y < 1000 ms. Se tomó como variable dependiente la Velocidad de Reacción (*VR*), obtenida a partir de la transformación recíproca del *RT* ($1/RT$). Para calcular la media individual de la velocidad de reacción se promediaron los valores transformados (Basner et al., 2011; Dinges et al., 1987).

Tarea de Stroop (Stroop Task, ST)

Para evaluar control inhibitorio se utilizó una versión visual del *Stroop Task* (E. R. Facer-Childs et al., 2019; Stroop, 1935). Esta tarea consistió en la visualización por pantalla de palabras que describen cuatro colores (rojo, amarillo, verde y azul). Las palabras se presentan escritas con tinta del mismo color que están describiendo (condición congruente) o con un color no coincidente (condición incongruente). En el teclado se marcaron las teclas de respuesta con colores: z = rojo, x=verde, m=azul, n=amarillo. La tarea consistió en presionar la tecla correspondiente al color en que era presentada la palabra y no al que estaba describiendo. Como fijación se utilizó una cruz blanca en el centro de la pantalla. El intervalo entre estímulos fue fijo (1100 ms). La duración del estímulo fue hasta la respuesta o 2000 ms. Se presentaron 4 bloques con 32 ensayos cada uno, 50% congruentes, 50% incongruentes (128 ensayos en total). Se registró tiempo de reacción en ms (*RT*) y se contabilizó el número de errores (respuestas incorrectas). Cada participante realizó una práctica previa de 24 ensayos.

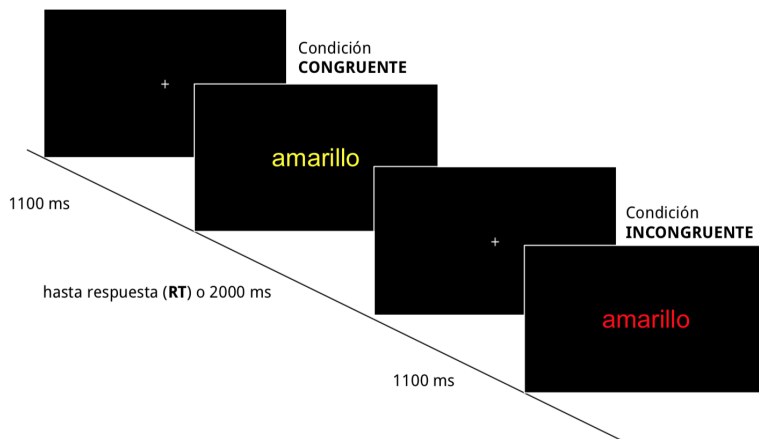


Figura 4: Secuencia de ensayos de la prueba Stroop. Lxs participantes fueron instruidos para responder presionando la tecla correspondiente al color en que la palabra estaba escrita tan rápido como fuera posible. Se muestra un ejemplo de condición congruente e incongruente.

Se consideraron respuestas válidas los $RT \geq 200$ ms y < 2000 ms. Se tomó como variable dependiente la Velocidad de Reacción (VR). Para calcular la media individual de la velocidad de reacción cada RT (ms) fue recíprocamente transformado ($1/RT$) y los valores transformados fueron luego promediados (Basner et al., 2011; Dinges et al., 1987). Las respuestas incorrectas fueron descartadas.

Desempeño Motor

Las evaluaciones de desempeño motor se realizaron una a continuación de la otra, ordenadas aleatoriamente.

Contracción voluntaria máxima (CVM)

La contracción voluntaria máxima se evaluó a través de la prueba de fuerza prensil isométrica utilizando un dinamómetro manual electrónico EH101, CAMRY (E. R. Facer-Childs et al., 2018). Lxs participantes se dispusieron de pie con el codo completamente extendido y usaron su mano dominante en una posición en pronación para aplicar en el dinamómetro tanta presión de agarre como fuera posible durante 6 s. El proceso se repitió tres veces con intervalos de 2 min. Se registró el valor máximo de cada intento (kg) y se tomó como variable el valor máximo de los tres intentos dividido sobre el peso del participante en kg (V_{max}/P).

Frecuencia cardíaca de recuperación (HRR_{120})

Durante el ejercicio la frecuencia cardíaca (*HR*, *heart rate* en inglés) aumenta debido a la demanda metabólica de los músculos y otros tejidos y decrece exponencialmente inmediatamente después (Coote, 2010; Fecchio, 2019). En personas con buen estado de salud, la *HR* alcanza los niveles previos al ejercicio entre 5 y 10 min (Peçanha et al., 2013). Un índice fiable de recuperación de la frecuencia cardíaca (*HRR*) es la diferencia absoluta entre la *HR* al final del ejercicio y la *HR* en un momento específico de la recuperación desde el inicio del reposo (Fecchio, 2019). Una mayor diferencia, y por tanto un mayor valor de la *HRR*, se asocia a una mejor recuperación y un mejor estado físico (Buchheit, 2014). La cinética de la *HRR* se puede dividir en dos fases: una fase rápida, que comprende el primer minuto de recuperación y caracteriza el período en el que hay una disminución abrupta y rápida de la *HR*, y una fase lenta que comprende el período posterior hasta que la *HR* vuelve a sus valores de reposo (Peçanha et al., 2013). Para acceder a la fase lenta uno de los índices más utilizados por su buena reproducibilidad es la *HRR* luego de 2 minutos de reposo post ejercicio (HRR_{120}). En este estudio la *HR* se registró a través de un Monitor de Frecuencia Cardíaca (pulsómetros Polar, M430 y M200) en 3 momentos: a) luego de 1 min en posición decúbito dorsal - Frecuencia basal (*HR* basal, bpm); b) luego de 1 min de saltos en sexta posición (pies paralelos, en el lugar) - Frecuencia máxima (*HR* máx, bpm) ; y c) luego del reposo 2 min en decúbito dorsal y al volver a la frecuencia basal - Frecuencia a los 120 s (HR_{120} , bpm) (Fig 3). Los datos se presentan en latidos por minutos (*beats per minutes, bpm*)

Parámetros computados y sus fórmulas:

- 1) Frecuencia de recuperación (HRR_{120} , bpm) $HR\ máx - HR_{120s}$
- 2) Cociente de recuperación $\frac{HR_{120s}}{HR\ máx}$

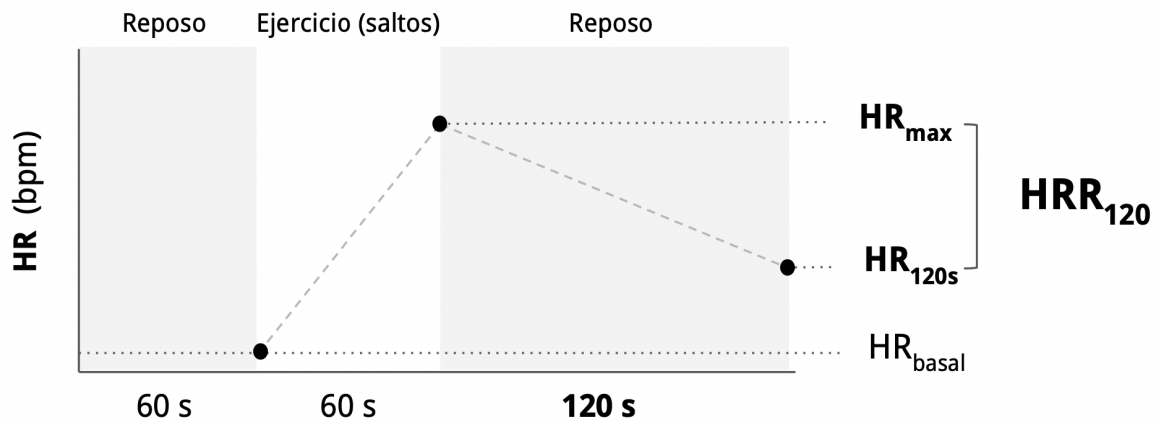


Figura 5: Esquema del registro de la Frecuencia Cardíaca. Lxs participantes realizaban la prueba portando un reloj polar en la muñeca dominante. Una investigadora realizaba la lectura puntual luego de 60 s de reposo, 60 s de ejercicio y 120 s de reposo.

Análisis Estadísticos

Los datos se expresan como el valor de la media \pm el desvío estándar. Se utilizó la prueba t para datos pareados para comparar el desempeño antes y después del turno. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p \leq 0.05$. Para observar la relación entre el cambio en las variables de respuesta y el cronotipo se estudiaron modelos de regresión lineal simple. En los casos en que no se cumplió el requisito de normalidad se realizó una transformación logarítmica de los datos. Se utilizó la prueba de t pareada para comparar la variación antes y después del turno para cada cronotipo categorizado por terciles. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software libre R (R Core Team, 2021) en el entorno RStudio, Versión 1.4.1106 (RStudio Team, 2021).

6.3. Resultados

Caracterización demográfica, morfométrica y cronobiológica

La población estudiada estuvo conformada mayoritariamente por personas identificadas como mujeres con un rango de edades entre 18 y 29 años (**Tabla 3**). El 69 % de la muestra reportó no haber utilizado alarma en los días libres (16 participantes). En este subgrupo el *MSFsc* se situó entre las 03:22 y 08:31.

Tabla 3. Caracterización demográfica, morfométrica y cronobiológica

Variable		
Participantes (n)		23
Identificación de Género (n)	Femenino	11
	Masculino	4
	Otro	7
	Prefiere no responder	1
Edad (años)		23.2 ± 3.4
Peso (kg)		60.88 ± 12.79
Altura (cm)		161.1 ± 7.3
BMI (kg/m ²)		23.36 ± 3.89
MSFsc (hh:mm, n)		05:38 ± 01:19 (16)

Los valores están expresados en media ± SD.

Desempeño antes y después del turno de entrenamiento

El desempeño evaluado antes y después del turno mostró diferencias significativas para todas las variables analizadas (**Tabla 4, Fig. 6**). La velocidad de reacción en las pruebas *PVT* y *ST*, la *CVM* y la *HRR₁₂₀* fueron mayores a las 12:30 respecto a las 08:30, lo que indica un mejor desempeño tanto cognitivo como motor luego del turno de clase en comparación con el inicio del turno.

Tabla 4. Resumen del análisis estadístico para el desempeño.

	Variable	ANTES	DESPUÉS	p-valor	Tamaño de efecto	N
PVT	1/RT	3.76 ± 0.33	3.88 ± 0.36	0.019	*	22
Stroop CC	1/RT	1.68 ± 0.23	1.77 ± 0.21	0.036	*	22
Stroop CI	1/RT	1.5 ± 0.20	1.61 ± 0.22	0.025	*	22
HRR	HRR120s	50.62 ± 11.17	58.24 ± 13.44	0.046	*	21
CVM	log(Vmax/P)	-0.824 ± 0.188	-0.722 ± 0.175	0.0005	***	20

Valores expresados en media ± SD. Tamaño de efecto expresado como |d|. En todos los casos se aplicó la prueba t para datos pareados.

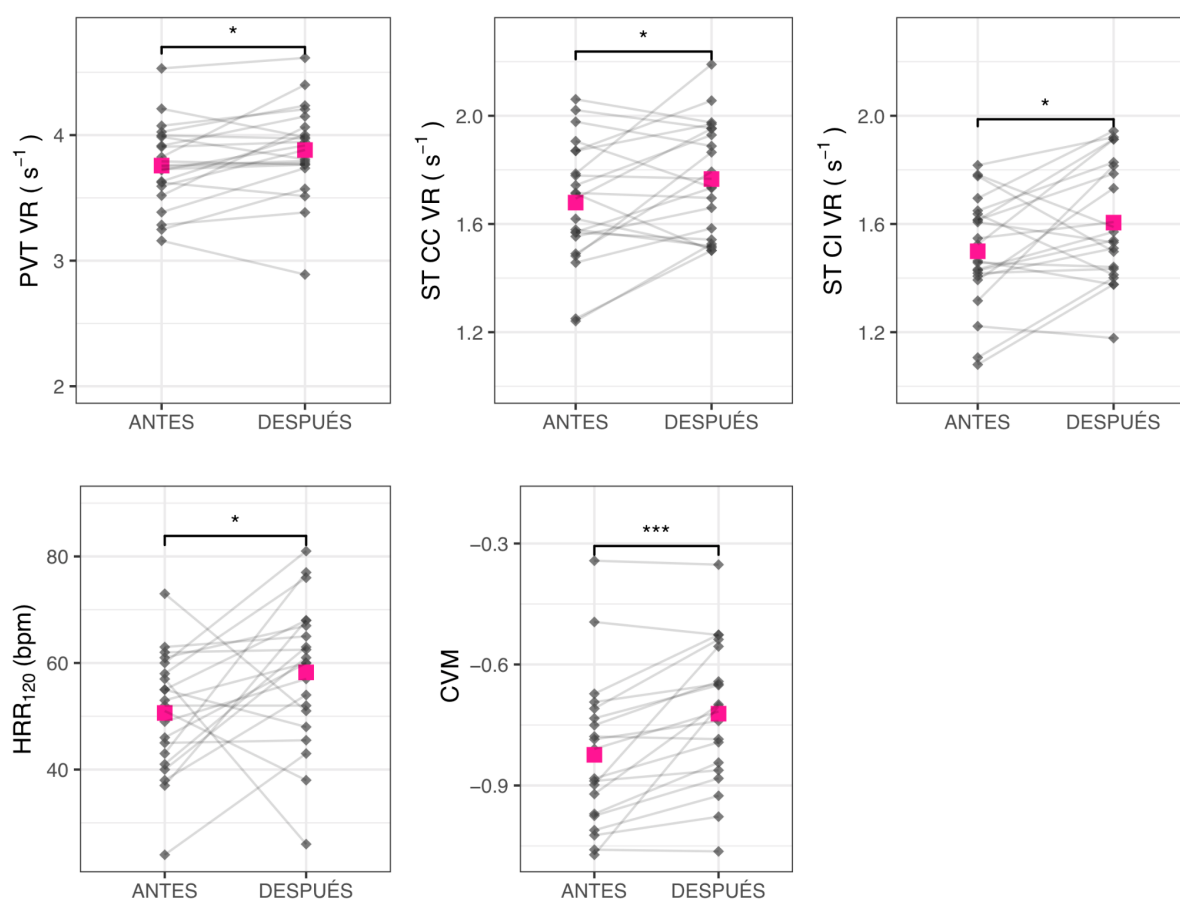


Figura 6 Comparación de las variables de desempeño *PVT*, *ST CC*, *ST CI*, *HRR₁₂₀* (bpm) y *CVM* (*log*), antes y después del turno de entrenamiento. La significancia es presentada como $*=p<0.05$, $**=p<0.01$, $***=p<0.001$. En todos los casos se aplicó la prueba t para datos pareados. En color se indica la media muestral.

Incidencia del cronotipo en el desempeño

Desempeño atencional

La correlación entre el cambio en la velocidad de reacción y *el MSFsc* no fue significativa para ninguna de las pruebas atencionales (N=15, ΔPVT , $p=0.11$; $\Delta STCC$, $p=0.16$; $\Delta STCI$, $p=0.61$). Tampoco fue significativa la correlación con el *MSFsc* al analizar cada variable antes y después del turno por separado (*PVT*, N=15, $p=0.194$ antes del turno, $p=0.878$ después del turno; *ST CC* N=15, $p=0.206$ antes, $p=0.61$ después; *ST CI* N=15, $p=0.47$ antes, $p=0.791$ después).

Desempeño motor

La correlación entre el cambio en el desempeño motor y *el MSFsc* no fue significativa para ninguna de las pruebas (N=14, ΔCVM , $p=0.4$; N=15, ΔHRR , $p=0.094$). La correlación entre la *CVM* y el *MSFsc* no fue significativa antes del turno de entrenamiento (N=14, $p=0.169$) pero sí después (N=14, $R^2=0.287$, $p=0.048$) (**Fig 7, A**). No se observaron diferencias al comparar el desempeño por cronotipo en terciles antes y después del turno (N=5, prueba t pareada, tardíos, $p=0.156$, tempranos, $p=0.056$). La correlación entre la HRR_{120} y el *MSFsc* no fue significativa antes (N=15, $p=0.87$) pero sí después del turno de entrenamiento (N=15, $R^2=0.26$, $p=0.05$) (**Fig 7, B**). Al comparar HRR_{120} antes y después del turno por cronotipo, se observaron diferencias significativas en los cronotipos categorizados como tardíos (N=5, prueba t pareada, $p = 0.04$) (**Fig 8, A**), pero no en los tempranos (N=5, prueba t pareada, $p = 0.61$)(**Fig 8, B**).

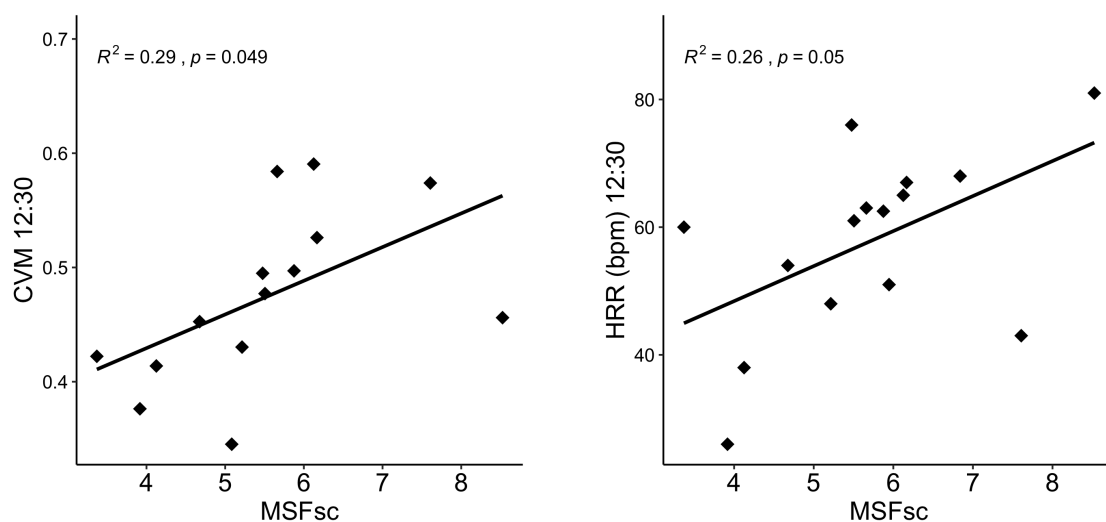


Figura 7. Correlación lineal entre desempeño motor y cronotipo luego del turno de clase.

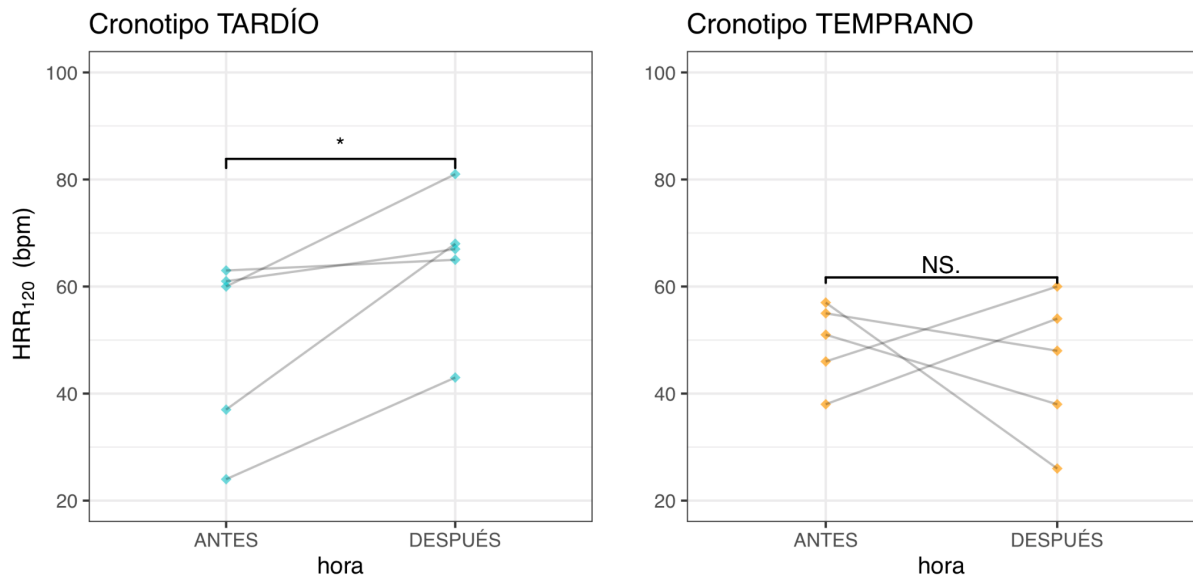


Figura 8. Desempeño motor según cronotipo categorizado por terciles. Diferencias en la HRR_{120} antes y después del turno en cronotipos tardíos (azul) y tempranos (naranja), prueba de t pareada.

CUADRO 2. Beneficios del ejercicio matutino de intensidad moderada

El modelo de U invertida, propuesto por Davey en 1973 postula que el efecto benéfico del ejercicio sobre la cognición crece hasta un umbral que corresponde al ejercicio moderado y disminuye conforme aumenta la intensidad (McMorris, 2016). Las bases fisiológicas de esta interacción se han asociado a la liberación de hormonas y neurotransmisores como las catecolaminas, el cortisol y la serotonina (Cooper, 1973; McMorris, 2021). La intensidad del ejercicio se puede estimar de forma objetiva a través de acelerómetros, dispositivos que registran la actividad física (*Physical Activity, PA*) en forma continua por períodos prolongados. Un descriptor muy utilizado es el tiempo dedicado a la *PA* ligera (*LPA*), moderada (*MPA*) o vigorosa (*VPA*) (Migueles et al., 2022). Los puntos de corte de cada categoría se asocian a unidades metabólicas (*METS*), que toman como referencia el consumo de oxígeno: 1 *MET* corresponde a 3,5 ml O₂ /kg min en personas adultas en reposo, 3 y 6 *METS* suelen ser los umbrales para el ejercicio de intensidad moderada y vigorosa (Hildebrand et al., 2014).

La población de estudiantes de las ENFA-SODRE realiza ejercicio regular según un calendario semanal de asignaturas. Esto permitió cruzar los datos de desempeño cognitivo con datos obtenidos previamente a través de acelerómetros. La hipótesis a refrendar postula la existencia de un efecto beneficioso de la *MPA* en el desempeño atencional. De esta hipótesis se desprende la predicción de que la velocidad de reacción (*VR*) correlaciona con el tiempo en *MPA* durante las 4 h de clase.

Se analizaron los datos de 21 participantes que utilizaron acelerómetros GeneActive Original - Activinsights en la muñeca no dominante durante 15 días, programados a una frecuencia de 10Hz. Los datos se extrajeron con el software de GENEactiv y se convirtieron en epochs de 1 min para los que se obtuvo: fecha y hora, el movimiento en 3 ejes (x, y, z en g) y como aproximación a la *PA* la suma de magnitudes ($\sum[(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} - 1g]$). Los análisis posteriores se realizaron en RStudio (RStudio Team, 2021). Se seleccionaron los datos correspondientes a las horas y días de clase (L a V, de 8:30 a 12:29) y se calculó la *PA* media (*PAm*, en mg). Se utilizó la categorización propuesta por Heidelberg (2014) para calcular el porcentaje de tiempo en *LPA* ($PA < 93.2$ mg), *MPA* ($93.2 \text{ mg} < PA < 418.3$ mg) y *VPA* ($PA > 418.3$ mg). Se categorizó la población según el valor individual de la *PAm* y se utilizó el coeficiente de Spearman para analizar la correlación entre la *PA* y la *VR* en la tarea de Stroop (*ST*) para la condición congruente (*CC*) e incongruente (*CI*), antes y después del turno.

La inspección visual de los patrones de *PAm* por min durante las 4 h de clase y de la *PAm* por día mostró diferencias notorias interindividuales (**Fig. C2**). 8 personas mostraron niveles de *PAm* < 93.2 mg (*LPAm*) y 16 niveles de *PAm* ≥ 93.2 mg (*MPAm*).

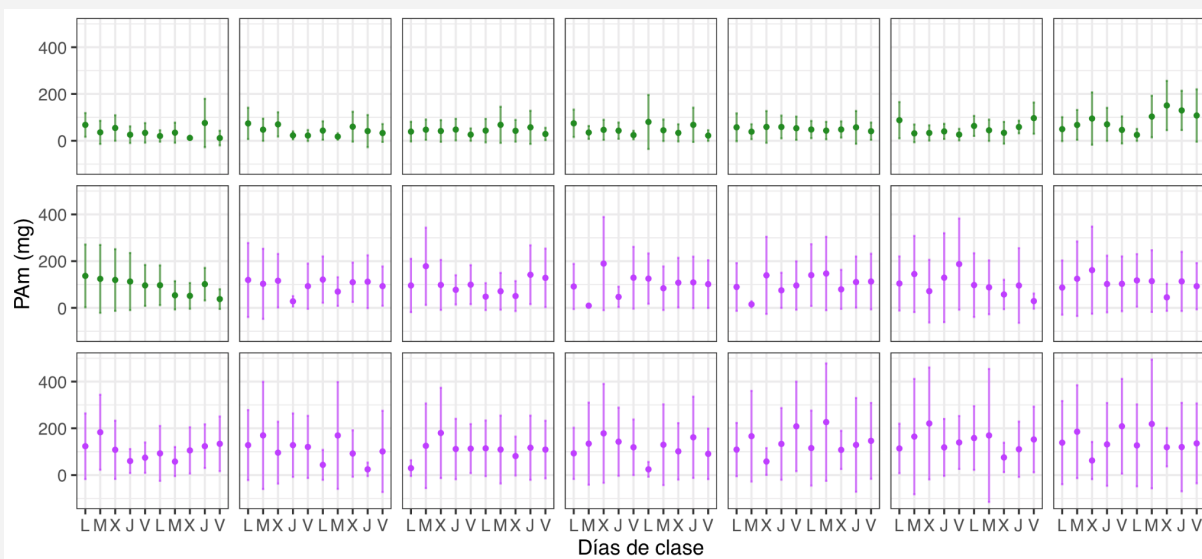


Figura C2. *PAm* de las 4 h de clase por participante por día (N=21, media y sd). *LPAm* (verde), *MPAm* (violeta).

En el subgrupo *MPAm* la *VR CC* después del turno correlacionó en forma positiva con el porcentaje de tiempo en *MPA* ($r_s=0.66$, $p=0.017$), y en forma negativa con el porcentaje de tiempo en *LPA* ($r_s=-0.5989$, $p=0.034$). Al inicio del turno la *VR CC* no correlacionó con el porcentaje de tiempo en *LPA*, ni en *MPA*. No se halló relación entre el tiempo en cada tipo de actividad y la *VR CI*, ni al inicio ni al final del turno. No se halló correlación entre *VR CC* o *VR CI* y el tiempo en *VPA*. La relación positiva entre el desempeño en la condición menos demandante de la tarea *ST (CC)* y el tiempo en *MPA* en el subgrupo *MPAm* se observó en el horario en el que se esperan mejores niveles atencionales (mediodía) y luego de 4 h de danza. Estos resultados abonan la hipótesis planteada sobre el efecto beneficioso de la *MPA* en el desempeño atencional y se suman al cuerpo de evidencias sobre los efectos del ejercicio regular de intensidad moderada en procesos cognitivos.

6.4. Discusión

Los resultados refrendan el enunciado principal de la hipótesis propuesta en este capítulo al mostrar que existen diferencias significativas en el desempeño motor y atencional entre el inicio y el final del turno matutino de entrenamiento en danza. Refrendar esta hipótesis es una contribución importante de esta tesis dado que los reportes previos no indicaron diferencias en una ventana temporal tan acotada. Con respecto a la influencia del cronotipo y el ejercicio regular, se cumplen parcialmente las predicciones al mostrar que al final del turno hay una correlación entre el desempeño motor y el cronotipo, y que la duración del ejercicio moderado tiene un efecto benéfico sobre la velocidad de reacción (condición congruente, prueba de Stroop).

Desempeño atencional

El desempeño cognitivo se ve afectado por fluctuaciones circadianas y homeostáticas (Valdez, 2019). Los efectos combinados de ambas regulaciones determinan patrones horarios con momentos más o menos favorables para el desarrollo de tareas que requieren atención. La población estudiada asistía a clases entre las 08:30 y las 12:30. El inicio del turno coincide con un horario en el que se espera que los niveles atencionales sean bajos y el final del turno con un momento en el que se espera que comiencen a mejorar. Los resultados mostraron un aumento robusto y significativo de la velocidad de reacción en las dos pruebas al final del turno de entrenamiento.

La condición incongruente en la Tarea Stroop requiere resolver el conflicto entre la percepción de un estímulo que es irrelevante para la tarea (lo que dice el texto escrito) y un estímulo relevante (el color del texto). Este procesamiento, más complejo que la simple reacción a un mismo estímulo visual, implica un proceso de control inhibitorio que demanda un mayor esfuerzo cognitivo y ralentiza la velocidad de respuesta. En este estudio la velocidad de reacción más baja correspondió a la tarea atencional que requiere más esfuerzo en el momento menos favorable (*ST CI* a las 08:30), y la más alta a la tarea más

simple en el momento más favorable (*PVT* a las 12:30). A su vez, el tamaño de efecto fue mayor para la tarea más compleja (*ST CI*). Estos resultados son consistentes con estudios previos y corroboran que el diseño experimental fue implementado en forma adecuada (Wang et al., 2019).

La fase circadiana, la inercia y la homeostasis del sueño modulan en forma diferenciada la velocidad de reacción según la tarea (Burke et al., 2015). En la Tarea Stroop, la velocidad de reacción para los estímulos congruentes ha mostrado ser regulada en forma similar por la homeostasis del sueño y la fase circadiana, mientras que para los estímulos incongruentes la modulación responde en mayor medida a la influencia circadiana (Burke et al., 2015). La modulación homeostática y circadiana también tienen un efecto diferenciado de acuerdo al cronotipo. La fase circadiana de los cronotipos tardíos se retrasa unas 2 h en comparación con la fase circadiana de los tipos tempranos (Taillard et al., 2021). Este desfase explica que existan diferencias en el horario más favorable para realizar tareas atencionales, con un peor desempeño de los cronotipos tardíos durante la mañana, comparados con los cronotipos tempranos (Facer-Childs et al., 2018). Contrario a lo esperado, en el presente estudio no se hallaron correlaciones significativas entre la diferencia en la velocidad de reacción antes y después del turno y el cronotipo para ninguna de las tareas atencionales y tampoco se hallaron correlaciones con el cronotipo al analizar por separado la velocidad de reacción a las 08:30 y a las 12:30.

Para analizar estos resultados el primer punto a tener en cuenta es la distribución del *MSFsc*. La población estudiada se inscribe en la población de jóvenes previamente caracterizada como tardía (Coirolo et al., 2020; Tassinio et al., 2016) y su cronotipo medio en 2021 ($05:38 \pm 01:19$) es tardío. En un estudio con una población de edad similar, fueron clasificados como tardíos los cronotipos mayores a 05:00 (Facer-Childs et al., 2018). No obstante, la distribución del cronotipo es específica de la población y es usual que se categorice por terciles si la población es evaluada en la misma región geográfica y en una época similar del año (Roenneberg, 2015). Si bien el rango de valores de la población estudiada es relativamente amplio e incluye cronotipos tempranos (03:22 a 08:31), al comparar el desempeño entre quienes presentan cronotipos categorizados como tardíos (tercer tercil) y tempranos (primer tercil) tampoco se observaron diferencias significativas. La explicación más plausible a la ausencia de asociación con el cronotipo es el número reducido de participantes, sin embargo otros factores pueden haber incidido. La población estudiada mantuvo un régimen de entrenamiento regular programado de lunes a viernes en el mismo horario al menos durante los dos meses previos al experimento, cuando la escuela retomó la presencialidad luego de la emergencia sanitaria. Esta exposición al

estímulo periódico del ejercicio sumado a la presión del horario del turno pudo actuar como factor organizador y generar una disminución de la variabilidad esperada.

Si bien la luz es el modulador circadiano más conspicuo, se ha comprobado que el ejercicio también incide en la fase circadiana (Coirolo et al., 2022; Youngstedt et al., 2019), y posee las características necesarias para ser considerado un modulador circadiano (Lewis et al., 2018) que incide en el desempeño cognitivo (Yalçın et al., 2022). Múltiples estudios respaldan los beneficios del ejercicio en los aspectos cognitivos evaluados a través de la *PVT* y la Tarea Stroop . Los efectos en el aumento de la velocidad de reacción luego de sesiones puntuales de ejercicio han sido observados en numerosas oportunidades (Hogervorst et al., 1996; Hsieh et al., 2018; Wang et al., 2019), sin embargo el efecto del ejercicio crónico en los procesos atencionales de adultos jóvenes con buena salud ha sido menos explorado (Fernandes M. de Sousa et al., 2019; González-Fernández et al., 2021). Resulta tentador especular que el efecto benéfico del ejercicio regular haya compensado la desventaja esperada para los cronotipos tardíos. Aunque la ausencia de una población control sedentaria no permite determinar la magnitud del efecto, se observaron diferencias en la influencia del ejercicio sobre componentes atencionales específicos al analizar individualmente los patrones de intensidad de la actividad física durante las horas de clase.

Existe consenso en que el ejercicio de intensidad moderada es el que produce efectos más relevantes en la cognición (McMorris, 2021; Wang et al., 2019). Aunque no fue posible registrar la actividad física por actimetría en simultáneo con las pruebas cognitivas, la estructura fija del programa por asignaturas de la ENFA-SODRE permitió combinar los datos atencionales con datos actimétricos previamente recabados. El análisis primario de los patrones de intensidad de movimiento durante el horario de clase detectó diferencias interindividuales que se reflejaron al agrupar a los participantes según la actividad física media. Esta diferencia posiblemente se corresponda con la opción formativa de los estudiantes (danza folclórica o contemporánea, información que no se pudo obtener por la anonimización de los datos). En el subgrupo con actividad física moderada se encontró una correlación fuerte, positiva y significativa entre la velocidad de reacción después del turno y el tiempo en *MPA* durante el horario de clase para la *ST CC*, y una correlación negativa y significativa con el tiempo en *LPA*, pero no se observaron asociaciones significativas entre el tiempo en *MPA* o *LPA* y el control inhibitorio (*ST CI*). Estos hallazgos van en línea con las diferencias previamente reportadas en el efecto de la actividad física según el tipo de proceso cognitivo evaluado y las características del ejercicio (Wang et al., 2019, Y.-K. Chang & Etnier, 2009).

Desempeño motor

Los resultados del presente estudio mostraron que efectivamente el desempeño motor evaluado a través de la fuerza muscular y de la frecuencia cardíaca de recuperación fue mejor al mediodía que en la mañana temprano, con un tamaño de efecto medio para ambas variables. Esta diferencia se alinea con la variación circadiana del sistema cardiovascular y de la actividad muscular. Los ritmos circadianos del desempeño físico han sido ampliamente estudiados en atletas (Chtourou et al., 2012; Drust et al., 2005; Thun et al., 2015; Vitale et al., 2019), pero no en profesionales de la danza. La evidencia sugiere una correlación entre la ritmicidad de los procesos fisiológicos y comportamentales con los momentos de máximo rendimiento deportivo (Ayala et al., 2021; E. R. Facer-Childs et al., 2018). Se espera que el rendimiento atlético óptimo coincida con el pico de la temperatura corporal, que ocurre entre las 16:00 y las 18:00 (Kline et al., 2007), y que la fuerza muscular alcance su punto máximo hacia el final de la tarde (Facer-Childs et al., 2018). La frecuencia cardíaca comienza a aumentar alrededor de la hora de despertar y alcanza una acrofase matutina entre las 10:00 y las 12:00 h (Monfredi & Lakatta, 2019). Se ha demostrado que los atletas y las personas entrenadas tienen valores de frecuencia cardíaca más bajos, tanto en reposo como después del ejercicio (Vitale et al., 2019), y valores de frecuencia cardíaca de recuperación más altos que personas sedentarias (Peçanha et al., 2013).

Se ha sugerido que el desfase de 2 h en la fase circadiana de los cronotipos tardíos respecto a los tempranos se vincula con una diferencia en la longitud del período circadiano. Los cronotipos tardíos muestran períodos endógenos más largos que los tempranos por lo que sitúan el final del sueño en una hora local más tardía pero en un momento más temprano de su ciclo circadiano, con un intervalo menor entre el momento en que la temperatura corporal es mínima y el despertar (Taillard, 2021). Se espera que estos aspectos tengan incidencia en la respuesta del sistema circadiano a un modulador externo como la luz o el ejercicio. Modelos teóricos plantean que la relación entre la fuerza del modulador y las características intrínsecas de los relojes endógenos determinan rangos de ajuste diferenciados (Olmo et al., 2022). El momento de peor desempeño en la *CVM* para los cronotipos tardíos es la mañana, mientras que para los cronotipos tempranos es la noche (Facer-Childs et al., 2018, 2021). De acuerdo con esto, se esperaba que el cambio en el desempeño de los cronotipos tardíos fuera mayor que el de los cronotipos tempranos. Contrario a lo esperado, no se observó una correlación significativa entre la variación de la *CVM* y el *MSFsc* en la mañana, pero sí se observó una correlación significativa positiva al evaluar por separado el desempeño al final del turno. Como se postuló para el desempeño atencional, es posible que los efectos del entrenamiento regular redundaran en un mejor rendimiento de los cronotipos tardíos más temprano de lo esperado. Otra posible

explicación es que al final del turno hayan comenzado a incidir los efectos del esfuerzo físico intenso realizado durante las 4 h previas. Es probable que los cronotipos más tempranos sean más activos y gasten más energía durante la mañana. En futuras investigaciones sería recomendable agregar indicadores de estrés muscular y otras variables fisiológicas con ritmicidad circadiana, así como el análisis de índices de fatiga, somnolencia y autopercepción del rendimiento.

Aunque la variación en la frecuencia cardíaca de recuperación entre el inicio y el final del turno no correlacionó con el cronotipo, se halló una correlación positiva significativa entre la HRR_{120} y el MSF_{sc} luego del turno, pero no antes. Al analizar la variación por cronotipo categorizado por terciles, pese a tratarse de una muestra muy pequeña ($N=5$) se observó una diferencia significativa en el desempeño de los cronotipos tardíos, pero no en los matutinos, al ser evaluados antes y después del turno. El ejercicio regular y el estado físico de las personas también influyen en los parámetros evaluados (Peçanha et al., 2013). La muestra estuvo compuesta por estudiantes tanto de danza folklórica como de danza contemporánea con un rango de edad entre 18 y 29 años y con estados físicos diversos, sin embargo no se hallaron correlaciones entre los valores de frecuencia cardíaca y el índice de masa corporal (datos no presentados). Respecto a la historia previa en relación al ejercicio, si bien todos los participantes asistían en 2021 al turno matutino, se encontraban en distintos momentos de la carrera, lo que supone una exposición diferenciada al estímulo del ejercicio regular. Por otra parte, para que los experimentos pudieran ser realizados en un margen horario acotado sin interferir con el transcurso del turno, se realizaron a lo largo de 3 días. Aunque el diseño fue contrabalanceado, el tipo de clase que tuvieron cada día agrega variabilidad a los resultados.

Estrategias de adaptación a los desafíos horarios

El desempeño motor es mejor en la tarde, aunque con diferencias según el cronotipo: en las primeras horas para los cronotipos tempranos, hacia el final para los tardíos (Ayala et al., 2021). Si bien la disrupción circadiana provocada por el cambio de turno puede suponer desventajas para los cronotipos tardíos, los resultados permiten especular sobre el efecto del ejercicio como facilitador del desempeño y su incidencia beneficiosa en las personas que se ven obligadas a realizar tareas durante un horario que no les favorece. Se ha reportado un avance en la fase circadiana de una población de jóvenes con cronotipo tardío a través de una intervención no farmacológica con luz, ejercicio y cambios en la alimentación; el cambio de fase se reflejó en un adelanto del momento máximo de la fuerza prensil (evaluada a través de CVM) y el mejor tiempo de reacción (evaluado a través

de PVT). Además se constataron mejoras significativas en las variables de desempeño en horarios matutinos y una disminución de la variabilidad diurna característica de los cronotipos tardíos (Facer-Childs, Middleton, et al., 2019). Es tentador especular que el ejercicio regular matutino, y específicamente la danza, haya colaborado para generar un avance en la fase circadiana que permitiera a los cronotipos tardíos superar la desventaja esperada.

¿Son los cronotipos tardíos más flexibles?

Nuestra sociedad históricamente ha privilegiado el trabajo y el estudio en las primeras horas de la mañana. Mientras que los cronotipos tempranos atraviesan la vida formativa y laboral en horarios que les resultan confortables, los cronotipos tardíos se ven obligados a realizar actividades en horarios no favorables. Para lidiar con el constante desajuste entre sus relojes endógenos y la presión social, se ha mostrado que los cronotipos tardíos son capaces de realizar cambios rápidos en su fase circadiana entre los días de trabajo y los de descanso (Zerbini et al., 2021). En un estudio reciente con trabajadores en régimen de trabajo rotativo se constató que los cronotipos tardíos mostraban mejores estrategias compensatorias del déficit de sueño que los tempranos para sobrellevar los turnos más desafiantes (Cosentino, 2021). Los resultados aquí presentados sugieren que el efecto sincronizador de la asistencia regular a clases en un mismo horario de lunes a viernes y la exposición al estímulo modulador del ejercicio inciden en la adaptación de los cronotipos tardíos a un horario no favorable, de modo tal que equiparan e incluso mejoran el desempeño respecto a los cronotipos tempranos.

Desafíos y limitaciones del estudio transversal

Este estudio presenta varias limitaciones, la mayoría de las cuales se relaciona con la naturaleza ecológica del modelo y con aspectos circunstanciales que escapan a la voluntad del equipo de investigación. El diseño experimental fue determinado por el acceso a la población durante una ventana temporal acotada, necesaria para poder evaluar el desempeño antes y después del turno sin interferir en sus actividades académicas, y un margen también acotado de tiempo entre el regreso a clases presenciales luego de la pandemia y el nutrido calendario de la escuela. Debido a demoras en la pronunciación de la comisión de ética y a la acotada ventana disponible para realizar los estudios por las actividades de la escuela, si bien estaba planificado, no fue posible la aplicación del registro actimétrico en simultáneo a la toma de datos de desempeño. El tamaño de la muestra no permitió la utilización de modelos estadísticos que incluyeran la interacción de más de dos

variables. El registro de la frecuencia cardíaca se realizó en tres puntos y no en forma continua por limitaciones de tiempo y equipamiento.

Teniendo en cuenta las limitaciones del modelo y el tamaño de la muestra, el hallazgo de diferencias significativas en un margen de tiempo tan acotado da pautas de la importancia de continuar estudiando la interacción entre cronotipo, ejercicio y cognición. En este estudio se aplicó por primera vez en una población de bailarinxs un diseño experimental que combinó la caracterización cronobiológica con un abordaje cognitivo - motor en el marco de un modelo ecológico. La toma de datos fue realizada en el propio espacio de trabajo sin interferir en las actividades formativas. En general las investigaciones que abordan la danza y los beneficios cognitivos del ejercicio se realizan en poblaciones de adultos mayores (Rehfeld et al., 2018). Este modelo permitió el acceso a una población de jóvenes con un entrenamiento regular sostenido en una ventana temporal específica, en un horario en el que los cronotipos tardíos se ven desfavorecidos. Si bien los resultados no son extrapolables a la población de jóvenes en general, arrojan datos significativos que permiten intuir conexiones entre factores que podrán ser abordados en diseños experimentales controlados. Futuras investigaciones en este campo deberían incorporar información específica sobre el tipo de ejercicio realizado, su duración y ubicación temporal, además de contar con muestras de mayor tamaño y asegurar la representatividad de cronotipos más extremos. Sería deseable la inclusión de un análisis de cortisol antes y después del ejercicio en distintos momentos del día y agregar una población control que no realice ejercicio. Pese a las limitaciones mencionadas, se trata de un abordaje novedoso que permite ahondar en líneas de investigación con el potencial de generar conocimientos importantes para la salud y el bienestar de la población en general.

7. Discusión general

En esta tesis se aprovechó una oportunidad única para analizar el impacto del turno de entrenamiento matutino en los ritmos biológicos de una población de estudiantes de danza. La organización por turnos de las ENFA-SODRE permitió implementar un estudio que siguió dos líneas temporales: una longitudinal que evaluó los efectos del cambio del turno en los parámetros circadianos y una transversal que evaluó desempeño cognitivo y motor antes y después del turno matutino. De la complementación de ambos capítulos surgen los siguientes dos puntos de discusión general.

1. El turno matutino es el verdadero desafío

Las estructuras educativas hallaron en la organización por turnos una solución posible para resolver el compromiso entre una población estudiantil que crece en número y unas instalaciones edilicias que evidencian la falta de recursos crónica. Esta subdivisión del tiempo lleva a la instauración de horarios de clase extremos sin tener en cuenta la diversidad cronobiológica de la población estudiantil (Estevan et al., 2018). Así como los turnos nocturnos no favorecen a los cronotipos más tempranos, los turnos matutinos no favorecen a los más tardíos. Sin embargo, estos últimos deben lidiar con dictámenes culturales que van en contra de sus ritmos endógenos que les obliga a adaptarse a condiciones que son nocivas para su salud. Si bien se ha sugerido que las personas tardías se muestran más flexibles y logran ser funcionales al sistema, su rendimiento no es el mismo que cuando realizan actividades en sus horarios óptimos (Estevan et al., 2018). El presente estudio corrobora el desafío que conlleva la asistencia a clase en horarios tempranos. El grupo estudiado pertenece a la población de jóvenes previamente caracterizada como tardía (Tassino et al., 2016). Los resultados de las evaluaciones cognitivas y motoras mostraron que al inicio del turno el desempeño fue significativamente peor que al final. Con el cambio de turno de nocturno a matutino el cronotipo mostró un avance de 2 h y aumentó la disrupción social. El cambio en el cronotipo correlacionó con el cambio en la disrupción social y evidenció dos estrategias para subsanar al menos parcialmente la desventaja: compensar el sueño durante los fines de semana o adelantar el cronotipo. Esta segunda estrategia pudo haber sido facilitada por la realización de ejercicio moderado durante la mañana. La intensidad moderada del ejercicio también se asoció a una mejora en un componente del desempeño atencional. Estas observaciones sugieren que la asistencia al turno matutino no es aconsejable para quienes presentan cronotipos tardíos, pero si no tienen opción, recurrir a la práctica de ejercicio moderado puede facilitar la adaptación a horarios desfavorables.

2. El efecto del ejercicio matinal

El adelanto del cronotipo que muestra el estudio longitudinal asociado al cambio de turno podría estar influenciado por el efecto sincronizador del ejercicio matinal programado. Este hallazgo se suma a las investigaciones que mostraron la incidencia del ejercicio como modulador de la fase circadiana (Coirolo et al., 2022) y el sueño (Estevan et al., en revisión) en este mismo modelo. El estudio transversal mostró el efecto beneficioso del ejercicio moderado matinal sobre aspectos atencionales y motores. El conjunto de estos resultados abona la hipótesis sobre los efectos benéficos del ejercicio sobre la salud circadiana y cognitiva. Nuevos experimentos en condiciones más controladas serán necesarios para corroborar el vínculo sugerido entre cognición, sueño y ejercicio, y para determinar la intensidad, duración y características requeridas para lograr ajustes beneficiosos.

Reflexiones finales

La danza es mucho más que el desarrollo de una actividad física exigente. Presenta características que la posicionan como un objeto de estudio con gran potencial para abordar temas que enlazan las ciencias cognitivas y la cronobiología. La repetición de patrones de movimiento está presente en muchas especies. Desde las aves del paraíso a las arañas pavo real, las “danzas” de cortejo son bellas coreografías que nos recuerdan las raíces de nuestra existencia. La hipótesis de la danza como actividad asociada al apareamiento se remonta a Charles Darwin. En años recientes otras teorías le adjudican otros roles, como la cohesión social asociada a la imitación, la comunicación y la identificación intragrupal (Laland et al., 2016). La Hipótesis de la Sincronicidad de la Danza postula que este comportamiento habría evolucionado como un proceso espontáneo para impulsar una actividad eléctrica coherente entre las regiones del cerebro. (Basso et al., 2021). Las autoras hacen notar la persistencia de patrones de movimiento similares en todas las culturas y señalan cómo la sincronía rítmica juega un rol importante en el desarrollo humano. Al sintonizar el cuerpo con ritmos como la música o la respiración, se produciría una sincronización entre regiones del cerebro con efectos neuroconductuales en otras regiones asociadas a lo sensorial, cognitivo-motor, lo social, lo emocional y lo creativo. Esta sincronicidad operaría tanto a nivel intra como inter-cerebral.

Con base en evidencia neurobiológica y comportamental, se ha sugerido que la danza podría constituir un sistema externo de autorregulación neuroendócrino (Christensen et al., 2017). De esta forma, así como los lagartos regulan su temperatura exponiendo su cuerpo al sol, podemos dirigir nuestro comportamiento para activar la liberación de neurotransmisores y hormonas con efectos beneficiosos. En esta línea, un campo de estudio incipiente versa sobre las exerquinas, nombre adjudicado a los péptidos,

metabolitos y ácidos nucleicos liberados durante y luego del ejercicio físico asociados a su efecto facilitador sobre la cognición (Vints et al., 2022).

Si bien esta línea de conjeturas excede los alcances de esta tesis, parece importante señalar las especificidades de la danza que la distinguen de otros tipos de ejercicio. La sincronía temporal en todas las escalas parece ser un factor intrínseco que puede ser aprovechado para diseñar intervenciones que mejoren la calidad de vida de todas las personas. Varias investigaciones han mostrado que la danza promueve beneficios sustantivos en adultos mayores, con efectos como el aumento de volumen en varias regiones cerebrales (Rehfeld et al., 2018) y mejoras en el desempeño cognitivo (Kattenstroth et al., 2013). El vínculo entre estos efectos y el rol modulador de la danza a nivel circadiano es una línea muy atractiva para explorar. Se ha postulado que la actividad física mejora la cognición al mejorar el sueño y por tanto el sueño sería el mediador de los efectos del ejercicio sobre la cognición (Sewell et al., 2021). Sin embargo, aún no se ha podido determinar si el sueño y la actividad física están asociados con la función cognitiva de forma independiente o conjunta, ni se han determinado relaciones causales entre la actividad física, el sueño y la cognición. Probablemente se trate de una compleja modulación sinérgica. La aplicación de modelos dinámicos que ayuden a comprender estas interacciones puede ser un camino interesante a desarrollar en el futuro.

8. Contribuciones y perspectivas

Contribuciones

- Presentación de póster en la *SÃO PAULO SCHOOL OF ADVANCED SCIENCE ON ECOLOGY OF HUMAN SLEEP AND BIOLOGICAL RHYTHMS November 17th - November 26th, 2022. School of Public Health USP, São Paulo - SP, 01246-904, Brazil.*

DANCE AS A POTENTIAL ENHANCER FOR COGNITIVE AND MOTOR PERFORMANCE FROM A CHRONOBIOLOGICAL APPROACH

Mariana Marchesano^{1,2}, Alejandra Carboni³, Bettina Tassino^{1,2}, Ana Silva^{1,2}

1 Grupo de Investigación en Cronobiología, CSIC, Universidad de la República

2 Facultad de Ciencias, Universidad de la República

3 Facultad de Psicología, Universidad de la República

Cognitive and motor performance are affected by both circadian and homeostatic drives. Chronotype has been shown to influence diurnal performance, with late types being compromised early in the day. While light is the most conspicuous circadian modulator, exercise has been shown to affect sleep-wake patterns and also to improve cognition. During morning classes, students of the Uruguayan national dance school END-SODRE, with predominantly late chronotypes, are trained from 08:30 to 12:30 in a suboptimal time. The chronotype/circadian preference of 23 healthy dancers (23.2 ± 3.4 y/o) was assessed by the Munich ChronoType Questionnaire (MCTQ) and the Morning-Eveningness Questionnaire (MEQ), respectively. Measures of cognitive and motor performance were taken at the beginning and at the end of the dance training shift. We used reaction speed in Psychomotor Vigilance Test (PVT) and Stroop Task (ST, congruent and incongruent conditions, CC, IC) to assess attentional levels. Maximum voluntary contraction test for isometric grip strength (MVC) and Heart Rate Recovery (HRR120) were used as proxies of motor performance. We found significant differences between the beginning and the end of the morning shift for all the measures. Performance was better after the shift (PVT 3.76 ± 0.33 , 3.88 ± 0.36 , $p=0.019$; ST CC 1.68 ± 0.23 , 1.77 ± 0.21 , $p=0.036$, IC 1.5 ± 0.20 , 1.61 ± 0.22 , $p=0.025$; MVC -0.824 ± 0.188 , -0.722 ± 0.175 , $p=0.0005$; HRR120 50.62 ± 11.17 , 58.24 ± 13.44 , $p=0.046$). No correlations were found between performance and chronotype or circadian preference at 08:30. A significant relationship between motor performance and chronotype was found after the shift (MVC $R^2=0.287$, $p=0.048$; HRR120 $R^2=0.26$, $p=0.05$). The longer the time spent in moderate exercise the better the cognitive performance. Significant variations in performance were found in a short temporal window. Surprisingly, no association between cognitive measures and chronotype were found at the beginning of the morning shift. We speculate that the active and regular morning exercise profile impacted on attentional and motor performance, diminishing the expected handicap for late chronotypes.

- Presentación de póster durante el *III Congreso Nacional de Biociencias. 19 al 21 de Octubre 2022, Radisson Victoria Plaza, Montevideo, Uruguay.*

IMPACTO DEL CAMBIO DE TURNO DE ENTRENAMIENTO EN LOS RITMOS BIOLÓGICOS DE ESTUDIANTES DE DANZA

Marchesano, Mariana ¹; Coirolo, Natalia¹; Tassino, Bettina ^{1,2}; Silva, Ana ^{1,3};

¹ Grupo Cronobiología, Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República

² Sección Etología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

³ Laboratorio de Neurociencias, Facultad de Ciencias Universidad de la República

Las Escuelas de Danza del SODRE constituyen una situación experimental extraordinaria para investigar la interacción entre las presiones sociales, los patrones de sueño, los ritmos circadianos y el ejercicio. Los cuestionarios de autorreporte son instrumentos robustos y fiables para la caracterización cronobiológica. El Morning-Eveningness Questionnaire (MEQ) consigna las preferencias circadianas individuales en un puntaje. El Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ) estima el cronotipo como el punto medio de sueño en los días libres y permite evaluar la disrupción circadiana (jetlag social). Este estudio longitudinal analizó los cambios cronobiológicos de una muestra de estudiantes de danza (n=17) que pasó de asistir al turno nocturno en 2019 (20:00 a 00:00) al turno matutino en 2021 (08:30 a 12:30). Aunque la preferencia circadiana no varió, al cambiar de turno el cronotipo se volvió más temprano (07:19 ± 02:16 2019, 05:24 ± 00:40 2021, p=0.021) y aumentó el jetlag social (1,71 ± 1,05 h 2019, 2,45 ± 0,79 h 2021, p=0.031). Asistir a clase en la mañana también modificó el patrón de sueño al aumentar la duración en los días libres respecto a los días de clase (libres: 8,95 ± 1,53 h, de clase: 7,33 ± 0,88 h, p=0.002). El cambio en los patrones de sueño y actividad abona la discusión sobre la plasticidad del cronotipo y evidencia el impacto de las presiones sociales y el ejercicio sobre los ritmos circadianos.

Palabras clave: cronotipo, preferencia circadiana, cambio de turno, danza

- Se proyectan las siguientes publicaciones en revistas arbitradas:

Dance training in the morning improves performance and circadian disruption. Marchesano, Mariana ; Carboni, Alejandra ; Tassino, Bettina; Silva, Ana. Para someter a *Current Biology*.

Impact of dance training shift on circadian rhythms. Marchesano, Mariana; Coirolo, Natalia; Tassino, Bettina ; Silva, Ana. Para someter a *Journal of Biological Research*.

- Realización de *Casi un día*, acción coreográfica a partir del proceso de investigación del grupo de Cronobiología (CSIC,UdelaR) coordinado desde la Facultad de Ciencias, sobre los ritmos biológicos en bailarines de las Escuelas de Formación Artística del

SODRE. Esta pieza parte de los datos biológicos de las tesis de Maestría en Ciencias Cognitivas de Natalia Coriolo y de Mariana Marchesano, proyectos que exploran los efectos del turno de entrenamiento sobre los relojes biológicos, el sueño y el desempeño cognitivo en bailarines. El proceso se inició con la traducción a movimiento de datos de actimetría, técnica que registra los ritmos de actividad/reposo a lo largo del día y de conceptos cronobiológicos como sincronía, disrupción, cronotipo y fase circadiana. Con esta obra se completa un círculo inspiracional entre arte y ciencia, que desde la interacción genuina, se convierte en una nueva forma de comunicación.

Orientadoras: Ana Silva y Bettina Tassino. Coreógrafas - biólogas: Natalia Coirolo y Mariana Marchesano. Danza: Paula Thut, Maite Scala (bailarinas participantes del proyecto), Natalia Coirolo, Mariana Marchesano. Colaborador en creación sonora: Nicolás Parrillo. Realización audiovisual: Victoria Pitoka Pena y Rocío Llambí. <https://www.youtube.com/watch?v=URn00IU6jCI>

- *Disruptivo sincrónico*. Proyecto que obtuvo apoyo del Instituto Nacional de Artes Escénicas para realizar un videodanza inspirado en temas de cronobiología. Equipo de trabajo: Natalia Coirolo y Mariana Marchesano (proyecto y danza), Nicolás Parrillo (música), Victoria Pitoka Pena y Rocío Llambí (realización audiovisual).

Perspectivas

Esta tesis implicó muchos desafíos. El proceso inició en 2021, en plena pandemia COVID-19. La realización del estudio longitudinal aprovechó una oportunidad única pero que fue dada en una ventana temporal muy acotada. Si bien se contaba con el antecedente de 2019, el diseño experimental fue distinto e implicó conjugar muchos factores novedosos en muy poco tiempo. El estudio con humanos, así como la complejidad de los temas abordados y en particular, la conjunción de saberes que requirió el abordaje de esta tesis hicieron que quedaran por fuera datos relevantes que integrarán futuros estudios.

Algunas líneas de investigación que se desprenden de esta tesis:

1. Analizar los datos actimétricos generados en 2019 y 2021 con herramientas de software libre. Se cuenta con los datos de 36 personas evaluadas en 2021 y de 32

personas en 2019, que permitirán investigar la relación entre la intensidad y temporalidad de la actividad física y los distintos parámetros circadianos.

2. Replicar el diseño experimental sobre el desempeño motor y cognitivo en poblaciones de personas que se ejercitan regularmente y personas sedentarias a modo de control, con una caracterización del ejercicio en cuanto a intensidad, duración, periodicidad y tipo de práctica con el fin de analizar qué aspectos se asocian más fuertemente al efecto beneficioso.
3. Diseñar estudios experimentales que permitan investigar “estilos atencionales” y estrategias cronobiológicas en deportistas y profesionales de la danza y profundizar en el análisis de las especificidades cognitivas en distintos momentos del día en relación al cronotipo y los parámetros del sueño.
4. Analizar el efecto de la danza en el desempeño atencional y la fase circadiana en personas de distintas franjas etáreas con intervenciones de distinta duración (evento puntual - práctica regular) y condiciones (en grupo - individual).
5. Realizar experimentos en condiciones controladas que permitan distinguir el efecto de los distintos factores que inciden en el rol de la danza como modulador circadiano, en particular la incidencia de la luz y la alimentación. Para poder establecer la fuerza del ejercicio como temporizador sería importante realizar ejercicio en condiciones de luz tenue y brillante, a distintas horas y con distintas intensidades. Otro aspecto crucial es contar con un número mayor de participantes con representación de cronotipos extremos.
6. Construir modelos matemáticos para abordar la complejidad del ritmo circadiano como sistema dinámico.

9. Referencias bibliográficas

- Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Di Milia, L., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian Typology: A Comprehensive Review. *Chronobiology International*, 29(9), Art. 9. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.719971>
- Albrecht, U. (Ed.). (2010). *The Circadian Clock*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1262-6>
- Arendt, J. (2010). Shift work: Coping with the biological clock. *Occupational Medicine*, 60(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqp162>
- Arzuaga, V. (Ed.). (2022). Danzas comunes en el Uruguay. Yaugurú : Periférico.
- Aschoff, J. (1960). Exogenous and Endogenous Components in Circadian Rhythms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25(0), Art. 0. <https://doi.org/10.1101/SQB.1960.025.01.004>
- Ayala, V., Martínez-Bebia, M., Latorre, J. A., Gimenez-Blasi, N., Jimenez-Casquet, M. J., Conde-Pipo, J., Bach-Faig, A., & Mariscal-Arcas, M. (2021). Influence of circadian rhythms on sports performance. *Chronobiology International*, 38(11), 1522-1536. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1933003>
- Baehr, E. K., Eastman, C. I., Revelle, W., Olson, S. H. L., Wolfe, L. F., & Zee, P. C. (2003). Circadian phase-shifting effects of nocturnal exercise in older compared with young adults. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 284(6), Art. 6. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00761.2002>
- Barger, L. K., Wright, K. P., Hughes, R. J., & Czeisler, C. A. (2004). Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 286(6), Art. 6. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00397.2003>
- Basner, M., Mollicone, D., & Dinges, D. F. (2011). Validity and sensitivity of a brief psychomotor vigilance test (PVT-B) to total and partial sleep deprivation. *Acta Astronautica*, 69(11-12), 949-959. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2011.07.015>
- Basso, J. C., Satyal, M. K., & Rugh, R. (2021). Dance on the Brain: Enhancing Intra- and Inter-Brain Synchrony. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 584312. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.584312>
- Beise, D., & Peaseley, V. (1937). The Relation of Reaction Time, Speed, and Agility of Big Muscle Groups to Certain Sport Skills. *Research Quarterly. American Physical Education Association*, 8(1), 133-142. <https://doi.org/10.1080/23267402.1937.10761808>
- Blatter, K., & Cajochen, C. (2007). Circadian rhythms in cognitive performance: Methodological constraints, protocols, theoretical underpinnings. *Physiology & Behavior*, 90(2-3), Art. 2-3. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.09.009>
- Blume, C., Santhi, N., & Schabus, M. (2016). 'nparACT' package for R: A free software tool for the non-parametric analysis of actigraphy data. *MethodsX*, 3, 430-435. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2016.05.006>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Burke, T. M., Scheer, F. A. J. L., Ronda, J. M., Czeisler, C. A., & Wright, K. P. (2015). Sleep inertia, sleep homeostatic and circadian influences on higher-order cognitive functions. *Journal of Sleep Research*, 24(4), Art. 4. <https://doi.org/10.1111/jsr.12291>
- Burpee, R. H., & Stroll, W. (1936). Measuring Reaction Time of Athletes. *Research Quarterly. American Physical Education Association*, 7(1), 110-118. <https://doi.org/10.1080/23267402.1936.10761762>
- Buxton, O. M., Lee, C. W., L'Hermite-Balériaux, M., Turek, F. W., & Van Cauter, E. (2003). Exercise elicits phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 284(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00355.2002>
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1484-1525. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Chang, Y.-K., Alderman, B. L., Chu, C.-H., Wang, C.-C., Song, T.-F., & Chen, F.-T. (2017). Acute exercise has a general facilitative effect on cognitive function: A combined ERP temporal dynamics and BDNF study: Acute exercise, BDNF, ERPs, and cognition. *Psychophysiology*, 54(2), 289-300. <https://doi.org/10.1111/psyp.12784>

- Chang, Y.-K., & Etnier, J. L. (2009). Effects of an acute bout of localized resistance exercise on cognitive performance in middle-aged adults: A randomized controlled trial study. *Psychology of Sport and Exercise, 10*(1), 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2008.05.004>
- Christensen, J. F., Cela-Conde, C. J., & Gomila, A. (2017). Not all about sex: Neural and biobehavioral functions of human dance: Neural and biobehavioral functions of human dance. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1400*(1), 8-32. <https://doi.org/10.1111/nyas.13420>
- Chtourou, H., Chaouachi, A., Driss, T., Dogui, M., Behm, D. G., Chamari, K., & Souissi, N. (2012). The Effect of Training at the Same Time of Day and Tapering Period on the Diurnal Variation of Short Exercise Performances. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182281c87>
- Coirolo, N., Casaravilla, C., Tassinio, B., & Silva, A. (2022). Evaluation of environmental, social, and behavioral modulations of the circadian phase of dancers trained in shifts. *IScience, 25*(7), 104676. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104676>
- Coirolo, N., Silva, A., & Tassinio, B. (2020). The impact of training shifts in dancers' chronotype and sleep patterns. *Sleep Science*. <https://doi.org/10.5935/1984-0063.20200010>
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scaif, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L., & Kramer, A. F. (2006). Aerobic Exercise Training Increases Brain Volume in Aging Humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 61*(11), 1166-1170. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.11.1166>
- Cosentino Otero, M. (2021). Sueño, cronotipo y trabajo en turnos rotativos [Tesina de Grado]. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias .
- Dinges, D. F., Orne, M. T., Whitehouse, W. G., & Orne, E. C. (1987). Temporal placement of a nap for alertness: Contributions of circadian phase and prior wakefulness. *Sleep, 10*(4), 313--329.
- Dinges, D. F., & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 17*(6), Art. 6. <https://doi.org/10.3758/BF03200977>
- Druiven, S. J. M., Riese, H., Kamphuis, J., Haarman, B. C. M., Antypa, N., Penninx, B. W. J. H., Schoevers, R. A., & Meesters, Y. (2021). Chronotype changes with age; seven-year follow-up from the Netherlands study of depression and anxiety cohort. *Journal of Affective Disorders, 295*, 1118-1121. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.08.095>
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly, T. (2005). Circadian Rhythms in Sports Performance—An Update. *Chronobiology International, 22*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1081/CBI-200041039>
- Dunster, G. P., de la Iglesia, L., Ben-Hamo, M., Nave, C., Fleischer, J. G., Panda, S., & de la Iglesia, H. O. (2018). Sleepmore in Seattle: Later school start times are associated with more sleep and better performance in high school students. *Science Advances, 4*(12), eaau6200. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau6200>
- Duzel, E., van Praag, H., & Sendtner, M. (2016). Can physical exercise in old age improve memory and hippocampal function? *Brain, 139*(3), 662-673. <https://doi.org/10.1093/brain/awv407>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(7), 3017-3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Estevan Debat, I. (2022). *Características y predictores del sueño en jóvenes y su relación con el desempeño cognitivo*. [Tesis de doctorado., Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias - PEDECIBA.]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31601>
- Estevan, I., Coirolo, N., Tassinio, B., & Silva, A. (En revisión). The influence of light and physical activity on the timing and 2 duration of sleep: Insights from a natural model of dance 3 training in shifts. *Clocks&Sleep*.
- Estevan, I., Sardi, R., Tejera, A. C., Silva, A., & Tassinio, B. (2021). Should I study or should I go (to sleep)? The influence of test schedule on the sleep behavior of undergraduates and its association with performance. *PLOS ONE, 16*(3), e0247104. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247104>
- Estevan, I., Silva, A., & Tassinio, B. (2018). School start times matter, eveningness does not. *Chronobiology International, 35*(12), Art. 12. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1504785>
- Facer-Childs, E., & Brandstaetter, R. (2015). The Impact of Circadian Phenotype and Time since Awakening on Diurnal Performance in Athletes. *Current Biology, 25*(4), Art. 4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.12.036>
- Facer-Childs, E. R., Boiling, S., & Balanos, G. M. (2018). The effects of time of day and chronotype on cognitive and physical performance in healthy volunteers. *Sports Medicine - Open, 4*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0162-z>

- Facer-Childs, E. R., Campos, B. M., Middleton, B., Skene, D. J., & Bagshaw, A. P. (2019). Circadian phenotype impacts the brain's resting-state functional connectivity, attentional performance, and sleepiness. *Sleep*, 42(5), zsz033. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz033>
- Facer-Childs, E. R., de Campos, B. M., Middleton, B., Skene, D. J., & Bagshaw, A. P. (2021). Temporal organisation of the brain's intrinsic motor network: The relationship with circadian phenotype and motor performance. *NeuroImage*, 232, 117840. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.117840>
- Fernandes M. de Sousa, A., Medeiros, A. R., Del Rosso, S., Stults-Kolehmainen, M., & Boullosa, D. A. (2019). The influence of exercise and physical fitness status on attention: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 202-234. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2018.1455889>
- Fietze, I., Strauch, J., Holzhausen, M., Glos, M., Theobald, C., Lehnkering, H., & Penzel, T. (2009). SLEEP QUALITY IN PROFESSIONAL BALLET DANCERS. *Chronobiology International*, 26(6), Art. 6. <https://doi.org/10.3109/07420520903221319>
- Fischer, D., Lombardi, D. A., Marucci-Wellman, H., & Roenneberg, T. (2017). Chronotypes in the US – Influence of age and sex. *PLOS ONE*, 12(6), e0178782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178782>
- Friedenberg, J., & Silverman, G. (2006). *Cognitive science: An introduction to the study of mind*. Sage Publications.
- Gabriel, B. M., & Zierath, J. R. (2019). Circadian rhythms and exercise—Re-setting the clock in metabolic disease. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(4), Art. 4. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0150-x>
- Goldin, A. P., Sigman, M., Braier, G., Golombek, D. A., & Leone, M. J. (2020). Interplay of chronotype and school timing predicts school performance. *Nature Human Behaviour*, 4(4), 387-396. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0820-2>
- Golombek, D. A., & Rosenstein, R. E. (2010). Physiology of Circadian Entrainment. *Physiological Reviews*, 90(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1152/physrev.00009.2009>
- González-Fernández, F. T., González-Víllora, S., Baena-Morales, S., Pastor-Vicedo, J. C., Clemente, F. M., Badicu, G., & Murawska-Ciałowicz, E. (2021). Effect of Physical Exercise Program Based on Active Breaks on Physical Fitness and Vigilance Performance. *Biology*, 10(11), 1151. <https://doi.org/10.3390/biology10111151>
- Hani, A. H., Laursen, P. B., Said, A., & Martin, B. (2009). Nocturnal Heart Rate Variability Following Supramaximal Intermittent Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 435-447. <https://doi.org/10.1123/ijspp.4.4.435>
- Herold, F., Müller, P., Gronwald, T., & Müller, N. G. (2019). Dose-Response Matters! – A Perspective on the Exercise Prescription in Exercise-Cognition Research. *Frontiers in Psychology*, 10, 2338. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02338>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., Ware, J. C., & Adams Hillard, P. J. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: Methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A., & Jolles, J. (1996). Cognitive Performance after Strenuous Physical Exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 83(2), 479-488. <https://doi.org/10.2466/pms.1996.83.2.479>
- Holzberg, D., & Albrecht, U. (2003). The Circadian Clock: A Manager of Biochemical Processes Within the Organism: The circadian clock. *Journal of Neuroendocrinology*, 15(4), Art. 4. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.2003.00992.x>
- Horne, J. A., & Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), Art. 2.
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243-2257. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.04.005>
- Hsieh, S.-S., Huang, C.-J., Wu, C.-T., Chang, Y.-K., & Hung, T.-M. (2018). Acute Exercise Facilitates the N450 Inhibition Marker and P3 Attention Marker during Stroop Test in Young and Older Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11), 391. <https://doi.org/10.3390/jcm7110391>
- Isoglu-Alkac, U., Ermutlu, M. N., Eskikurt, G., Yücesir, İ., Demirel Temel, S., & Temel, T. (2018). Dancers and fastball sports athletes have different spatial visual attention styles. *Cognitive Neurodynamics*, 12(2), 201-209. <https://doi.org/10.1007/s11571-017-9469-6>
- Jacobson, J., & Matthaeus, L. (2014). Athletics and executive functioning: How athletic participation and sport type correlate with cognitive performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(5), 521-527. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.05.005>
- James, S. M., Honn, K. A., Gaddameedhi, S., & Van Dongen, H. P. A. (2017). Shift Work: Disrupted Circadian Rhythms and Sleep—Implications for Health and Well-being. *Current Sleep Medicine Reports*, 3(2), Art. 2. <https://doi.org/10.1007/s40675-017-0071-6>

- Kantermann, T., Sung, H., & Burgess, H. J. (2015). Comparing the Morningness-Eveningness Questionnaire and Munich ChronoType Questionnaire to the Dim Light Melatonin Onset. *Journal of Biological Rhythms*, 30(5), 449-453. <https://doi.org/10.1177/0748730415597520>
- Kattenstroth, J.-C., Kalisch, T., Holt, S., Tegenthoff, M., & Dinse, H. R. (2013). Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive performance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00005>
- Khalsa, S. B. S., Jewett, M. E., Cajochen, C., & Czeisler, C. A. (2003). A Phase Response Curve to Single Bright Light Pulses in Human Subjects. *The Journal of Physiology*, 549(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.040477>
- Killgore, W. D. S., Olson, E. A., & Weber, M. (2013). Physical Exercise Habits Correlate with Gray Matter Volume of the Hippocampus in Healthy Adult Humans. *Scientific Reports*, 3(1), 3457. <https://doi.org/10.1038/srep03457>
- Kline, C. E., Hillman, C. H., Bloodgood Sheppard, B., Tennant, B., Conroy, D. E., Macko, R. F., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., Powell, K. E., & Erickson, K. I. (2021). Physical activity and sleep: An updated umbrella review of the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee report. *Sleep Medicine Reviews*, 58, 101489. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2021.101489>
- Laland, K., Wilkins, C., & Clayton, N. (2016). The evolution of dance. *Current Biology*, 26(1), R5-R9. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.11.031>
- Lang, C., Richardson, C., Short, M. A., & Gradisar, M. (2022). Low-intensity scheduled morning exercise for adolescents with a late chronotype: A novel treatment to advance circadian phase? *SLEEP Advances*, 3(1), zpac021. <https://doi.org/10.1093/sleepadvances/zpac021>
- Lenneis, A., Das-Friebel, A., Singmann, H., Teder-Laving, M., Lemola, S., Wolke, D., Tang, N. K. Y., von Mühlengen, A., Allik, J., & Realo, A. (2021). Intraindividual Variability and Temporal Stability of Mid-Sleep on Free and Workdays. *Journal of Biological Rhythms*, 36(2), Art. 2. <https://doi.org/10.1177/0748730420974842>
- Leone, M. J., Fernandez Slezak, D., Golombek, D., & Sigman, M. (2017). Time to decide: Diurnal variations on the speed and quality of human decisions. *Cognition*, 158, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.10.007>
- Levandovski, R., Sasso, E., & Hidalgo, M. P. (2013). Chronotype: A review of the advances, limits and applicability of the main instruments used in the literature to assess human phenotype. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 35(1), 3-11. <https://doi.org/10.1590/S2237-60892013000100002>
- Lewis, P., Korf, H. W., Kuffer, L., GroB, J. V., & Erren, T. C. (2018). Exercise time cues (zeitgebers) for human circadian systems can foster health and improve performance: A systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000443>
- McMorris, T. (2021). The acute exercise-cognition interaction: From the catecholamines hypothesis to an interoception model. *International Journal of Psychophysiology*, 170, 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.10.005>
- McMorris, T. (2016). *Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. Elsevier, Academic Press.
- Miguel, M., Oliveira, V. C. de, Pereira, D., & Pedrazzoli, M. (2014). Detecting chronotype differences associated to latitude: A comparison between Horne--Östberg and Munich Chronotype questionnaires. *Annals of Human Biology*, 41(2), 107-110. <https://doi.org/10.3109/03014460.2013.832795>
- Migueles, J. H., Rowlands, A. V., Huber, F., Sabia, S., & van Hees, V. T. (2019). GGIR: A Research Community-Driven Open Source R Package for Generating Physical Activity and Sleep Outcomes From Multi-Day Raw Accelerometer Data. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, 2(3), 188-196. <https://doi.org/10.1123/jmpb.2018-0063>
- Miyazaki, T., Hashimoto, S., Masubuchi, S., Honma, S., & Honma, K.-I. (2001). Phase-advance shifts of human circadian pacemaker are accelerated by daytime physical exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.281.1.R197>
- Monfredi, O., & Lakatta, E. G. (2019). Complexities in cardiovascular rhythmicity: Perspectives on circadian normality, ageing and disease. *Cardiovascular Research*, 115(11), 1576-1595. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz112>
- Moreno, C. R. C., Wright, K., Skene, D. J., & Louzada, F. M. (2020). Phenotypic plasticity of circadian entrainment under a range of light conditions. *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*, 9, 100055. <https://doi.org/10.1016/j.nbscr.2020.100055>
- Olmo, Marta del, Saskia Grabe, y Hanspeter Herzel. «Mathematical Modeling in Circadian Rhythmicity». En *Circadian Regulation*, editado por Guiomar Solanas y Patrick -Simon Welz, 2482:55-80. *Methods in Molecular Biology*. New York, NY: Springer US, 2022. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2249-0_4

- Pandi-Perumal, S. R., Smits, M., Spence, W., Srinivasan, V., Cardinali, D. P., Lowe, A. D., & Kayumov, L. (2007). Dim light melatonin onset (DLMO): A tool for the analysis of circadian phase in human sleep and chronobiological disorders. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 31(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.06.020>
- Paranjpe, D. A., & Sharma, V. K. (2005). Evolution of temporal order in living organisms. *Journal of Circadian Rhythms*, 3(0), Art. 0. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-3-7>
- Peçanha, T., Prodel, E., Bartels, R., Nasario-Junior, O., Paula, R., Silva, L., Laterza, M., & Lima, J. (2013). 24-h Cardiac Autonomic Profile after Exercise in Sedentary Subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 35(03), 245-252. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349873>
- Phillips, A. J. K., Vidafar, P., Burns, A. C., McGlashan, E. M., Anderson, C., Rajaratnam, S. M. W., Lockley, S. W., & Cain, S. W. (2019). High sensitivity and interindividual variability in the response of the human circadian system to evening light. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(24), 12019-12024. <https://doi.org/10.1073/pnas.1901824116>
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., & Ghassemzadeh, H. (2019). Restoring Attention Networks. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 92(1), Art. 1.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team. (2021). RStudio: Integrated Development Environment for R (1.4.1106). RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>.
- Rehfeld, Kathrin, Angie Lüders, Anita Hökelmann, Volkmar Lessmann, Joern Kaufmann, Tanja Brigadski, Patrick Müller, y Notger G. Müller. «Dance Training Is Superior to Repetitive Physical Exercise in Inducing Brain Plasticity in the Elderly». Editado por Maciej S. Buchowski. PLOS ONE 13, n.º 7 (11 de julio de 2018): e0196636. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196636>.
- Reilly, T., & Waterhouse, J. (2009). Sports performance: Is there evidence that the body clock plays a role? *European Journal of Applied Physiology*, 106(3), 321-332. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1066-x>
- Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., & Leone, M. J. (2022). The Perfect Hurricane in Latin America: School Start Time, Chronotype, Sleep, and Academic Performance During Adolescence. En M. V. Alves, R. Ekuni, M. J. Hermida, & J. Valle-Lisboa (Eds.), *Cognitive Sciences and Education in Non-WEIRD Populations* (pp. 207-226). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06908-6_13
- Roenneberg, T. (2015). Having Trouble Typing? What on Earth Is Chronotype? *Journal of Biological Rhythms*, 30(6), Art. 6. <https://doi.org/10.1177/0748730415603835>
- Roenneberg, Pilz, Zerbini, & Winnebeck. (2019). Chronotype and Social Jetlag: A (Self-) Critical Review. *Biology*, 8(3), Art. 3. <https://doi.org/10.3390/biology8030054>
- Roenneberg, T., Daan, S., & Merrow, M. (2003). The art of entrainment. *Journal of Biological Rhythms*, 18(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1177/0748730403018003001>
- Roenneberg, T., Foster, R. G., & Klerman, E. B. (2022). The circadian system, sleep, and the health/disease balance: A conceptual review. *Journal of Sleep Research*, 31(4). <https://doi.org/10.1111/jsr.13621>
- Roenneberg, T., Keller, L. K., Fischer, D., Matera, J. L., Vetter, C., & Winnebeck, E. C. (2015). Human Activity and Rest In Situ. En *Methods in Enzymology* (Vol. 552, pp. 257-283). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2014.11.028>
- Roenneberg, T., Kuehne, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A., & Merrow, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current Biology*, 14(24), Art. 24. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.11.039>
- Roenneberg, T., & Merrow, M. (2016). The Circadian Clock and Human Health. *Current Biology*, 26(10), R432-R443. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.011>
- RStudio Team (1.4.1106). (2021). [RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC]. <http://www.rstudio.com/>.
- Sewell, K. R., Erickson, K. I., Rainey-Smith, S. R., Peiffer, J. J., Sohrabi, H. R., & Brown, B. M. (2021). Relationships between physical activity, sleep and cognitive function: A narrative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 130, 369-378. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.003>
- Silva, A., Simón, D., Pannunzio, B., Casaravilla, C., Díaz, Á., & Tassinio, B. (2019). Chronotype-Dependent Changes in Sleep Habits Associated with Dim Light Melatonin Onset in the Antarctic Summer. *Clocks & Sleep*, 7(3), Art. 3. <https://doi.org/10.3390/clockssleep1030029>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), Art. 6. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Taillard, J., Sagaspe, P., Philip, P., & Bioulac, S. (2021). Sleep timing, chronotype and social jetlag: Impact on cognitive abilities and psychiatric disorders. *Biochemical Pharmacology*, 191, 114438. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2021.114438>

- Tassinio, B., Horta, S., Santana, N., Levandovski, R., & Silva, A. (2016). Extreme late chronotypes and social jetlag challenged by Antarctic conditions in a population of university students from Uruguay. *Sleep Science*, 9(1), 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.slsci.2016.01.002>
- Thomas, J. M., Kern, P. A., Bush, H. M., McQuerry, K. J., Black, W. S., Clasey, J. L., & Pendergast, J. S. (2020). Circadian rhythm phase shifts caused by timed exercise vary with chronotype. *JCI Insight*, 5(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.134270>
- Thorsen, S. (2022). <https://www.timeanddate.com/sun/uruguay/montevideo?month=8&year=2019>. <https://www.timeanddate.com>
- Thun, E., Bjorvatn, B., Flo, E., Harris, A., & Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Medicine Reviews*, 23, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.11.003>
- Valdez, P. (2019). Circadian Rhythms in Attention. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 92(1), Art. 1.
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(23), 13427-13431. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.23.13427>
- Vecchio, L. M., Meng, Y., Xhima, K., Lipsman, N., Hamani, C., & Aubert, I. (2018). The Neuroprotective Effects of Exercise: Maintaining a Healthy Brain Throughout Aging. *Brain Plasticity*, 4(1), 17-52. <https://doi.org/10.3233/BPL-180069>
- Vetter, C. (2010). *Clocks in action: Exploring the impact of internal time in real life* [Academic dissertation]. Institute for medicinal psychology, Ludwig Maximilians Universität.
- Vetter, C., Fischer, D., Matera, J. L., & Roenneberg, T. (2015). Aligning Work and Circadian Time in Shift Workers Improves Sleep and Reduces Circadian Disruption. *Current Biology*, 25(7), Art. 7. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.01.064>
- Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022). Exerkines and long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.100993>
- Vitale, J. A., Bonato, M., La Torre, A. L., & Banfi, G. (2019). Heart Rate Variability in Sport Performance: Do Time of Day and Chronotype Play A Role? *Journal of Clinical Medicine*, 8(5), Art. 5. <https://doi.org/10.3390/jcm8050723>
- Voultsios, A., Kennaway, D. J., & Dawson, D. (1997). Salivary melatonin as a circadian phase marker: Validation and comparison to plasma melatonin. *Journal of Biological Rhythms*, 12(5), Art. 5. <https://doi.org/10.1177/074873049701200507>
- Wang, C.-C., Alderman, B., Wu, C.-H., Chi, L., Chen, S.-R., Chu, I.-H., & Chang, Y.-K. (2019). Effects of Acute Aerobic and Resistance Exercise on Cognitive Function and Salivary Cortisol Responses. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 41(2), 73-81. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0244>
- Wittmann, M., Dinich, J., Mellow, M., & Roenneberg, T. (2006). Social Jetlag: Misalignment of Biological and Social Time. *Chronobiology International*, 23(1-2), Art. 1-2. <https://doi.org/10.1080/07420520500545979>
- Wright, K. P., McHill, A. W., Birks, B. R., Griffin, B. R., Rusterholz, T., & Chinoy, E. D. (2013). Entrainment of the Human Circadian Clock to the Natural Light-Dark Cycle. *Current Biology*, 23(16), 1554-1558. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.039>
- Yalçın, M., Mundorf, A., Thiel, F., Amatriain-Fernández, S., Kalthoff, I. S., Beucke, J.-C., Budde, H., Garthus-Niegel, S., Peterburs, J., & Relógio, A. (2022). It's About Time: The Circadian Network as Time-Keeper for Cognitive Functioning, Locomotor Activity and Mental Health. *Frontiers in Physiology*, 13, 873237. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.873237>
- Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase-response curves for exercise. *The Journal of Physiology*, 597(8), Art. 8. <https://doi.org/10.1113/IP276943>
- Youngstedt, S. D., Kline, C. E., Elliott, J. A., Zielinski, M. R., Devlin, T. M., & Moore, T. A. (2016). Circadian Phase-Shifting Effects of Bright Light, Exercise, and Bright Light + Exercise. *Journal of Circadian Rhythms*, 14, 2. <https://doi.org/10.5334/jcr.137>
- Zavada, A., Gordijn, M. C. M., Beersma, D. G. M., Daan, S., & Roenneberg, T. (2005). Comparison of the Munich Chronotype Questionnaire with the Horne-Östberg's Morningness-Eveningness score. *Chronobiology International*, 22(2), 267-278. <https://doi.org/10.1081/CBI-200053536>
- Zerbini, G., & Mellow, M. (2017). Time to learn: How chronotype impacts education: Time to learn: How chronotype impacts education. *PsyCh Journal*, 6(4), 263-276. <https://doi.org/10.1002/pchj.178>
- Zerbini, G., Winnebeck, E. C., & Mellow, M. (2021). Weekly, seasonal, and chronotype-dependent variation of dim-light melatonin onset. *Journal of Pineal Research*, 70(3). <https://doi.org/10.1111/jpi.12723>
- Znazen, H., Slimani, M., Hadadi, A., Alzahrani, T., Tod, D., Bragazzi, N. L., & Souissi, N. (2021). Acute Effects of Moderate versus High-Intensity Strength Exercise on Attention and Mood States in Female Physical Education Students. *Life*, 11(9), 931. <https://doi.org/10.3390/life11090931>

Anexos

CUESTIONARIO DE ANTECEDENTES PERSONALES

Código _____ Edad _____ Género () Masculino () Femenino () Otro

Peso _____ Talla _____

1. ¿Usted tiene/tuvo alguno de los problemas abajo listados?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Asma/bronquitis | <input type="checkbox"/> Enfermedad auto-inmune |
| <input type="checkbox"/> Rinitis | <input type="checkbox"/> Enfermedad reumatológica |
| <input type="checkbox"/> Dermatitis atópica | <input type="checkbox"/> Dolores crónicos |
| <input type="checkbox"/> Diabetes | <input type="checkbox"/> Gastritis crónica |
| <input type="checkbox"/> Dislipemia | <input type="checkbox"/> Úlcera péptica |
| <input type="checkbox"/> Enfermedad infectocontagiosa (en el último mes) | <input type="checkbox"/> Otro _____ |

2. Cuál es su consumo diario de:

Café _____ tazas (100ml)

Mate _____

Refrigerantes con cola (Coca, Pepsi) _____ vasos (200ml)

Bebidas energéticas _____ latas (200ml)

3. ¿Usted hace/hizo uso de alguna de las sustancias listadas abajo? Informe desde cuándo y la cantidad diaria

() Bebidas alcohólicas _____

() Tabaco _____

() Cannabis _____

() Analgésicos (Ej.: AAS, Paracetamol/Acetaminofem, Diprofona, Codeína, Morfina, Tramadol)

() Antinflamatorios (Ej: Diclofenac, Ibuprofeno, Ácido Mefenámico, Piroxicam, Cortisona, Prednisona, Dexametasona, Cloroquina, Colchicina, Ciclofosfamida, Ciclosporina, Azatioprina, Metotrexato, Sulfasalazina)

() Antidepresivos (Ej: Fluoxetina, Sertralina, Paroxetina, Citalopram, Venlafaxina, Amitriptilina, Imipramina)

() Antipsicóticos (Ej: Haloperidol, Clorpromazina, Risperidona, Quetiapina)

() Ansiolíticos/Hipnóticos (Ej: Diazepam, Clonazepam, Alprazolam, Zolpidem, Zopiclona)

() Antihipertensivos (Ej: Captopril, Enalapril, Atenolol, Propranolol, Metoprolol, Clonidina, Diltiazem, Amlodipina, Prazosin, Reserpina, Nifedipina)

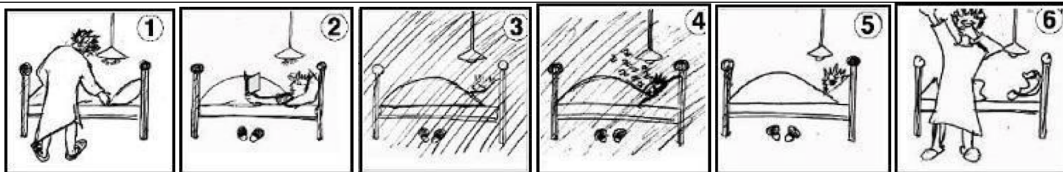
() Antiasmáticos (Ej: Salbutamol, Fenoterol, Formoterol, Adrenalina, Efedrina, Teofilina, Aminofilina, Ipratropio, Atropina, Beclometasona, Budesonida, Prednisona)

Código	Fecha
--------	-------

Tengo un horario de trabajo fijo (incluyendo la dedicación a las tareas del hogar):

Sí No

Si responde "Sí", cuántos días por semana 1 2 3 4 5 6 7



Use una escala de 24 horas, por ejemplo, ¡¡¡¡las 23:00 en lugar de las 11:00!!!!

En los días laborables (incluyendo la noche anterior al primer día de trabajo)

Figura 1: Me acuesto a las __ : __ horas

Figura 2: ¡Tenga en cuenta que algunas personas permanecen despiertas algún tiempo cuando están en la cama!

Figura 3: En realidad estoy listo/a para dormirme a las __ : __ horas

Figura 4: Necesito __ minutos para conciliar el sueño

Figura 5: Me despierto a las __ : __ horas

Figura 6: Me levanto después de __ minutos

¿Usa despertador los días de trabajo? Sí No

Si respondió "Sí", ¿se despierta regularmente antes de que suene la alarma? Sí No

Fuera de los días laborables (incluyendo la noche anterior al primer día de descanso u ocio)

Figura 1: Me acuesto a las __ : __ horas

Figura 2: ¡Tenga en cuenta que algunas personas permanecen despiertas algún tiempo cuando están en la cama!

Figura 3: En realidad estoy listo/a para dormirme a las __ : __ horas

Figura 4: Necesito __ minutos para conciliar el sueño

Figura 5: Me despierto a las __ : __ horas

Figura 6: Me levanto después de __ minutos

¿Los horarios que menciona arriba son dependientes del despertador como en los días laborables? Sí No

¿Existe alguna razón por la cual usted no tiene posibilidades de elegir su horario de sueño los días NO laborables?

niños o mascotas / hobbies / otros motivos, por ejemplo _____

No

¿Cuál es el tiempo promedio que pasa expuesto a la luz durante el día (al aire libre)?

En los días laborables __ horas __ minutos

Fuera de los días laborables __ horas __ minutos

Código	Fecha
--------	-------

Por favor, para cada pregunta seleccione la respuesta que mejor se ajuste a su caso marcándola con una cruz en el cuadrado correspondiente. Responda en función de cómo se ha sentido en las últimas semanas.

1. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te levantarías?

- Entre las 05:00 (5 AM) y 06:30 (6:30 AM) de la mañana 5
- Entre las 06:30 (6:30 AM) y las 07:45 (7:45 AM) de la mañana 4
- Entre las 07:45 (7:45 AM) y las 09:45 (9:45 AM) de la mañana 3
- Entre las 09:45 (9:45 AM) y las 11:00 (11 AM) de la mañana 2
- Entre las 11 (11 AM) de la mañana y las 12 de la tarde. 1

2. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te acostarías?

- A las 20:00 (8 PM) – 21:00 (9 PM) 5
- A las 21:00 (9 PM) – 22:15 (10:15 PM) 4
- A las 22:15 (10:15 PM) – 00:30 (12:30 AM) 3
- A las 00:30 (12:30 AM) – 01:45 (1:45 AM) 2
- A las 01:45 (1:45 AM) – 03:00 (3 AM) 1

3. Para levantarte por la mañana a una hora específica. ¿Hasta qué punto necesitas que te avise el despertador?

- No lo necesito 4
- Lo necesito poco 3
- Lo necesito bastante 2
- Lo necesito mucho 1

4. ¿Te resulta fácil levantarte por las mañanas? (cuando no te despiertan de forma inesperada)

- Nada fácil 1
- No muy fácil 2
- Bastante fácil 3
- Muy fácil 4

5. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te encuentras durante la primera media hora?

- Nada alerta 1
- Poco alerta 2
- Bastante alerta 3
- Muy alerta 4

6. Una vez levantado por las mañanas. ¿Cómo es tu apetito durante la primera media hora?

- Muy escaso 1
- Bastante escaso 2
- Bastante bueno 3
- Muy bueno 4

7. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te sientes durante la primera media hora?

- Muy cansado 1
- Bastante cansado 2
- Bastante descansado 3
- Muy descansado 4

8. Cuando no tienes compromisos al día siguiente. ¿A qué hora te acuestas en relación con tu hora habitual?

- Nunca o raramente más tarde 4
- Menos de 1 hora más tarde 3
- De 1 a 2 horas más tarde 2
- Más de 2 horas más tarde 1

9. Has decidido hacer un poco de ejercicio físico. Un amigo te propone hacerlo una hora dos veces por semana y según él, la mejor hora sería de 7 a 8 de la mañana. No teniendo nada más en cuenta salvo tu propio reloj "interno", ¿cómo crees que te encontrarías?

- Estaría en buena forma 4
- Estaría en una forma aceptable 3
- Me resultaría difícil 2
- Me resultaría muy difícil 1

10. ¿A qué hora aproximada de la noche te sientes cansado y como consecuencia necesitas dormir?

- A las 20:00 (8 PM) – 21:00 (9 PM) 5
- A las 21:00 (9 PM) – 22:15 (10:15 PM) 4
- A las 22:15 (10:15 PM) – 00:45 (12:45 AM) 3
- A las 00:45 (12:45 AM) - 02:00 (2 AM) 2
- A las 02:00 (2 AM) – 03:00 (3 AM) 1

11. Quieres estar en tu punto máximo de rendimiento para una prueba de dos horas que va a ser mentalmente agotadora. Siendo totalmente libre de planificar el día y pensando sólo en cuando te sentirías mejor. ¿Qué horario elegirías?

- De 08:00 (8 AM) a 10:00 (10 AM) 6
- De 11:00 (11 AM) a 13:00 (1 PM) 4
- De 13:00 (1 PM) a 17:00 (5 PM) 2
- De 19:00 (7 PM) a 21:00 (9 PM) 0

12. Si te acostaras a las 11 de la noche. ¿Qué nivel de cansancio notarías?

- Ningún cansancio 0
- Algún cansancio 2
- Bastante cansancio 3
- Mucho cansancio 5

13. Por algún motivo te has acostado varias horas más tarde de lo habitual, aunque al día siguiente no has de levantarte a ninguna hora en particular. ¿Cuándo crees que te despertarías?

- A la hora habitual y ya no dormiría más 4
- A la hora habitual y luego dormiría 3
- A la hora habitual y volvería a dormirme 2
- Más tarde de lo habitual 1

14. Una noche tienes que permanecer despierto de 4 a 6 de la madrugada debido a una guardia nocturna. Sin tener ningún compromiso al día siguiente, ¿qué preferirías?

- No acostarme hasta pasada la guardia 1
- Echar una siesta antes y dormir después 2
- Echar un buen sueño antes y una siesta después 3
- Sólo dormirías antes de la guardia 4

15. Tienes que hacer dos horas de trabajo físico pesado. Eres totalmente libre para planificarte el día. Pensando sólo en cuando te sentirías mejor, ¿qué horario escogerías?

- De 08:00 (8 AM) a 10:00 (10 AM) 4
- De 11:00 (11 AM) a 13:00 (1 PM) 3
- De 13:00 (1 PM) a 17:00 (5 PM) 2
- De 19:00 (7 PM) a 21:00 (9 PM) 1

16. Has decidido hacer ejercicio físico intenso. Un amigo te sugiere practicar una hora dos veces por semana de 10 a 11 de la noche. Pensando sólo en cuando te sentirías mejor, ¿cómo crees que te sentiría?

- Estaría en buena forma 1
- Estaría en una forma aceptable 2
- Me resultaría difícil 3
- Me resultaría muy difícil 4

17. Imagínate que puedes escoger tu horario de trabajo. Supón que tu jornada es de CINCO horas al día (incluyendo los descansos) y que tu actividad es interesante y remunerada según tu rendimiento. ¿En qué hora comenzarías?:

- Entre las 04:00 (4 AM) y las 08:00 (8 AM) 5
- Entre las 08:00 (8 AM) y las 09:00 (9 AM) 4
- Entre las 09:00 (9 AM) y las 14:00 (2 PM) 3
- Entre las 14:00 (2 PM) y las 17:00 (5 PM) 2
- Entre las 17:00 (5 PM) y las 04:00 (4 AM) 1

18. ¿A qué hora del día crees que alcanzas tu máximo bienestar?

- Entre las 05:00 (5 AM) y las 08:00 (8 AM) 5
- Entre las 08:00 (8 AM) y las 10:00 (10 AM) 4
- Entre las 10:00 (10 AM) y las 17:00 (5 PM) 3
- Entre las 17:00 (5 PM) y las 22:00 (10 PM) 2
- Entre las 22:00 (10 PM) y las 05:00 (5 AM) 1

19. Se habla de personas de tipo matutino y vespertino. ¿Cuál de estos tipos te consideras ser?

- Un tipo claramente matutino. 6
- Un tipo más matutino que vespertino. 4
- Un tipo más vespertino que matutino. 2
- Un tipo claramente vespertino. 0