

Tesis de Maestría en Ciencias Cognitivas

Universidad de la República

# LOS RITMOS BIOLÓGICOS DE LOS BAILARINES

Cronotipos

Hábitos de sueño

Determinantes de la fase circadiana

Natalia Coirolo

Supervisión: Ana Silva y Bettina Tassino

Tribunal

Dra. Carolina Azevedo

Dr. Carlos Magallanes

Dr. Leonel Gómez



## **Agradecimientos**

A Ana y Bettina por la oportunidad y por recibirme como estudiante de posgrado. Por su gran orientación, aprendizaje, consejos y su implacable energía de avance. A sus ideas y seguimiento que me ayudaron muchísimo y aportaron tanto a este trabajo.

A los bailarines del SODRE que fueron voluntarios para realizar este estudio y lo hicieron con gran entusiasmo, disponibilidad y credibilidad. A Martín Inthamoussu por abrirnos las puertas de la Escuela del SODRE y darnos libertad de acción y brindar sus recursos. A Emiliano D'Agostino, una hermosa persona que colaboró absolutamente con todo lo relacionado a la Escuela del SODRE, bailarines, logística y organización de nuestras actividades con ellos. A Andrea Salazar, también por su disposición y energía para poder reunir todos los datos de los bailarines. Al grupo de Cronobiología, tan ameno y enriquecedor, en especial Julieta y Nacho por su ayuda para este trabajo.

A los miembros del tribunal por su enriquecedora ayuda en esta etapa final del trabajo, que me hicieron importantes comentarios y sugerencias para mejorar mi trabajo.

A Ivanna por sus consejos y empujes.

A mi familia por supuesto que siempre está, a mis amigas que me aguantaron en mis momentos de estrés, por venir escuchándome sobre este tema más que nadie hasta hoy y no se aburren y a Fernanda por ayudarme con los ajustes técnicos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. ABREVIATURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>II. RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>III. INTRODUCCIÓN y ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
Ritmo y sistema circadiano.....	8
El sistema circadiano y su puesta en hora.....	8
Preferencias circadianas individuales: cronotipos.....	10
El sistema circadiano se desincroniza.....	12
Evaluación de los ritmos circadianos humanos.....	13
El ejercicio físico como ritmo circadiano neuro-comportamental.....	17
Los bailarines como modelo de estudio.....	22
<b>IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
Objetivo general.....	24
Hipótesis y predicciones.....	24
Objetivos específicos.....	25
<b>V. CAPÍTULO I.....</b>	<b>27</b>
Métodos.....	27
Resultados.....	30
Discusión.....	35
<b>VI. CAPÍTULO II.....</b>	<b>39</b>
Métodos.....	40
Resultados.....	45
Discusión.....	57

<b>VII. CONCLUSIONES, LIMITACIONES, CONTRIBUCIONES Y PERSPECTIVAS...</b>	<b>63</b>
Conclusiones.....	63
Limitaciones.....	66
Contribuciones.....	67
Perspectivas.....	68
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## I. ABREVIATURAS

**END-SODRE:** Escuela Nacional de Danza 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

**DS:** Diarios de Sueño

**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:** M10center (M10cW-M10cF)

**L5c:** L5center (L5cW-L5cF)

**Af:** Acrofase

**AR:** Amplitud relativa

**DLMO:** "Dim light melatoninonset"- inicio de la secreción de melatonina a luz tenue.

## II. RESUMEN

La temporalidad de los ritmos diarios está sujeta al control de un sistema circadiano organizado bajo la jerarquía del núcleo supraquiasmático, cuyo principal temporizador es la alternancia de la luz. Las diferencias individuales en la fase de estos ritmos se denominan cronotipos. En deportistas y atletas está bien documentado que la actividad física impacta sobre el sistema circadiano en varios aspectos. Los bailarines son un caso particular de atletas de élite que llevan a cabo un intenso trabajo físico y mental de acuerdo a su esquema de entrenamiento, clases, ensayos y performances, pero que han sido casi inexplorados desde el punto de vista cronobiológico.

Dada la fuerte presión social disruptiva sobre el sistema circadiano que significa realizar actividades en horarios diferentes, se abordó por primera vez en esta tesis el estudio del efecto del entrenamiento físico intenso en turnos en bailarines. Se trabajó con una población de bailarines uruguayos que asisten a la Escuela Nacional de Danza del SODRE (END-SODRE) y lo hacen en dos turnos con horarios muy extremos, (08:30-12:00 y 20:00-24:00). Este trabajo se propone evaluar el impacto de los turnos de asistencia a clases y entrenamiento, sobre el cronotipo, los hábitos de sueño y la fase circadiana de estos bailarines en formación. Esta tesis organiza sus resultados en dos capítulos. En el capítulo I, se planteó caracterizar el cronotipo y hábitos de sueño (ubicación y duración de sueño) de los bailarines por auto-reporte. Se confirmó que los bailarines que asisten al turno nocturno tienen cronotipos más tardíos y ubican su sueño más tardíamente que los bailarines que asisten al turno matutino, aunque la duración de sueño no es diferente entre turnos. En el capítulo II, se planteó utilizar registros objetivos actigráficos para caracterizar el ritmo circadiano de actividad-reposo y el patrón diario de exposición a la luz de los bailarines, y caracterizar su fase circadiana endógena mediante la determinación del momento de inicio del aumento nocturno de melatonina. Se confirmó que, aunque los bailarines del turno matutino y nocturno no presentan diferencias significativas en la magnitud del ejercicio físico ni en la robustez del ritmo de actividad-reposo, los bailarines que

asisten al turno nocturno ubican sus fases de actividad y reposo (medidas por sus indicadores actimétricos M10c, L5c y Acrofase) más tardíamente que los bailarines que asisten al turno matutino en los días de entrenamiento, pero no en los días libres. La fase circadiana se estimó por medición de la concentración de melatonina en muestras seriadas de saliva en condiciones de reposo e iluminación tenue (dim light melatonin onset, DLMO). Se confirmó que la fase circadiana de los bailarines que asisten al turno nocturno es más tardía que la de los bailarines que asisten al turno matutino. En línea con reportes previos que demuestran el impacto de factores fóticos y no fóticos sobre la fase circadiana, se confirmó que el DLMO se asocia con el cronotipo y marginalmente con la ubicación de sueño (medido por su proxy actimétrico L5c) en los bailarines del turno nocturno, pero no en los del matutino. Esta tesis permitió también dissociar el impacto de la luz y de la actividad física sobre la fase circadiana. En la ventana temporal alrededor del DLMO individual (- 2h a + 1h), se confirmó que la actividad física, pero no la exposición a la luz fue significativamente mayor en los bailarines del turno nocturno respecto a los del turno matutino. Más aún, se demostró que el DLMO no correlaciona con la exposición a la luz en esa ventana sensible pero sí con la actividad física consignada en ese período. En su conjunto, los resultados de esta tesis aportan resultados novedosos sobre un modelo natural excepcional para el estudio del impacto de factores temporizadores y disruptores del sistema circadiano humano en la vida real, con perspectivas relevantes para consolidar en el futuro próximo.

### III. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

#### Ritmo y sistema circadiano

Todos los organismos vivos presentan oscilaciones periódicas en su conducta y en sus funciones fisiológicas que se repiten con la regularidad de un reloj y que se denominan ritmos biológicos. Uno de los principales desafíos que enfrentan los seres vivos, es mantener una adecuada relación temporal entre sus procesos fisiológicos y sus repertorios comportamentales asegurando un intercambio exitoso con su entorno y sus co-específicos (Paranjpe & Sharma, 2005; Sharma, 2003). En este sentido, estos ritmos generan orden, permiten una mayor eficiencia y ahorran energía porque permiten anticipar eventos cíclicos predecibles. Constituyen la expresión del sistema circadiano endógeno presente en gran parte de los organismos y muy conservado a lo largo de la evolución (Golombek, 2002). La ubicuidad de este reloj biológico entre los seres vivos lo señala como una característica ancestral y altamente adaptativa. Este sistema endógeno además, se sincroniza día a día con información ambiental, permitiendo tanto la anticipación como la optimización de la asignación de recursos en el tiempo (Bhadra et al., 2017). Es así que la ocurrencia de los ritmos biológicos depende de la expresión rítmica de un grupo de genes ancestrales y del ajuste diario a diversas variables cíclicas del ambiente.

#### El sistema circadiano y su puesta en hora

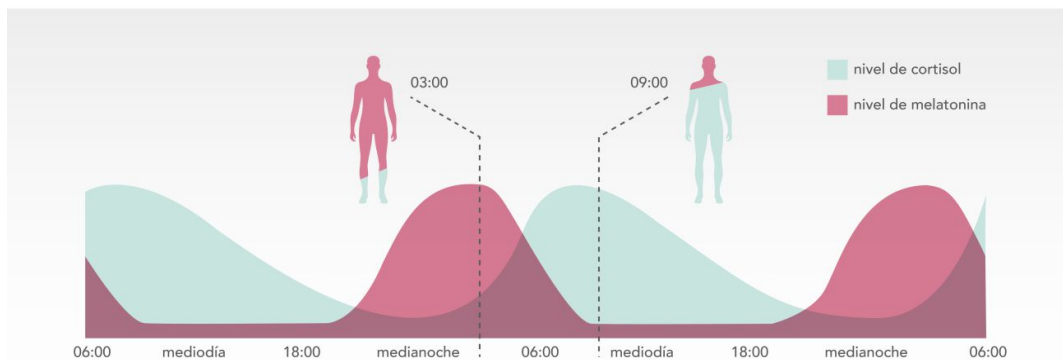
En particular, los ritmos circadianos son aquellos que presentan un período endógeno cercano a las 24 h y que son sincronizados por variables ambientales también denominados “zeitgebers” o agentes de arrastre (Halberg, 1975). La principal señal temporizadora es la luz y la alternancia diaria de luz/oscuridad proviene del movimiento de rotación de la Tierra, lo que implica una condición común a todos los seres vivos que habitan el planeta (Bhadra et al., 2017; Paranjpe & Sharma, 2005).



Los ritmos circadianos, aunque susceptibles de cambiar de fase por un sincronizador conocido, persisten luego de la eliminación de las claves ambientales debido a un sistema de temporización interno compuesto por múltiples osciladores, que funciona como un reloj biológico (Halberg, 1975). En los mamíferos este sistema circadiano se encuentra controlado por un marcapaso central ubicado en los núcleos supraquiasmáticos (NSQ), situados por encima del quiasma óptico, que se comunican directamente con la retina a través de la vía retino-hipotalámica (Albrecht & Eichele, 2003). Experimentos realizados mediante lesiones y trasplantes demostraron que los NSQ son necesarios y suficientes para generar ritmos circadianos, mientras que experimentos *in vitro* pusieron en evidencia el carácter endógeno de su funcionamiento (Weaver, 1998). Los NSQ ejercen sus funciones a través de proyecciones en el hipotálamo, tálamo y el sistema límbico (Golombek, 2002; Hofstra & de Weerd, 2008) y conectan por una vía multisináptica con la glándula pineal, uno de sus principales blancos, donde se secreta la melatonina a partir del triptofano (Hofstra & de Weerd, 2008). La melatonina “hormona de la noche” se sintetiza sujeta a un patrón circadiano distintivo y universal en vertebrados: su concentración en circulación es baja durante el día, sube luego del atardecer, se mantiene alta durante la noche y baja al amanecer (Hofstra & de Weerd, 2008). Esta hormona es rápidamente liberada al torrente sanguíneo, y es el mediador fisiológico del ritmo diario (Guerrero et al., 2007).

La dinámica temporal de diversos procesos fisiológicos, cognitivos y comportamentales es regulada por este sistema, aunque no necesariamente con una misma fase: el sueño ocurre a la noche y la vigilia durante el día, la temperatura corporal aumenta durante el día alcanzando su máximo entre las 16:00 y 18:00 y disminuye durante la noche hasta llegar a su mínimo alrededor de las 04:00, la producción de melatonina aumenta durante la noche y finaliza alrededor de las 07:00, mientras que el estado de alerta es máximo en la mañana y la eficiencia

cardiovascular en la tarde (Arendt, 2006; Lewy, 2007). Asimismo, el rendimiento físico aumenta también durante el día y disminuye durante la noche. En particular, los ritmos diarios de la secreción de la hormona del estrés (cortisol) y de la melatonina presentan fases antagónicas que son fundamentales para pautar el comienzo del sueño (en coincidencia con el aumento de melatonina) y de la vigilia (en coincidencia con el aumento del cortisol) (figura III.1) (Golombek, 2002; Keller et al., 2017).



*Figura III.1. Perfil de los niveles de las hormonas melatonina y cortisol a lo largo del día (Tassino et al., 2018).*

### Preferencias circadianas individuales: cronotipos

En el ser humano el período intrínseco promedio de su ritmo circadiano es algo mayor de 24h y presenta variaciones individuales que dependen tanto de factores genéticos como ambientales (Adan et al., 2012). Estas diferencias individuales en la fase de los ritmos circadianos se conocen como preferencias de matutinidad-vespertinidad, tipología circadiana o cronotipo (Adan et al., 2012; Horne & Ostberg, 1976; Roenneberg & Merrow, 2016), y están determinadas por variables internas y externas. Estas diferencias abarcan la expresión fenotípica del sistema circadiano, observable tanto en el ciclo de sueño-vigilia, el comportamiento o los procesos cognitivos, y que se enuncia como preferencias horarias para ubicar el sueño o realizar actividades. La mayoría de la población presenta cronotipos intermedios, pero existen personas con

marcadas preferencias por mantenerse despiertos hasta tarde y realizar sus actividades en la noche (cronotipo vespertino o búhos) y otras que prefieren madrugar y agendar sus actividades más demandantes en la mañana (cronotipo matutino o alondras) (Roenneberg et al., 2003). Los cronotipos dependen de la expresión de varios genes y se estima que las preferencias circadianas son heredables en un 50% (Vink et al., 2001). Asimismo, varían también con otros factores biológicos como la edad y el sexo, con la intensidad, calidad y momento de exposición a fuentes de luz, y con diversos factores sociales (Randler et al., 2016; Tankova et al., 1994). Por ejemplo, durante la adolescencia las preferencias circadianas se hacen más vespertinas para luego volverse más matutinas en la adultez (Roenneberg et al., 2004).

Se han desarrollado diferentes instrumentos para evaluar las preferencias circadianas o cronotipos en base a auto-reporte. Por un lado, las preferencias sobre el momento de despertar, de dormir y de realizar actividades, se han evaluado principalmente por cuestionarios que asignan individuos a tendencias horarias denominadas matutinidad y vespertinidad. Al puntaje general que se obtiene de estos cuestionarios se le aplican puntos de corte que determinan la tipología circadiana individual. El más utilizado de estos instrumentos es el Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) (Horne & Ostberg, 1976). Más recientemente Roenneberg y colaboradores (2003) propusieron un nuevo cuestionario, el Munich ChronoType Questionnaire (MCTQ) para evaluar cuantitativamente el momento del día en que se ubica el sueño (fase del sueño). Una de las innovaciones de este instrumento fue la posibilidad de determinar la ubicación del sueño en días de trabajo o semana y días libres o fin de semana. Mediante esta herramienta, la determinación del cronotipo se centra en una variable continua que refleja el punto medio de sueño en los días libres corregida por la deuda de sueño generada en los días de trabajo. Aunque los dos cuestionarios apuntan a diferentes aspectos de la caracterización cronobiológica, aportan datos complementarios y sus

resultados generalmente correlacionan (Zavada et al., 2005), a la vez que ambos correlacionaron con el inicio de la secreción de melatonina (Kantermann et al., 2015).

Un tema de discusión relevante acerca del concepto de cronotipo es en qué medida puede considerarse efectivamente un buen proxy de la fase circadiana individual, y en ese sentido, si representa un rasgo personal (un atributo independiente de factores externos) o un estado actual (un atributo sujeto a interacciones con el entorno) (Roennenberg et al., 2019).

### **El sistema circadiano se desincroniza**

El sistema circadiano sostiene la sincronización del orden temporal interno con los fenómenos ambientales y sociales externos. El desacople de estas claves externas, provoca el síndrome denominado JetLag Social (SJL) que surge del desfase crónico entre la hora del día que marca el reloj interno y el externo y afecta a varios sistemas corporales como el digestivo y cognitivo (Whitman et al., 2006). En este contexto, la agenda y las presiones sociales a las que una persona está sujeta diariamente pueden promover la desincronización del reloj biológico. Diversas actividades laborales o académicas, el trabajo en turnos nocturnos, o las actividades físicas intensas en diferentes horarios colaboran a este desfase. Asimismo, los cambios generados en las sociedades modernas con funcionamiento 24/7 y el aumento de la exposición prolongada a luces artificiales, tanto durante el día como en la noche, favorecen dicha desincronización afectando la orientación circadiana y recortando la duración del sueño (Roenneberg et al., 2015; Tassinio et al., 2018). En general, el SJL es más pronunciado en los cronotipos de orientación más vespertina, debido a que el sueño se ubica más tarde, pero en general las presiones sociales de los días de semana recortan la duración del sueño, forzando el uso de alarmas para despertar. En los días libres, emancipado de las demandas sociales, el sueño de las personas con cronotipos más vespertinos es más largo y más tarde que en días de trabajo (Roennenberg et al., 2019).

La desincronización circadiana tiene impactos negativos sobre varios fenómenos conductuales y fisiológicos. Entre otros efectos, el SJL se asocia con patrones de alimentación menos saludables y mayor riesgo de padecer síndrome metabólico (Almoosawi et al., 2018), desempeño académico disminuido en adolescentes (Haraszti et al., 2014) o aumento de la agresión física y verbal en jóvenes (Randler & Vollmer, 2013).

### Evaluación de los ritmos circadianos humanos

Los estudios cronobiológicos en humanos se abordan a través de herramientas subjetivas auto-reportadas como cuestionarios y diarios de sueño (Wang et al., 2011), y aproximaciones objetivas como registros actimétricos y mediciones hormonales (Ancoli-Israel et al., 2003; Gonçalves et al., 2014; Roenneberg & Merrow, 2016; Roenneberg et al., 2013). Hay consenso en que la combinación de medidas subjetivas y objetivas aumenta la confiabilidad de los resultados y mejora la calidad de los estudios (Crowley, 2013).

Los cuestionarios más utilizados para la evaluación del cronotipo individual, son el Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) (Horne & Ostberg, 1976) y el Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ) (Roenneberg et al., 2003) mencionados anteriormente. El MEQ arroja un puntaje total que se calcula a partir de las respuestas a preguntas sobre el momento u hora del día que se prefiere para realizar cualquier actividad. Es así como el MEQ refleja en qué momento del día la persona se siente naturalmente más activa y se considera también un indicador de la preferencia individual circadiana. Los valores más altos del puntaje de MEQ indican mayor tendencia a la matutinidad y los más bajos mayor tendencia a la vespertinidad (Horne & Ostberg, 1976). Por otra parte, los reportes validados de MCTQ se utilizan principalmente para estimar el punto medio de sueño en los días libres corregido para la deuda de sueño en los días de trabajo (MSFsc), como el mayor indicador del cronotipo (Roenneberg et al., 2004) y se considera una buena aproximación de la fase circadiana individual. Cuanto mayor el valor de MSFsc (que se mide en horas), más

vespertino el cronotipo. Además, este instrumento habilita a estimar el SJL como la diferencia absoluta entre los puntos medio de sueño en los días de trabajo y días libres (Wittmann et al., 2006).

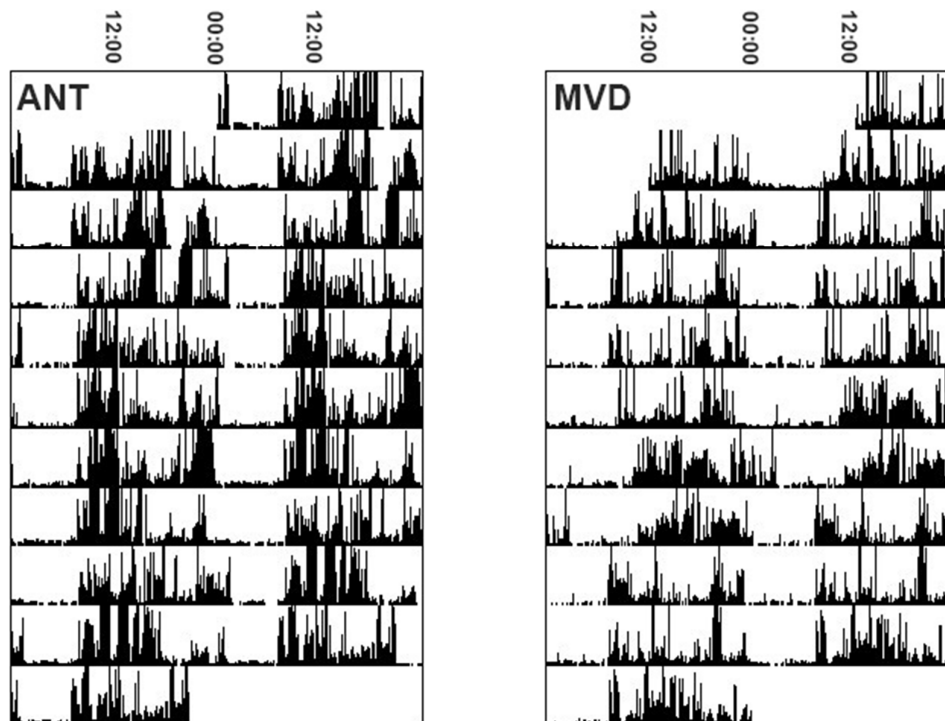
Por su parte, los diarios de sueño (DS) son un registro auto-reportado de los hábitos de sueño diarios donde cada mañana se consigna información que incluye la ubicación y duración del sueño de la noche anterior, así como puede incluir reporte sobre calidad de sueño y bienestar general de la persona. Los DS aportan datos más ajustados sobre el sueño real que los cuestionarios MCTQ y MEQ. También permiten estimar el punto medio de sueño promedio individual de los días de trabajo (MSW) y de los días libres (MSF), así como calcular las duraciones de sueño en días de trabajo (SDW) y libres (SDF).

#### Medidas objetivas: actimetría

Los registros objetivos han cambiado la historia de los estudios cronobiológicos. Los estudios de referencia más utilizados y reconocidos hasta el momento para la evaluación de los ritmos en el ser humano incluyen medidas objetivas para las fases de los ritmos de actividad y reposo a través de registros actimétricos (Crowley, 2013; Wang et al., 2011).

Los actímetros son pequeños dispositivos portátiles que se utilizan como un reloj de muñeca compuestos por un acelerómetro para registrar movimiento y un sensor que registra la exposición de la luz (Ancoli-Israel et al., 2003; Horne & Biggs, 2013). La ventaja de la actigrafía es el registro continuo de datos durante las 24 h del día y durante varios días, inclusive semanas, sin inconvenientes ni alteraciones por tratarse de un método no invasivo que habilita el desempeño del sujeto en su vida cotidiana (Ancoli-Israel et al., 2003). Aunque este dispositivo no provee medidas fisiológicas del sueño, distintos estudios validan a la actigrafía como una buena herramienta para estimar el periodo durante el que ocurre el sueño a partir de los períodos prolongados de reposo (Horne & Biggs, 2013).

Diversos desarrollos metodológicos permiten caracterizar los ritmos a partir de estas series temporales de datos (Diez Noguera, 2007). Una serie temporal se define como un conjunto de observaciones a lo largo de un intervalo de tiempo (Diez Noguera, 2007). Cuando estas series son de larga duración (varios días), las representaciones gráficas de 24 h que muestran la evolución del comportamiento a lo largo del día se denominan actogramas (Diez Noguera, 2007). Si se apilan los días del muestreo se puede observar que, cuando el comportamiento tiene un período de 24 horas exactas, los comienzos y finales de cada día se ven alineados. Si, por el contrario, el ritmo exhibe un período mayor o menor a 24 horas, se observa un desplazamiento de la actividad hacia la derecha o la izquierda, respectivamente (figura III.2).



*Figura III.2. Ejemplos de actogramas de estudiantes universitarios participantes de la II Escuela de Introducción a la Investigación Antártica. Modificada de Castillo et al., 2019.*

### Medidas objetivas: melatonina

Otra de las formas de evaluación objetiva de la fase circadiana es la medición de la concentración de melatonina, cuyo ritmo de secreción en mamíferos está estrechamente ligado a la actividad de los NSQ y se acepta que media la sincronización temporal en una gran variedad de funciones neuroendocrinas y comportamentales (Hofstra & de Weerd, 2008; Navara et al., 2014; Pinillos et al., 2001). Los niveles de melatonina son inhibidos por la luz, lo que explica por qué son mínimos durante el día. El patrón temporal de los niveles plasmáticos y la amplitud del pico de melatonina también dependen de la luz. Por un lado, la luz al atardecer o durante las primeras horas de la noche atrasa el aumento nocturno de melatonina; mientras que durante el día, especialmente durante la mañana, la luz de gran intensidad (luz natural exterior) produce un adelanto en el inicio de la secreción a la vez que aumenta la concentración máxima de la hormona en la noche (Cipolla-Neto & Do Amaral, 2018; Hashimoto et al., 1997; Lewy et al., 1980; Tähkämö et al., 2019). Aunque inicialmente la producción de melatonina se estimaba a partir de la concentración total de la hormona en la orina en la mañana, los estudios pioneros de Lewy y colaboradores (Lewy et al., 1999; Lewy & Sack, 1989), demostraron que el inicio de la secreción de melatonina en condiciones de luz tenue (“dim light melatonin onset”, DLMO) es un indicador preciso, no invasivo y confiable del ritmo circadiano endógeno. El DLMO es también más robusto y menos propenso al enmascaramiento por influencias externas que otros indicadores del ritmo endógeno como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca o los niveles de cortisol (Pandi-Perumal et al., 2007). Operativamente, se estima a partir de muestras de saliva tomadas a intervalos regulares de 30-60 minutos previo a la hora de dormir, momento durante el cual la persona debe permanecer en reposo y bajo luz tenue (menos de 30 lux). Este protocolo favorece la emergencia del aumento endógeno de melatonina sin distorsiones ambientales (Lewy et al., 1999; Lewy & Sack, 1989; Silva et al., 2019).

Respecto a la influencia de la exposición a la luz en el DLMO, tradicionalmente, se reconocen dos ventanas sensibles: a) la ventana de adelanto de fase, ubicada en la mañana (2-3 horas después del despertar o del amanecer) (Hashimoto et al., 1997;



Khalsa et al., 2003; Kozaki et al., 2016; Takasu et al., 2006), y b) la ventana de atraso de fase, ubicada alrededor del atardecer (Akacem et al., 2018; Gooley et al., 2011; Silva et al., 2019). En este sentido, los cambios estacionales del fotoperiodo afectan la duración y fase del pulso diario de melatonina (Arendt, 2012; Wehr, 1991). Por otro lado, en la vida urbana moderna se detectan importantes alteraciones de los perfiles diarios de melatonina, donde la exposición lumínica es inferior a la natural durante el día por habitar espacios interiores, y mayor a la natural durante la noche por la iluminación artificial. En particular, en trabajadores nocturnos se ha documentado tempranamente el efecto supresor de la luz en la noche sobre el aumento nocturno de la melatonina (Sack et al., 1992). Asimismo, el DLMO, como fiel marcador de la fase circadiana individual, presenta diferencias entre individuos de acuerdo a sus preferencias circadianas: el DLMO de las personas con cronotipo matutino (alondras) es más temprano que el de las personas con cronotipo vespertino (búhos) (Adan et al., 2012; Burgess & Eastman, 2005; Kantermann et al., 2015; Kitamura et al., 2014). En poblaciones sometidas a cambios transitorios del patrón de iluminación diario se han reportado cambios del DLMO dependientes del cronotipo individual (Silva et al., 2019; Wright et al., 2013). A esta demostrada interacción entre cronotipo y exposición a la luz en la determinación del DLMO, se suma la variación individual en la sensibilidad a la luz, particularmente alrededor del atardecer (Akacem et al., 2018; Phillips et al., 2019). Por tanto, la curva de respuesta de fase de la melatonina a la luz, tradicionalmente descrita por Lewy y colaboradores (Lewy et al., 1998), debe adaptarse individualmente para ajustar el día a horarios basados en el DLMO y no en la hora reloj ni solar (Phillips et al., 2019; Thomas et al., 2020).

Finalmente, el DLMO también está sujeto a modificaciones de fase provocados por los cambios en la exposición a la luz en respuesta a diversas presiones sociales. Por ejemplo, el DLMO de los trabajadores nocturnos está atrasado respecto al de los trabajadores diurnos (Hittle, 2018; Razavi et al., 2019). En personal de la salud trabajando en turnos rotativos, se ha demostrado que el DLMO depende de la interacción entre cronotipo y turno: cuando el turno está alineado con la preferencia

circadiana, el ritmo diario de melatonina se pone en fase y se fortalece (Razavi et al., 2019).

### **El ejercicio físico como ritmo circadiano neuro-comportamental**

La actividad física en general, ya sea deportiva, atlética, de entrenamiento aeróbico o anaeróbico, presenta una ritmicidad circadiana cuyas fluctuaciones responden a influencias multifactoriales que comprenden mecanismos exógenos, endógenos y psicobiológicos, y que por tanto son difíciles de sistematizar (Reilly & Waterhouse, 2009). El ciclo de la temperatura corporal, por ejemplo, ha sido tradicionalmente relacionado con el rendimiento del ejercicio físico de corto plazo en base a que el pico de la temperatura corporal en la tarde implica una mayor utilización de carbohidratos, que facilita la mecánica de entrecruzamiento de los filamentos de actina y miosina en el músculo (Starkie et al., 1999). Por otro lado, el cortisol, hormona del estrés que se acepta tiene un efecto deletéreo sobre el desempeño físico, tiene su máximo a comienzos de la mañana (Tafet, 2001), por lo que se ha asumido que el desempeño de la mayoría de las actividades físicas es mejor en la tarde. En este sentido, el tiempo de reacción, la coordinación óculo-motora, el procesamiento cognitivo y la fuerza muscular tienen su máxima eficiencia también en la tarde (Winget et al., 1985). Sin embargo, cuando se analizan en detalle, el desempeño de distintos tipos de actividad física alcanza un máximo en diferentes momentos del día (ver Tabla 2 de Cappaert, 1999). Por ejemplo, Torii y colaboradores (1992), mostraron que un programa de entrenamiento aeróbico de resistencia fue más eficiente en términos de recuperación cardiorrespiratoria cuando se realizaba en la tarde respecto a la mañana o la noche. En cambio, Lundeen y colaboradores (Lundeen et al., 1990), mostraron que mientras la fuerza muscular, velocidad de contracción y potencia muscular tenían sus máximos en la tarde, la destreza manual tenía su máximo en la mañana. En forma interesante, estas dos observaciones presentaron además un fuerte sesgo por sexo: mientras que el pico vespertino de fuerza-velocidad-potencia de las mujeres fue antes que el de los varones, el pico matutino de destreza manual fue antes en varones que en mujeres.

Por otra parte, estudios más recientes señalan que hay importantes diferencias individuales en el momento del día en el que se alcanza el desempeño físico máximo. Uno de los mejores predictores, en este sentido, es el tiempo transcurrido desde el despertar (tiempo en vigilia) y no la hora del día en que se realiza el ejercicio (Facer-Childs & Brandstaetter, 2015).

La práctica regular de ejercicio físico en horarios fijos también pauta su rendimiento. Es decir, una de las adaptaciones que se obtiene del entrenamiento crónico en el mismo horario es la de fijar el horario de máximo rendimiento (Winget et al., 1985). Estos datos avalan la recomendación de agendar las prácticas de los atletas y deportistas en horarios similares a los de las competencias y en acuerdo con el mejor desempeño de la disciplina específica (Cappaert, 1999). Sin embargo, esto es poco tenido en cuenta y aunque algunos deportes entrenan tradicionalmente en horarios fijos (por ejemplo, el nado en la mañana y el básquetbol en la tarde), ese horario no se basa en estos conceptos, ni se ajusta a los horarios de las competencias, que además suelen ser en husos horarios diferentes a los de residencia agregando el efecto del jetlag.

### El ejercicio físico y el sistema circadiano

Si bien el ciclo de luz-oscuridad es el principal temporizador del sistema circadiano en mamíferos, está bien aceptado que el ejercicio físico (aún en forma independiente del aumento de exposición lumínica que generalmente conlleva) también lo es, y su importancia relativa en humanos se ha visto refrendada recientemente (Youngstedt et al., 2019). El ejercicio físico, los patrones de alimentación, las interacciones sociales y la alerta comportamental natural o inducida integran la lista de factores no fóticos capaces de modular la fase circadiana en mamíferos (Challet & Pévet, 2003). El mejor método para testear el efecto de los zeitgebers no fóticos (en forma independiente del efecto de la luz) sería estudiarlos en oscuridad total, lo que fuerza a estudios experimentales controlados y dificulta estudios a largo plazo (Mistlberger & Skene, 2005). En este sentido, experimentos en modelos animales en oscuridad constante han demostrado que el ejercicio *per se* promueve cambios de fase de ritmos

circadianos comportamentales (Marchant, 1996; Reeb & Mrosovsky, 1989) y moleculares (Bae et al., 2001; Maywood et al., 1999). También se ha demostrado que la ubicación en el día de la actividad física influye en la regulación molecular del reloj tanto a nivel central como a nivel de los osciladores periféricos (Hamaguchi et al., 2015; Schroeder et al., 2012; Wolff & Esser, 2012). Por ejemplo, cuando el ejercicio se realiza al comienzo de la fase activa en ratones, decrece la expresión génica del gen circadiano *per2* en los NSQ en mayor medida que cuando el ejercicio se realiza al final de la fase activa (Schroeder et al., 2012). En humanos, varios reportes han confirmado también el rol temporizador del ejercicio físico y su independencia de la luz en situaciones experimentales, es decir en condiciones de ejercicio pautado y luz controlada (Barger et al., 2004; Buxton et al., 2003; Thomas et al., 2020; Youngstedt et al., 2019). Sin embargo, no existen reportes previos que lo hayan abordado en una población donde naturalmente estén determinadas condiciones de luz y ejercicio físico favorables para el estudio de su impacto por separado.

Las evidencias experimentales señalan que el ejercicio físico programado puede actuar como temporizador del sistema circadiano en mamíferos tanto a nivel central como periférico, aunque su influencia sobre el marcapaso maestro (NSQ) sería sólo relevante en ausencia de claves lumínicas (Tahara et al., 2017). De hecho, se plantea que existe una integración no lineal, aunque parcialmente aditiva, de las influencias de las claves fóticas y no fóticas (el ejercicio en particular) sobre la fase circadiana (Challet & Pévet, 2003). Es decir, estímulos lumínicos pueden modificar el efecto de factores no fóticos sobre la fase circadiana, así como los factores no fóticos pueden modificar los cambios de fase circadiana provocados por pulsos de luz. Por ejemplo, la actividad física nocturna en ratones reduce la amplitud de los adelantos de fase producidos por estímulos lumínicos durante el día (Mistlberger & Antle, 1998).

En humanos, el ejercicio físico en determinados horarios del día también puede imponer un cambio de fase significativo en los osciladores circadianos (Buxton et al., 2003), a la vez de afectar el patrón de sueño (Youngstedt et al., 2016). Ambos trabajos mostraron que el ejercicio programado en la tarde provocaba adelantos de fase circadiana medida por DLMO, mientras que el ejercicio nocturno atrasaba el DLMO.

En línea con lo observado en modelos animales, Youngstedt y colaboradores (2016) mostraron además un efecto aditivo de la luz y el ejercicio sobre el retraso de fase circadiana respecto al observado por cada uno de los estímulos por separado. Para demostrar que el ejercicio físico es efectivamente un modulador de la fase circadiana *per se* en humanos, Barger y colaboradores (2004) (Barger et al., 2004), evaluaron su efecto en condiciones estrictas de iluminación tenue controlada y confirmaron que el ejercicio nocturno es suficiente para provocar un retraso del DLMO. Más recientemente, Youngstedt y colaboradores (2019) construyeron una curva de respuesta de fase del ejercicio respecto al ritmo de un metabolito de la melatonina medido en orina en condiciones de iluminación tenue controlada. Pautaron la dinámica diaria del efecto temporizador de la actividad física sobre el sistema circadiano. Estos autores hallaron dos momentos de adelantamientos de fase máximos uno alrededor de las 07:00 y otro entre las 13:00 y 16:00, de retrasos de fase máximos entre las 19:00 y 22:00 y efectos mínimos a las 02:00 h y 16:00.

Además de la influencia del ejercicio sobre la fase circadiana, también hay evidencias de que la disrupción del sistema circadiano afecta la actividad física. Por ejemplo, la mutación del gen reloj *clock* en ratones resulta en una reducción significativa de la potencia muscular y de la resistencia probablemente debidos a disturbios en las funciones mitocondriales y de las miofibrillas (Green et al., 2008; Pastore & Hood, 2013). Esa interacción biunívoca entre ejercicio y sistema circadiano se sostiene además en las variaciones diarias de la función músculo-esquelética y del metabolismo energético muscular y óseo (Wang, 2017).

### Ejercicio físico y cronotipo

Aunque el efecto de las preferencias circadianas individuales sobre el desempeño físico no ha sido extensamente estudiado (Vitale et al., 2017), hay acuerdo en que el cronotipo influye en la actividad física en al menos tres dimensiones. Por un lado, se han identificado picos de rendimiento en diferentes momentos del día según las preferencias circadianas, es decir según los atletas tengan cronotipos tardíos (búhos) o tempranos (alondras). Facer-Childs & Brandstaetter (2015), por ejemplo,

demonstraron que el mejor desempeño físico de alondras, cronotipos intermedios y búhos es en la mañana, tarde y noche, respectivamente. Asimismo, Vitale y colaboradores (2017) encontraron que los cronotipos tempranos desarrollan mejor desempeño atlético y reportan menor fatiga en la mañana respecto a los cronotipos intermedios y tardíos. Incluso, Lastella y colaboradores (2016) en base al análisis de más de un centenar de atletas de élite, mostraron una clara preferencia en la elección de la disciplina de competencia de acuerdo al cronotipo individual. Es decir, los deportes que requieren prácticas matutinas son practicados en mayor medida por atletas con cronotipo más tempranos. Como consecuencia de esta primera dimensión, se alerta de los documentados perjuicios que la disrupción circadiana puede implicar para los atletas que realicen entrenamientos físicos prolongados en horarios reñidos con sus preferencias individuales (Roenneberg et al., 2012; Wong et al., 2015). Finalmente, estudios recientes señalan que el efecto del ejercicio sobre el cambio de fase circadiana también depende del cronotipo: mientras que para los cronotipos tardíos el ejercicio en la mañana y en la tarde provoca adelantos de fase, para los cronotipos tempranos, el ejercicio en la mañana adelanta la fase y en la tarde la atrasa (Thomas et al., 2020).

### Los bailarines como modelo de estudio

Los bailarines son un caso particular de deportistas de élite, sujetos rutinariamente a una alta carga de trabajo físico y un entrenamiento exigente que requiere gran dedicación. A este nivel de esfuerzo y ejercicio físico se suma un componente especial que es el componente artístico. Estos atletas no solamente deben desarrollar un estado físico adecuado y acorde a su actividad, sino que también se requiere un gran desarrollo de su parte artística, su sensibilidad, la capacidad de expresar y generar emociones a través del movimiento y la danza, la creatividad. El ser bailarín y trabajar como intérprete requiere trabajar y profundizar sobre estos componentes que acompañan su desempeño físico. El objetivo o la meta de un intérprete es participar en obras artísticas y realizar presentaciones en público, para las cuales se incorporan

ensayos y más horas de trabajo, donde la presión de buen desempeño en forma sostenida ejerce una alta presión no solo física sino también mental. A diferencia de otros deportistas, cuando hay temporadas de obras o giras, los bailarines se presentan en público durante varios días seguidos, generalmente en las noches, desafío que se suma a los entrenamientos y ensayos regulares a veces por períodos prolongados, lo que va en perjuicio del tiempo necesario de recuperación. Por lo tanto, la secuencia de vigilia y sueño, el ejercicio físico intenso y el descanso juegan un importante rol en el rendimiento y desempeño de los bailarines. Un solo reporte previo (Fietze et al., 2009), se enfoca en el sueño de los bailarines y reporta un preocupante déficit de sueño promedio en bailarines de una compañía de ballet profesional en la semana previa a una gran actuación. Por todas estas razones los bailarines representan un muy interesante grupo de estudio, para analizar sus hábitos de sueño y la relación de su cronotipo con el desarrollo de una actividad física y artística y cómo esto impacta en su sistema circadiano.

#### IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Para este estudio se reclutaron bailarines de las Escuelas de Formación Artística del SODRE (END-SODRE), que realizan la Formación Artística en danza contemporánea y folclórica. Con el fin de maximizar el uso de la infraestructura edilicia, el protocolo de entrenamiento y clases que organiza la institución es de lunes a viernes con un horario extenso en el que los estudiantes se separan en dos turnos, uno matutino de 8:30 a 12:30 y otro nocturno de 20:00 a 24:00. Sus cursos se organizan mediante un programa de 4 años, donde los estudiantes de primer y segundo año asisten al turno nocturno, mientras que los estudiantes de tercero y cuarto año asisten al turno matutino. Es decir que los estudiantes no eligen su turno, sino que es estipulado por la escuela. Este grupo de bailarines de las END-SODRE ofrece condiciones únicas ventajosas y brinda un laboratorio natural para evaluar el interjuego de influencias ambientales y sociales sobre el sistema circadiano y el sueño. A saber:

- son bailarines, un grupo particular de atletas de élite, que han sido poco explorados desde el punto de vista cronobiológico
- su edad promedio es de 22 años, por lo que pertenecen a la población de jóvenes uruguayos que fueron reportados como extremadamente tardíos, y por tanto con potencial riesgo de disrupción circadiana
- practican actividad física de alta intensidad en la mañana o en la noche, lo que coincide aproximadamente con las ventanas temporales en las que el ejercicio produce adelantos o retrocesos de fase circadiana, respectivamente.

### Objetivo general

Dada la fuerte presión social disruptiva que significan los turnos de entrenamiento en horarios tan extremos, este trabajo se propone evaluar el impacto de los mismos sobre el cronotipo, los hábitos de sueño y la fase circadiana de los bailarines uruguayos en formación de las END-SODRE.

### Hipótesis y Predicciones

Este estudio se propone poner a prueba las siguientes hipótesis de trabajo:

**H1)** El cronotipo y los hábitos de sueño de los bailarines estarán modulados por el turno de entrenamiento al cual asisten.

De esta hipótesis se desprenden las siguientes predicciones:

*P1) Los bailarines que asisten al turno nocturno tendrán cronotipos más tardíos que los bailarines que asisten al turno matutino.*

*P2) Los bailarines que asisten al turno nocturno ubicarán su sueño más tardíamente que los bailarines que asisten al turno matutino, aunque esta diferencia de*



ubicación no estará acompañada por una diferencia en la duración de sueño entre turnos.

**H2)** La fase circadiana individual de los bailarines estará modulada por el turno de entrenamiento al cual asisten.

**H3)** La actividad física en los horarios de entrenamiento tendrá mayor influencia que la exposición a la luz para determinar la fase circadiana.

De estas hipótesis se desprenden las siguientes predicciones:

*P3) La fase circadiana de los bailarines que asisten al turno nocturno será más tardía que la de los bailarines que asisten al turno matutino.*

*P4) La actividad física de los bailarines del turno nocturno (pero no la luz) será un factor determinante de su fase circadiana.*

Para poner a prueba estas hipótesis se plantean los siguientes objetivos experimentales que se presentan en dos capítulos de resultados.

Capítulo I: Caracterización cronobiológica subjetiva de los bailarines de los turnos matutino y nocturno de las Escuelas de Formación Artística del SODRE. Cronotipo y hábitos de sueño.

### **Objetivos específicos**

*1) Caracterizar el cronotipo de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de los cuestionarios validados MCTQ (Munich Chronotype Questionnaire) y MEQ (Morning-Eveningness Questionnaire).*

*2) Caracterizar los hábitos de sueño de los bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE, a través del cuestionario MCTQ y de diarios de sueño.*

Capítulo II: Caracterización cronobiológica objetiva de los bailarines de los turnos matutino y nocturno de las Escuelas de Formación Artística del SODRE. La fase circadiana y sus determinantes.

### **Objetivos específicos**

*3) Caracterizar el ritmo circadiano de actividad-reposo de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de mediciones objetivas por actimetría.*

*4) Caracterizar el patrón de exposición a la luz de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de mediciones objetivas por medio de un sensor de luz por actimetría.*

*5) Caracterizar la fase circadiana endógena de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE mediante la determinación del momento de inicio del aumento nocturno de melatonina (DLMO).*

*6) Evaluar el impacto de los turnos de asistencia, exposición a la luz, actividad física, cronotipo y ubicación del sueño sobre la fase circadiana endógena medida por DLMO en bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE.*

## V. Capítulo I: CARACTERIZACIÓN CRONOBiolÓGICA SUBJETIVA DE LOS BAILARINES DE LOS TURNOS MATUTINO Y NOCTURNO DE LAS ESCUELAS DE FORMACIÓN ARTÍSTICA DEL SODRE. CRONOTIPO Y HÁBITOS DE SUEÑO.

En este capítulo se pone a prueba la hipótesis 1)

**H1)** El cronotipo y los hábitos de sueño de los bailarines estarán modulados por el turno de entrenamiento al cual asisten.

Y sus predicciones P1) y P2

*P1) Los bailarines que asisten al turno nocturno tendrán cronotipos más tardíos que los bailarines que asisten al turno matutino.*

*P2) Los bailarines que asisten al turno nocturno ubicarán su sueño más tardíamente que los bailarines que asisten al turno matutino, aunque esta diferencia de ubicación no estará acompañada por una diferencia en la duración de sueño entre turnos.*

En este capítulo se plantean los objetivos específicos 1) y 2):

*1) Caracterizar el cronotipo de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de los cuestionarios validados MCTQ (Munich Chronotype Questionnaire) y MEQ (Morning-Eveningness Questionnaire).*

*2) Caracterizar los hábitos de sueño de los bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE, a través del cuestionario MCTQ y de diarios de sueño.*

### Métodos

#### Convocatoria

Durante el mes de agosto de 2019, se distribuyeron folletos informativos, hojas de información y formularios de consentimiento informado entre los bailarines de ambos

turnos de la formación en danza, en una reunión inicial pactada previamente con las autoridades de las END-SODRE, con el fin de convocar un grupo de estudiantes voluntarios a participar de la investigación. En esa reunión los estudiantes interesados completaron los cuestionarios durante el horario de clases. Las respuestas escritas se consignaron en formularios impresos y todos los datos se manejaron en forma anónima. Toda la información obtenida se guardó asociada a un código que asegura la confidencialidad de la información. Este procedimiento fue avalado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología Universidad de la República y cumplió con los principios requeridos por la Declaración de Helsinki Asociación Médica Mundial (2013).

### Cuestionarios aplicados

El cuestionario sociodemográfico aplicado consignó información sobre edad, género, peso, talla, estado de salud y consumo de medicamentos. También indagó sobre el nivel educativo, composición del hogar y algunas características de la vivienda en relación con el sueño. Además de estos datos, a cada participante se le aplicaron cuestionarios validados de evaluación de cronotipo y preferencias circadianas: el Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ) (Roenneberg et al., 2003), el Morning-Eveningness Questionnaire (MEQ) (Horne & Ostberg, 1976), con el fin de establecer una caracterización cronobiológica de la población de estudio. Cada participante completó también diarios de sueño (DS), en los cuales respondieron una serie de preguntas breves durante 18 días cada mañana al despertar, enviadas por un mensaje de WhatsApp (10 al 27 de agosto de 2019, 12 días de entrenamiento y 6 días libres) con el propósito de registrar características sobre su sueño. Los DS se utilizaron como una forma de seguimiento de los hábitos de sueño diario, en los que se registró cada día la hora de acostarse/levantarse, hora de dormirse-despertarse, latencia del inicio del sueño y del momento de levantarse, uso de despertador.

En este estudio participaron 80 bailarines que respondieron los cuestionarios mencionados y DS como métodos subjetivos para la determinación de sus cronotipos, y hábitos de sueño. Del total, 56 bailarines (29 del turno matutino y 27 del turno nocturno), mayormente de género femenino, con un rango de edad entre 18 a 30 años

cumplieron con el criterio de inclusión para poder participar en esta primera etapa del estudio (tabla IV.1). Fueron excluidos los bailarines bajo tratamiento auto-reportado con drogas psicoactivas, con datos incompletos en los cuestionarios y los que reportaron el uso de alarmas para despertarse durante los fines de semana (en el MCTQ). El uso de alarmas en los días libres no permite estimar el cronotipo (MSFsc) en libre curso o “free running”. Los datos fueron analizados globalmente sin distinción por género, por tratarse mayormente de participantes de género femenino.

Tomando como variable independiente principal el turno de clases al cual asiste cada participante, se evaluó su influencia sobre el cronotipo y hábitos de sueño. La caracterización cronobiológica de la población fue evaluada usando la versión en español del MCTQ (Roenneberg et al., 2019) y del MEQ (Almirall & Adan Puig, 1990; Horne & Ostberg, 1976). Los patrones de sueño se determinaron a través del MCTQ y DS.

El MCTQ contiene preguntas sobre la vida diaria y los horarios de sueño, diferenciando entre días libres y días de trabajo (Roenneberg & Merrow, 2007). Este cuestionario permite calcular tres parámetros para ubicar el sueño: inicio (SO), final (SE) y punto medio de sueño (MS), y a partir de ellos estimar la duración del sueño ( $SD=SE-SO$ ). El punto medio de sueño se calcula como  $MS=SO+(SD/2)$ . Estos parámetros se determinaron para los días de trabajo o entrenamiento (SOW, SEW, MSW, SDW) y para los fines de semana o días libres (SOF, SEF, MSF, SDF) (Roenneberg & Merrow, 2007). El promedio de horas de sueño semanal se calcula como  $AVSD=((SDW*5)+(SDF*2))/7$ . A partir del MCTQ se estima el punto medio de sueño en los días libres corregido por la deuda de sueño en los días de trabajo y entrenamiento (MSFsc), que se considera un buen indicador del cronotipo y se calcula como  $MSFsc=MSF-(SDF-AVSD/2)$ , siendo más alto cuanto más vespertino es el individuo (Roenneberg & Merrow, 2016; Roenneberg et al., 2004). Como medida de la discrepancia entre el reloj interno y el tiempo social se estimó el jetlag social (SJL) a partir de la diferencia absoluta entre los puntos medio de sueño en los días de trabajo y días libres:  $SJL=MSF-MSW$  (Wittmann et al., 2006).

El MEQ (Adan et al., 2012; Horne & Ostberg, 1976), indaga sobre horarios de preferencia para realizar diferentes actividades en situaciones hipotéticas (Crowley, 2013). El MEQ tiene puntajes asignados a cada pregunta y su suma estima la tipología circadiana del sujeto (Crowley, 2013). Los puntajes altos indican preferencias circadianas más matutinas y los puntajes bajos preferencias circadianas más vespertinas. Ambos cuestionarios han sido validados entre sí, presentando una amplia correlación (Zavada et al., 2005).

Cada participante proporcionó datos diarios de sus patrones de sueño, respondiendo a una serie de preguntas durante 18 días en la mañana, con los que se construyeron DS individuales. En los DS cada mañana los participantes consignaron información sobre la hora en que se durmieron la noche anterior (SO) y se despertaron (SE), a partir de lo que se calculó el punto medio de sueño (MS) y la duración de sueño (SD).

### Análisis estadísticos

Debido a que los datos no cumplieron con los requisitos de normalidad y/o homocedasticidad, las comparaciones estadísticas se analizaron por medio de pruebas no-paramétricas: Wilcoxon signed-rank para las comparaciones pareadas entre los días de entrenamiento y los días libres en los mismos individuos y Mann–Whitney U-test para comparaciones entre turnos. Se utilizaron además correlaciones de Spearman. Los valores de  $p \leq 0,05$  fueron considerados estadísticamente significativos. Todos los datos se expresan como el valor de la mediana  $\pm$  la desviación absoluta de la mediana (MAD), a lo largo de todo este capítulo (salvo que se indique lo contrario).

### Resultados

Veintinueve bailarines (29) de las END-SODRE entrenando en el turno matutino y veintisiete bailarines (27) en el turno nocturno, cumplieron con el criterio de inclusión como participantes (tabla V.1). Aunque los primeros años de las END-SODRE se

ubican en el turno nocturno y los últimos años en el turno matutino, la edad de los participantes no difiere significativamente entre turnos ( $p=0,179$ ; test Mann-Whitney  $U$ , (tabla V.1).

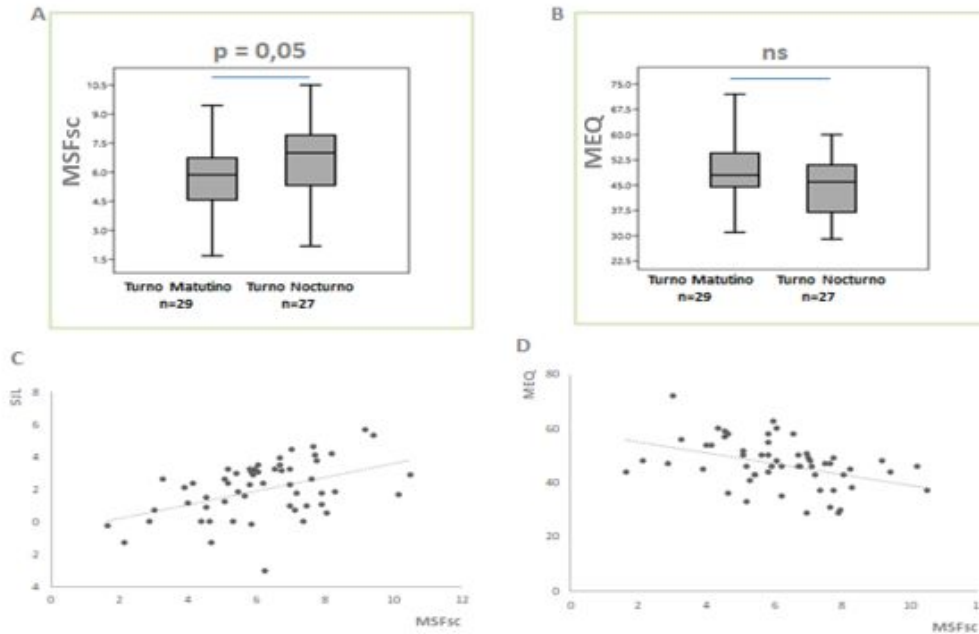
		Total	Turno Matutino	Turno Nocturno	
					<i>p</i>
Participantes (n)		56	29	27	
Género (n)	Femenino	45	24	21	
	Masculino	7	3	4	
	Otro	4	2	2	
Edad		22 ± 2	22 ± 2	22 ± 2	0,179
MEQ score		46,5 ± 3,5	48 ± 4	46 ± 6	0,109
MSFsc		6:10 ± 1:14	5:52 ± 0:53	7:00 ± 1:08	0,047
SJL Jetlag Social		2,25 ± 1,06	3,08 ± 0,71	1,13 ± 1,13	<0,001

*p-Test Mann-Whitney U*

*Tabla V.1. Número de participantes, género, edad y caracterización cronobiológica, estimada por MSFsc (MCTQ) y por el puntaje de MEQ, y la disrupción circadiana (SJL determinado a partir de MCTQ), de los bailarines que entrenan en el turno matutino y en el turno nocturno. Todos los valores están expresados en mediana ± mad.*

La caracterización cronobiológica de la población reveló que el cronotipo global corresponde a un valor de MSFsc de 06:10, siendo más vespertino en los bailarines que concurren al turno nocturno (06:40) que en los bailarines del turno matutino (05:43) (tabla V.1, figura V.1A). El SJL presentó una mediana de 2,25 ± 1,06 horas y correlaciona con el cronotipo estimado por MSFsc ( $R = 0,464$ ,  $p = 0,0003$ ; figura V.1C). Por otro lado, las preferencias circadianas corresponden a un valor global de MEQ de 46,91 ± 8,8, sin encontrar diferencias significativas entre los estudiantes del turno matutino (48,83 ± 8,51) y del turno nocturno (44,85 ± 8,96) ( $p = 0,109$ , tabla V.1,

figura V.1B). La caracterización cronobiológica de este grupo de bailarines, a partir de la evaluación de ambos instrumentos correlacionaron significativamente ( $R = -0,416$ ,  $p = 0,001$ ; figura V.1D).



*Figura V.1- Cronotipos de los participantes. (A) Comparación del cronotipo estimado por MSFsc (MCTQ) entre turnos. (B) Comparación del cronotipo estimado por el puntaje de MEQ entre turnos; ns indica no significativo. (C) Correlación entre MSFsc y SJJ calculados a partir de los reportes del MCTQ n=56. (D) Correlación entre MSFsc y el puntaje del MEQ, n =56. Todos los valores están expresados en mediana  $\pm$  mad.*

A partir del MCTQ y de los DS se estimó la ubicación del sueño de cada participante en los días de entrenamiento y días libres. Ambas aproximaciones muestran que la ubicación del sueño fue significativamente más tardía en los días libres con respecto a los días de entrenamiento en participantes de ambos turnos, siendo este retraso mayor en los bailarines del turno matutino que en los del turno nocturno (tabla V.2). Además, el sueño se ubica significativamente más tarde en los bailarines del turno nocturno que en los bailarines del turno matutino en los días de entrenamiento y en los días libres, tanto por MCTQ como por DS (tabla V.2).

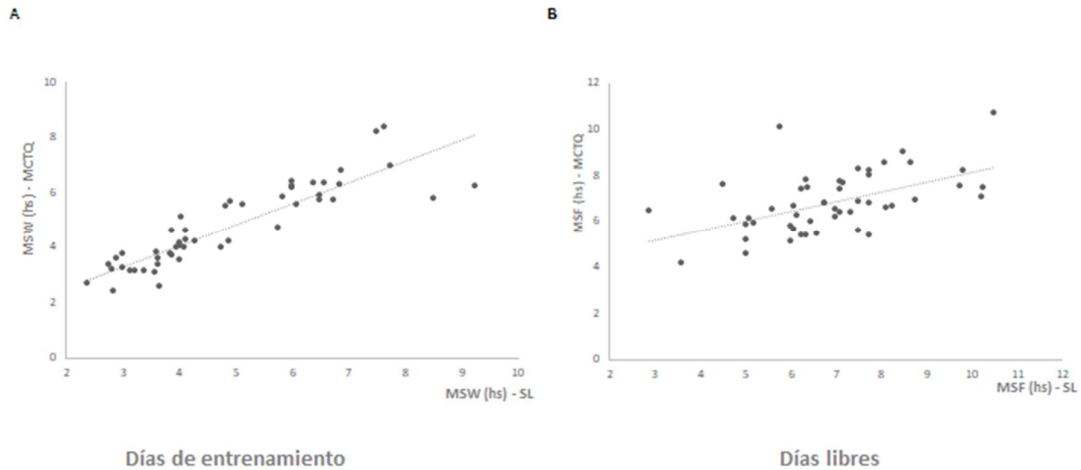


	MCTQ n=56			Diarios de Sueño n=50		
	Ubicación de sueño (h)					
	MSW	MSF	P <sup>1</sup>	MSW	MSF	p <sup>1</sup>
<b>Turno Matutino</b>	3:40 ± 0:28	6:20 ± 0:45	<0,0001 n=29	3:36 ± 0:27	6:08 ± 0:45	<0,0001 n=25
<b>Turno Nocturno</b>	6:05 ± 0:47	7:30 ± 0:38	0,003 n=27	5:51 ± 0:28	6:50 ± 0:32	<0,0001 n=25
	p <sup>2</sup>	<0,0001	0,022	<0,0001	0,041	

<sup>1</sup> Test de Wilcoxon Matched-Pairs  
<sup>2</sup> Test Mann-Whitney U

Tabla V.2- Ubicación del sueño expresada por el Punto Medio de Sueño de los días de trabajo (MSW) y días libres (MSF) calculados a partir de los datos reportados por MCTQ y DS de los bailarines que entrenan en el turno matutino y en el turno nocturno. Todos los valores están expresados en mediana ± mad.

La ubicación del sueño reportada por MCTQ y DS correlacionan significativamente tanto en los días de entrenamiento (MSW R = 0,889 p < 0,0001 figura V.2A) como en los días libres (MSF, R = 0,534, p < 0,0001; figura V.2B).



*Figura V.2- Validación de la estimación de la ubicación de sueño por MCTQ y DS. (A) Correlación entre el punto medio de sueño en los días de trabajo (MSW) medido por MCTQ y DS. (B) Correlación entre el punto medio de sueño en los días libres (MSF) medido por MCTQ y DS.*

La duración de sueño calculada por DS en los días de entrenamiento (SDW) no difiere significativamente entre turnos (tabla V.3). Sin embargo, en días libres (SDF), los bailarines del turno matutino duermen significativamente más que los del turno nocturno (tabla V.3). Al analizar estos parámetros separados por turnos, la duración de sueño en los días libres (SDF) es mayor que en los días de entrenamiento (SDW) en los bailarines que asisten al turno matutino, pero no se encontraron diferencias significativas en los bailarines del turno nocturno (tabla V.3). A pesar de esto, el AVSD no presenta diferencias significativas entre turnos (tabla V.3).

	Diarios de Sueño			n=50
	Duración de sueño (h)			
	SDW	SDF	p <sup>1</sup>	AVSD
Turno Matutino n=29	6,81 ± 0,52	7,97 ± 0,65	0,0002	7,01 ± 0,48
Turno Nocturno n=27	7,26 ± 0,49	6,79 ± 0,44	0,211	7,18 ± 0,39
	p <sup>2</sup>	0,140	<0,0001	0,594

<sup>1</sup> Test de Wilcoxon Matched-Pairs

<sup>2</sup> Test Mann-Whitney U

Tabla V.3- Duración de sueño calculada a partir de los datos individuales reportados en DSs, expresada como SDW (días de trabajo) y SDF (días libres) y AVSD (promedio semanal de duración de sueño), de los bailarines que entrenan en el turno matutino y en el turno nocturno. Todos los valores están expresados en mediana ± mad.

## Discusión

En este capítulo los resultados fueron consistentes con la hipótesis planteada. Por una parte, los bailarines que asisten al turno nocturno presentaron cronotipos más tardíos que los que asisten al turno matutino estimados por MCTQ (aunque no por MEQ, tabla V.1, figura V.1). Además, los bailarines del turno nocturno ubicaron su sueño más tardíamente que los del turno matutino tanto en días de entrenamiento como en días libres (tabla V.2). Finalmente, aunque la duración del sueño en los días libres fue mayor para los bailarines del turno matutino respecto a los del turno nocturno, la duración de sueño promedio semanal no resultó significativamente diferente entre turnos (tabla V.3).

La alta calidad de estos datos permite respaldar dichas conclusiones. Primero, como validación interna del MCTQ, la correlación significativa entre MSFsc y la disrupción social (SJL) (figura V.1C), indica que los cronotipos más tardíos están sujetos a mayor

desincronización (Wittmann et al., 2006). En segundo lugar, los dos cuestionarios estándar validados internacionalmente, (MCTQ y MEQ) (Horne & Ostberg, 1976; Roenneberg et al., 2003) para caracterización cronobiológica correlacionaron negativamente (figura V.1D), (Zavada et al., 2005). Sumado a esto, la ubicación del sueño proveniente del MCTQ y de los 18 días de auto-reporte de DS también correlacionaron significativamente (figura V.2), indicando de esta forma la confiabilidad de la información auto-reportada por los participantes. Aunque las diferencias en edad y género sobre el cronotipo (MSFsc) han sido previamente reportadas (Roenneberg et al., 2004), no se evaluaron estos efectos dado que todos los participantes eran mayores de 18 años, su edad estaba restringida dentro de un pequeño rango, y la población de estudio estaba compuesta mayoritariamente por mujeres.

En línea con lo reportado previamente en adolescentes (Estevan et al., 2020) y en jóvenes uruguayos (Silva et al., 2019; Tassino et al., 2016), los cronotipos estimados por MSFsc fueron bastante tardíos, mientras que los puntajes de MEQ no indicaron nocturnidad extrema. Esta discrepancia no sorprende ya que ambos cuestionarios exploran diferentes aspectos de las preferencias circadianas.

Roenneberg y colaboradores (2012, 2019) afirman que, a diferencia de la evaluación de las preferencias diarias, el MSFsc es un estimativo directo de la “fase de arrastre”, conceptualizada como la diferencia entre la fase de los relojes circadianos internos y la fase del zeitgeber externo (el ciclo real de luz-oscuridad). Para evaluar la tipología circadiana, el MEQ representa una medida estándar del momento que refleja cuando una persona se siente en su estado físico y mental óptimo. El MCTQ mide un marcador biológico, en vez de un indicador psicológico de preferencia de actividad (Putilov, 2017). Podría ser que el MCTQ esté midiendo el costo de la adaptación a los ritmos sociales. Quizás al centrarse en el momento de sueño, la medida del MSFsc acompaña más cercanamente la fase circadiana endógena.

Los datos auto-reportados del MCTQ y de DS, fueron muy consistentes en mostrar diferencias entre los patrones de sueño de los bailarines del turno matutino y nocturno

(tabla V.2). Las diferencias en la ubicación del sueño entre los bailarines de los dos turnos reflejan el patrón reportado en los adolescentes latinoamericanos que asisten a diferentes turnos en la educación secundaria (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2017; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Valdez et al., 1996). Aunque en este estudio los participantes pertenecen a otra franja etaria (mayores de 20 años) y los turnos considerados son más contrastantes, el horario de asistencia a clase mantiene su incidencia en la ubicación del sueño y en consecuencia en la estimación del cronotipo individual. Es interesante resaltar que no hay estudios previos que hayan explorado el impacto cronobiológico de los turnos de entrenamiento en danza en adultos jóvenes ya que la mayoría de los estudios de este tipo se han focalizado en adolescentes liceales.

Con respecto a la duración del sueño, se destaca que solo los bailarines del turno matutino exhiben las diferencias esperadas entre días de trabajo y días libres: duermen más los fines de semana y recuperan la falta de sueño de los días de entrenamiento. Por el contrario, los bailarines del turno nocturno no retrasan su sueño ni duermen más en los días libres que en los de entrenamiento. Es probable que no tener que madrugar todos los días de semana para ir a clase, les permita dormir más durante la semana y no necesiten recuperar el sueño en el fin de semana. El horario de entrenamiento impacta sobre los patrones de sueño, modulando el comportamiento de los bailarines y la organización del sueño de acuerdo a las demandas horarias. Las demandas sociales imponen una discrepancia crónica entre el reloj interno y el tiempo social, particularmente en adolescentes y adultos jóvenes, que resulta en una deficiencia de sueño en los días de trabajo y en una compensación de sueño en los fines de semana (Roenneberg et al., 2003; Wittmann et al., 2006).

En conclusión, en esta población, que presenta características ventajosas para las investigaciones cronobiológicas, se confirma que los patrones de sueño muestran diferencias entre turnos, así como también entre días de trabajo y días libres. El cronotipo es extremadamente tardío en los bailarines que asisten al turno nocturno con respecto a los que asisten al turno matutino. Sin embargo, las preferencias circadianas no exhiben diferencias entre turnos, revelando que en ambos turnos asisten bailarines

con preferencias horarias matutinas y vespertinas. A pesar de esta inconsistencia entre instrumentos, los valores del MCTQ y MEQ correlacionan significativamente de la forma esperada y hay una importante congruencia entre los auto-reportes de los bailarines sobre lo que “piensan que hacen” (MCTQ) y “lo que realmente hacen” (DS). Se puede concluir que existe una importante y clara influencia del turno sobre el cronotipo y sobre los patrones de sueño en este grupo de bailarines, que impacta sobre cómo organizan su sueño en respuesta a su agenda social.

## VI. Capítulo II: CARACTERIZACIÓN CRONOBIOLÓGICA OBJETIVA DE LOS BAILARINES DE LOS TURNOS MATUTINO Y NOCTURNO DE LAS ESCUELAS DE FORMACIÓN ARTÍSTICA DEL SODRE. LA FASE CIRCADIANA Y SUS DETERMINANTES.

En este capítulo se ponen a prueba las hipótesis 2) y 3)

**H2)** La fase circadiana individual de los bailarines estará modulada por el turno de entrenamiento al cual asisten.

**H3)** La actividad física en los horarios de entrenamiento tendrá mayor influencia que la exposición a la luz para determinar la fase circadiana.

Y sus correspondientes predicciones P3) y P4)

*P3) La fase circadiana de los bailarines que asisten al turno nocturno será más tardía que la de los bailarines que asisten al turno matutino.*

*P4) La actividad física de los bailarines del turno nocturno (pero no la luz) será un factor determinante de su fase circadiana.*

En este capítulo se plantean los objetivos específicos 3), 4), 5) y 6):

*3) Caracterizar el ritmo circadiano de actividad-reposo de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de mediciones objetivas por actimetría.*

*4) Caracterizar el patrón de exposición a la luz de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE a través de mediciones objetivas por medio de un sensor de luz por actimetría.*

*5) Caracterizar la fase circadiana endógena de bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE mediante la determinación del momento de inicio del aumento nocturno de melatonina (DLMO).*

6) *Evaluar el impacto de los turnos de asistencia, exposición a la luz, actividad física, cronotipo y ubicación del sueño sobre la fase circadiana endógena medida por DLMO en bailarines de los turnos matutino y nocturno de las END-SODRE.*

## **Métodos**

En este capítulo se aplicaron 4 instrumentos diferentes sobre una submuestra de 18 bailarines (7 del turno matutino y 11 del turno nocturno) de la población general. Por lo tanto, estos bailarines también completaron el cuestionario sociodemográfico, el MCTQ y DS, como instrumentos subjetivos (utilizando el mismo criterio de inclusión que en el capítulo I), para la determinación del cronotipo y hábitos de sueño (ver sección V. capítulo I). Se incorporaron métodos objetivos como registros de actimetría y mediciones de los niveles de melatonina. Durante un período de muestreo de 18 días los participantes fueron equipados con actímetros pulsera y completaron sus DS en el mismo período (ver sección V. capítulo I, métodos). El registro de actimetría y de DS finalizó con la toma de muestras de saliva para la determinación de los niveles de melatonina.

### **Medidas objetivas: actimetría**

Se evaluaron los patrones de actividad-reposo y de exposición a la luz a partir de medidas objetivas registradas por medio de la actigrafía. El fundamento principal de los registros actimétricos es registrar movimientos que permitan determinar en qué momentos del día el sujeto está despierto y cuándo ocurre el sueño. A través del sensor de luz se estima la intensidad de luz a la cual cada individuo está expuesto a lo largo del día.

Los bailarines fueron equipados con actímetros GeneActive Original, Activinsights, UK. (<https://www.activinsights.com/>), que utilizaron continuamente en la muñeca no dominante, por un período de 18 días (10 al 27 de agosto de 2019). Los dispositivos fueron programados para comenzar el registro continuo el sábado 10 de agosto de 2019 a las 08:00 a una frecuencia de muestreo de 10 Hz. Los datos fueron extraídos



de los dispositivos con el software de GENEactiv y son convertidos en epoch de 1 min (Horne & Biggs, 2013). El acelerómetro registra el movimiento en 3 ejes (x, y, z) y en cada epoch de 1 min se obtuvo la suma de las magnitudes vectoriales según SVM  $gs = \sum [(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} - 1g]$  como parámetro indicador del nivel de actividad. Los valores se expresan en unidades de aceleración basada en la gravedad (gravity-based acceleration units, gs). Además, se obtuvo el promedio de la exposición y del pico máximo de luz para cada epoch. Los datos de actividad fueron procesados con el Software Integrado de Cronobiología “El Temps” (© Antoni Díez-Noguera, Barcelona, CA, España) (Diez Noguera, 2007).

### Actogramas

Se construyeron actogramas como representación visual de las variaciones de actividad a lo largo de una serie temporal. Los actogramas se grafican como “doble-gráfica”, por lo que cada fila corresponde a un período de 48 h (Diez Noguera, 2007). Los datos se suavizaron usando una mediana móvil de  $\pm 2$ , se definió un período de 1440 min (24 h) que comienza a las 00:00, pero para el inicio del registro programado para las 08:00 se determinó un retraso en la lectura de los datos de 480 min.

### Análisis de cosinor

El método del cosinor consiste en ajustar los valores obtenidos experimentalmente a una función sinusoidal (coseno) para cuantificar características del ritmo y representarlo gráficamente. Este método asume que un ritmo circadiano puede ser representado como una curva sinusoidal si se elimina el ruido, y es muy útil cuando se desconocen las características del ritmo, pero se intuye que tiene una periodicidad cercana a las 24 horas (Díez-Noguera, 2013). Con este análisis se obtuvo la acrofase (Af) de actividad para cada participante definida como el momento del día en que la función coseno alcanza el valor máximo.

### Análisis de la forma de onda

Este análisis se basa en la forma de onda de la representación gráfica del ritmo (Refinetti et al., 2007) y permite obtener una descripción cuantitativa del ritmo. A partir

de este análisis para cada participante se estimaron las siguientes variables lineales: el promedio de la actividad del período de las 10 h más activas (M10), el promedio de la actividad del período de las 5 horas menos activas (L5) (McGowan & Coogan, 2018; Van Someren et al., 1999) y la amplitud relativa (AR) donde  $AR = \frac{M10-L5}{M10+L5}$  (Lyll et al., 2018; Van Someren et al., 1999). La AR se considera una medida de la amplitud de los ritmos de actividad/reposo e indica la robustez del ciclo. Se considera como indicador de ritmos saludables cuando su valor es mayor o igual a 0,6 (rango 0-1) (Gonçalves et al., 2014; Lyll et al., 2018). Se estimaron también variables circulares como el punto medio del período de las 10 h de mayor actividad (M10c) y el punto medio del período de las 5 h de menor actividad (L5c).

#### Prueba de Rayleigh

Esta prueba permite calcular la distribución de la direccionalidad de ciertas variables en un diagrama circular que representa las 24 h del día (Refinetti et al., 2007). Se utilizó esta prueba con las variables indicadoras de fase del ritmo de actividad/reposo: acrofase (Af), M10c y L5c.

#### Análisis de la actividad física y exposición a la luz en un ciclo diario

Se analizó la actividad física y exposición a la luz durante el día previo a la toma de muestras para determinar los niveles de melatonina, que coincidió con un día de entrenamiento. La actividad física de cada participante se analizó considerando la suma de magnitudes vectoriales registrada en cada epoch de 1 min. A partir de los valores individuales, se calculó el promedio de actividad física en cada epoch de 1 min durante 24 h para los bailarines del turno matutino y del turno nocturno. Además, en cada epoch de 1 min se calculó el porcentaje de participantes de cada turno que superaron los 60 gs, punto de corte sugerido para la actividad física moderada/vigorosa (Esliger et al., 2011; Phillips et al., 2013).

En forma similar, la exposición a la luz de cada participante se analizó considerando el pico máximo registrado en cada epoch de 1 min. A partir de los valores individuales, se calculó el promedio de exposición a la luz en cada epoch de 1 min durante las 24 h para los bailarines del turno matutino y del turno nocturno. Además, en cada epoch de 1 min se calculó el porcentaje de participantes en cada turno expuesto a una intensidad de luz mayor a 1000 lux, punto de corte sugerido para identificar la luz natural (Esliger et al., 2011; Phillips et al., 2013). Finalmente, se estimó para cada participante el promedio de actividad física y de exposición a la luz en un período de 3h alrededor del DLMO individual (desde 2 h antes hasta 1 h después del DLMO).

### Melatonina: medición de melatonina y determinación del DLMO

Se estimó la fase circadiana de cada participante a través de la determinación de su mediador fisiológico validado, calculando el inicio del ascenso nocturno en los niveles de melatonina, utilizando el protocolo de DLMO (por sus siglas en inglés “dim light melatonin onset”) (Lewy, 1999). El DLMO se reconoce como el indicador del comienzo de la noche biológica endógena (Lewy, 1999; Wehr et al., 2001; Wehr, 1991) y por lo tanto un indicador de fase del ciclo individual.

El DLMO se determinó a partir de muestras de saliva tomadas a intervalos regulares de 60 min entre las 18:00 y las 24:00 del último día del registro actimétrico, que fue un día de entrenamiento. Durante todo el muestreo los participantes permanecieron en reposo y en condiciones de luz tenue (< 30 lux), siguiendo las recomendaciones de Lewy y colaboradores (1999), para favorecer la emergencia del aumento endógeno de melatonina sin distorsiones ambientales. No tuvieron acceso a dispositivos electrónicos y se mantuvieron en las mismas condiciones de luz aún para ir al baño. Entre las 20:00 y las 21:00 se les suministró una cena liviana. Las muestras de saliva se almacenaron a -20°C y la medición y determinación de los niveles de melatonina salival se realizó mediante kits comerciales de ELISA (ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas) siguiendo las instrucciones del fabricante (Salimetrics).

Estos ensayos fueron realizados por colaboradores de la Cátedra de Inmunología (Instituto de Higiene) de la Universidad de la República de acuerdo a lo reportado en Silva y colaboradores (2019).

Siguiendo a Silva y colaboradores (2019), el DLMO se estimó como el momento (hora reloj) en que el ajuste cuadrático de los puntos de la curva de niveles de melatonina se cruza con el umbral individual de melatonina. Este umbral se estimó por la concentración de melatonina más el doble de la desviación estándar del promedio de los valores previos al cruce como se muestra en la figura VI.4A, para un participante representativo del turno matutino y otro del turno nocturno. Una vez calculado el DLMO individual, se determinó la ventana nocturna sensible de 3 h para cada participante que incluye 2 h antes a 1 h después del DLMO (ver ejemplo en figuras VI.6C y VI.7C). En esta ventana temporal se ha documentado que tanto la exposición a la luz (Lewy et al., 1985) como la actividad física (Youngstedt et al., 2019) retrasan la fase del ritmo circadiano.

### Análisis estadísticos

Debido a que las variables no cumplieron con las condiciones de normalidad y/o homocedasticidad, los datos son expresados en mediana  $\pm$  desviación absoluta de la mediana (MAD), a lo largo de todo este capítulo (salvo que se indique lo contrario). Las comparaciones estadísticas fueron analizadas por medio de tests no-paramétricos: el Test de Wilcoxon signed-rank y el Test *U* de Mann–Whitney. Se realizaron correlaciones de Spearman, también no paramétricas. Los valores de  $p \leq 0,05$  fueron considerados estadísticamente significativos. Para normalizar los horarios de la fase circadiana, el tiempo en horas se convirtió en horas DLMO para cada individuo.

## Resultados

Como se muestra en la tabla VI.1, los 18 bailarines de las END-SODRE (7 del turno matutino y 11 del turno nocturno) que participaron de este estudio, no presentaron diferencias de edad entre los turnos.

	Total	Turno Matutino	Turno Nocturno	p
	18	7	11	
Edad	22 ± 2,5	23 ± 2	21 ± 2	0,649
MSFsc MCTQ	05:18 ± 1:17	05:12 ± 0:56	05:19 ± 1:18	0,928
SJL MCTQ	1,75 ± 1,38	3,08 ± 0,71	1,13 ± 1,13	0,018
MSW DS	04:01 ± 0:44	03:15 ± 0:08	04:43 ± 0:49	0,002
MSF DS	06:08 ± 0:53	05:47 ± 0:13	6:48 ± 0:58	0,319

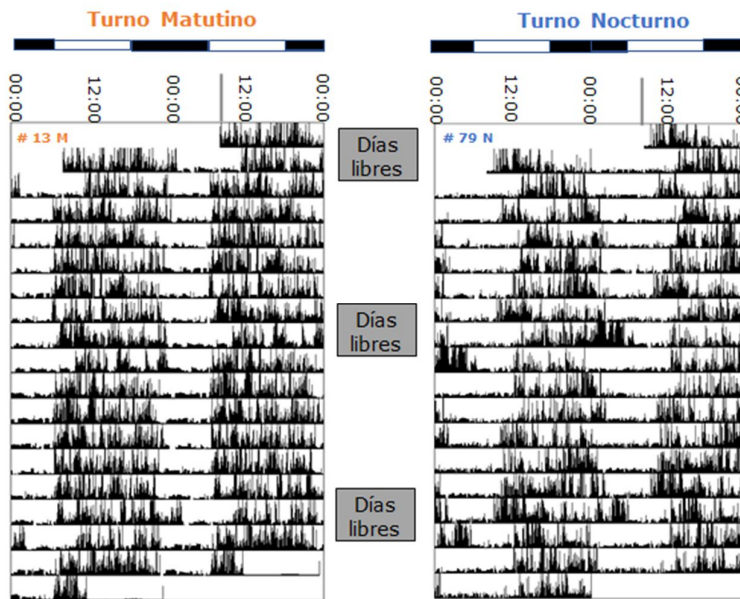
*Tabla VI.1- Número de participantes, género, edad y caracterización cronobiológica, de una muestra de bailarines que entrenan en el turno matutino y en el turno nocturno. A partir del MCTQ se calculó MSFsc y el SJL. A partir de los DS se calculó el MSW y el MSF. Todas las variables están expresadas en mediana ± mad. Para las comparaciones se aplicó el test Mann-Whitney U.*

La caracterización cronobiológica de este subgrupo muestra que el valor del cronotipo estimado por MSFsc (MCTQ) fue de 05:18 ± 1:17, sin diferencias significativas entre turnos (tabla VI.1). Sin embargo, el SJL del conjunto de los bailarines corresponde a 1,75 ± 1,38 h, siendo significativamente mayor en el turno matutino que en el nocturno (tabla VI.1). La correlación significativa entre los valores de MSFsc y SJL reportados por MCTQ evidencia que cuanto más tardío es el cronotipo, mayor es la disrupción circadiana (R = 0,560, p = 0,016). Los DS mostraron que la ubicación del sueño los días de entrenamiento medida por MSW es significativamente más tardía para los bailarines del turno nocturno que del matutino (tabla VI.1). Sin embargo, la ubicación

del sueño en los días libres medida por MSF no mostró diferencias entre turnos (tabla VI.1). La ubicación del sueño entre días de entrenamiento y días libres reveló diferencias significativas en ambos turnos (matutino: Wilcoxon rank test,  $n=7$ ,  $p = 0,018$ ; y nocturno Wilcoxon rank test,  $n=11$ ,  $p = 0,004$ ), indicando que los días libres el sueño se ubica más tarde que los días de entrenamiento.

### Caracterización de los ritmos diarios de actividad

A partir de los datos de actividad registrados por los actímetros se obtuvieron actogramas de “doble-gráfica” para cada participante. En la figura VI.1 se presentan actogramas representativos de un participante de cada turno. En ellos se distinguen los momentos de actividad y reposo por la altura de las barras que indican movimiento, que corresponden a ritmos robustos con fases de actividad intensa y fases de reposo. En el actograma del participante del turno matutino, se aprecian momentos de actividad bien marcados en los horarios correspondientes al turno de entrenamiento (08:30-12:30). Por otra parte, en el actograma del participante del turno nocturno se observa actividad pasada la medianoche (período en el cual el participante del turno matutino está en reposo); es decir, actividad retrasada respecto al participante del turno matutino, especialmente en los días de entrenamiento. Se evidencia también que el participante del turno nocturno presenta períodos de reposo más prolongados que el participante del turno matutino en los días de entrenamiento. Se aprecia que el participante del turno nocturno es más irregular, no solo entre días libres y de entrenamiento, sino también inclusive entre días libres.



*Figura VI.1- Actogramas representativos de un participante del turno matutino (#13 M) y otro del turno nocturno (#79 N). Mediante la altura de las barras se diferencian claramente los períodos de actividad y los de reposo. Se identifican los días libres (sábado y domingo) con recuadros grises. La barra gris vertical indica el inicio del registro el 10 de agosto de 2019 a las 08:00.*

En la tabla VI.2 se exponen las variables de fase de la actividad y reposo de los participantes de ambos turnos, M10c, L5c y Acrofase (Af). En los días de entrenamiento, las tres variables son distintas entre turnos y retrasadas en los bailarines del turno nocturno respecto a los del turno matutino. Sin embargo, en los días libres no aparecen diferencias entre turnos en ninguna de ellas. Por otro lado, al comparar entre los días de entrenamiento y los días libres, se observan diferencias en las tres variables en los bailarines del turno matutino, pero solamente en L5c en los del turno nocturno.

	M10c (h)			L5c (h)			Acrofase (h)		
	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>
Turno Matutino n=7	12:15 ± 0:42	17:26 ± 0:45	0,018	03:29 ± 0:37	06:33 ± 1:05	0,018	13:49 ± 0:49	17:52 ± 0:56	0,018
Turno Nocturno n=11	19:15 ± 0:41	17:08 ± 2:55	0,722	05:03 ± 0:54	06:59 ± 1:01	0,010	18:26 ± 0:28	18:27 ± 1:43	0,722
	p <sup>2</sup>								
	0,001	0,928		0,03	0,277		0,001	0,856	

M10center= M10c= el punto medio de las 10 horas más activas del día

L5center= L5c = es el punto medio de las 5 horas menos activas,

Acrofase= momento del día en que el ajuste a la función coseno de la actividad alcanza su máximo

<sup>1</sup> Test Wilcoxon Matched-Pairs

<sup>2</sup> Test Mann-Whitney U

Tabla VI.2- Actimetría de fase. Datos de actividad medidos por actimetría (mediana ± mad).

En la figura VI.2 se representa el Test de Rayleigh para las variables de actividad presentadas en la tabla VI.2 y se visualiza su distribución a lo largo de 24 h en un diagrama circular que representa un reloj. En los días de entrenamiento la ubicación de los tres parámetros de fase (M10c, L5c, Af) se encuentra retrasada significativamente en los participantes del turno nocturno respecto a los del turno matutino. Sin embargo, no se observa esta diferencia en los días libres. En este diagrama cada triángulo representa un individuo y se evidencia claramente la diferencia en la dispersión para cada turno y entre días de trabajo y días libres. Los días de entrenamiento el M10c, L5c y Af en cada turno se encuentran bien agrupados mientras que, en los días libres, la actividad de los participantes del turno nocturno se observa más dispersa en todos los parámetros considerados.



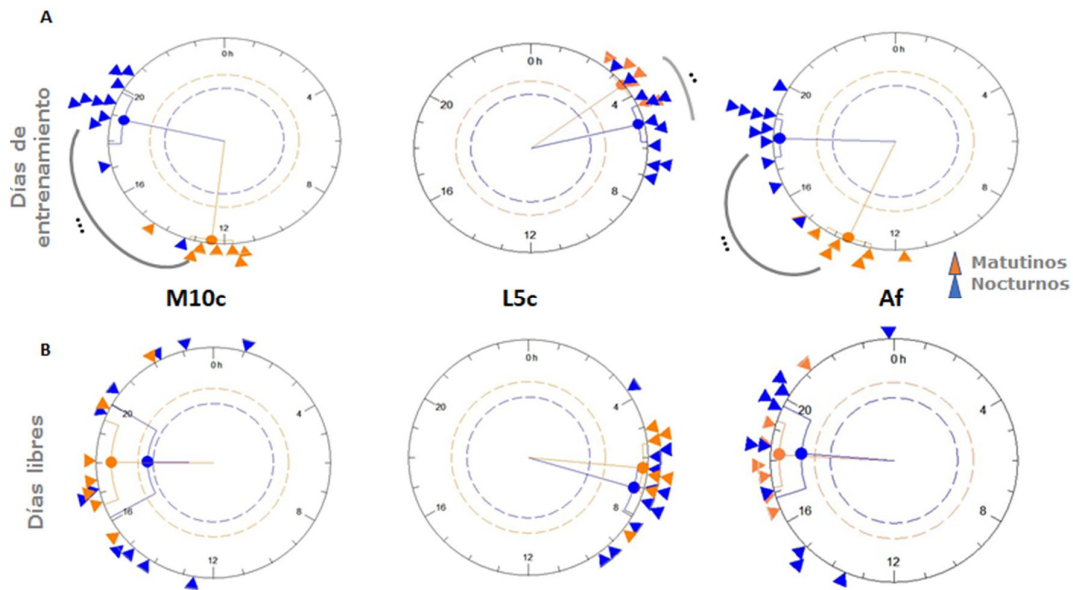
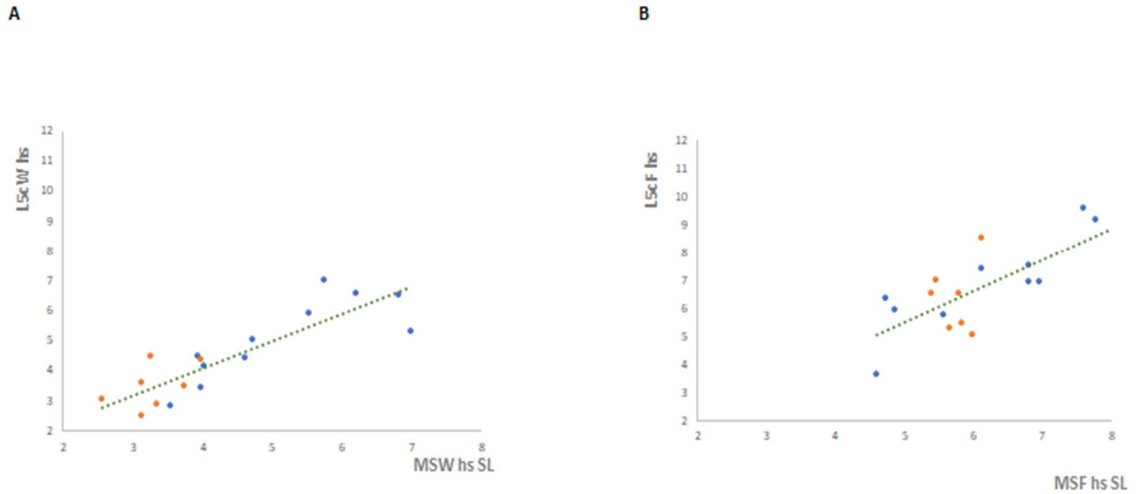


Figura VI.2- Test de Rayleigh para todos los participantes de ambos turnos, que muestra la distribución de la actividad en 24 h. Cada triángulo representa un participante. Con asteriscos se indican las diferencias significativas entre turnos para las 3 variables en los días de entrenamiento (A): M10c ( $p=0,001$ ), L5c ( $p=0,03$ ) y acrofase ( $p=0,001$ ). (B)- En ninguna de las 3 variables hay diferencias significativas entre turnos en los días libres. Los bailarines del turno matutino se representan en color naranja y los del turno nocturno en color azul.

La asociación entre el punto medio de sueño (MS) auto-reportado por DS y la ubicación del reposo proveniente de la actimetría revela una fuerte correlación significativa tanto en los días de entrenamiento (L5cW-MSW,  $R=0,860$ ,  $p<0,0001$ , figura VI.3A) como en los días libres (L5cF-MSF,  $R = 0,761$ ,  $p < 0,0001$ ; figura VI.3B).



*Figura VI.3- Regresiones lineales entre punto medio de sueño (MS) obtenido por DS y L5c obtenido por actimetría en los días de entrenamiento (A) y en los días libres (B).*

El análisis de la amplitud de los ritmos de actividad física a través de las variables M10, L5 y AR se presenta en la tabla VI.3. Ninguna de las tres variables es diferente entre turnos ni en días de entrenamiento ni en días libres (aunque M10 es marginalmente mayor en el turno nocturno en días libres), lo que revela que los bailarines de ambos turnos realizan un ejercicio físico diario de intensidad similar. Al comparar entre días de trabajo y días libres en cada turno, los bailarines del turno matutino mostraron mayores valores de M10 los días de entrenamiento mientras los del turno nocturno presentaron mayores valores de L5 en días libres. Sin embargo, esto no afecta a la robustez del ritmo medida por la AR que presenta valores superiores a 0,6 en todas las condiciones y que es significativamente mayor en días de entrenamiento que en días libres en ambos turnos (tabla VI.3).

	M10 (u/a)			L5 (u/a)			AR (u/a)		
	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>	días de entrenamiento	días libres	p <sup>1</sup>
Turno Matutino n=7	53,05 ± 5,87	41,80 ± 8,05	0,018	6,09 ± 1,69	9,93 ± 3,55	0,310	0,77 ± 0,05	0,62 ± 0,06	0,018
Turno Nocturno n=11	54,05 ± 4,97	51,50 ± 6,93	0,424	7,94 ± 1,11	11,07 ± 2,76	0,026	0,74 ± 0,02	0,66 ± 0,06	0,016
	p <sup>2</sup>								
	0,717	0,057		0,651	0,415		0,786	0,928	

M10 = es la media de actividad durante las 10 horas más activas

L5 = es la media de actividad en las 5 horas menos activas

Amplitud Relativa = AR = diferencia relativa entre M10 y L5, toma valores entre 0 y 1 que al aumentar representan una mayor diferenciación entre los niveles de actividad del día y la noche

<sup>1</sup> Test Wilcoxon Matched-Pairs

<sup>2</sup> Test Mann-Whitney U

Tabla VI.3- Actividad estimada a partir de actimetría: M10, L5 y AR (mediana ± mad).

### Fase circadiana individual y sus determinantes

En la figura VI.4A, se presenta la estimación del DLMO en un participante representativo del turno matutino y en otro del turno nocturno, que muestra que el DLMO del participante del turno nocturno es más retrasado que el del turno matutino. Se presenta además la determinación del umbral (línea punteada gris en figura VI.4A) y el valor correspondiente del DLMO para los participantes seleccionados de cada turno. La estimación del DLMO depende del umbral individual y del ajuste cuadrático de los valores individuales de los niveles de melatonina cada 1 h. Como se muestra en la figura VI.4B, el DLMO, principal indicador de la fase circadiana individual fue significativamente más tardío en los bailarines del turno nocturno (21:42 ± 0:53) que en los del turno matutino (20:32 ± 0:34).

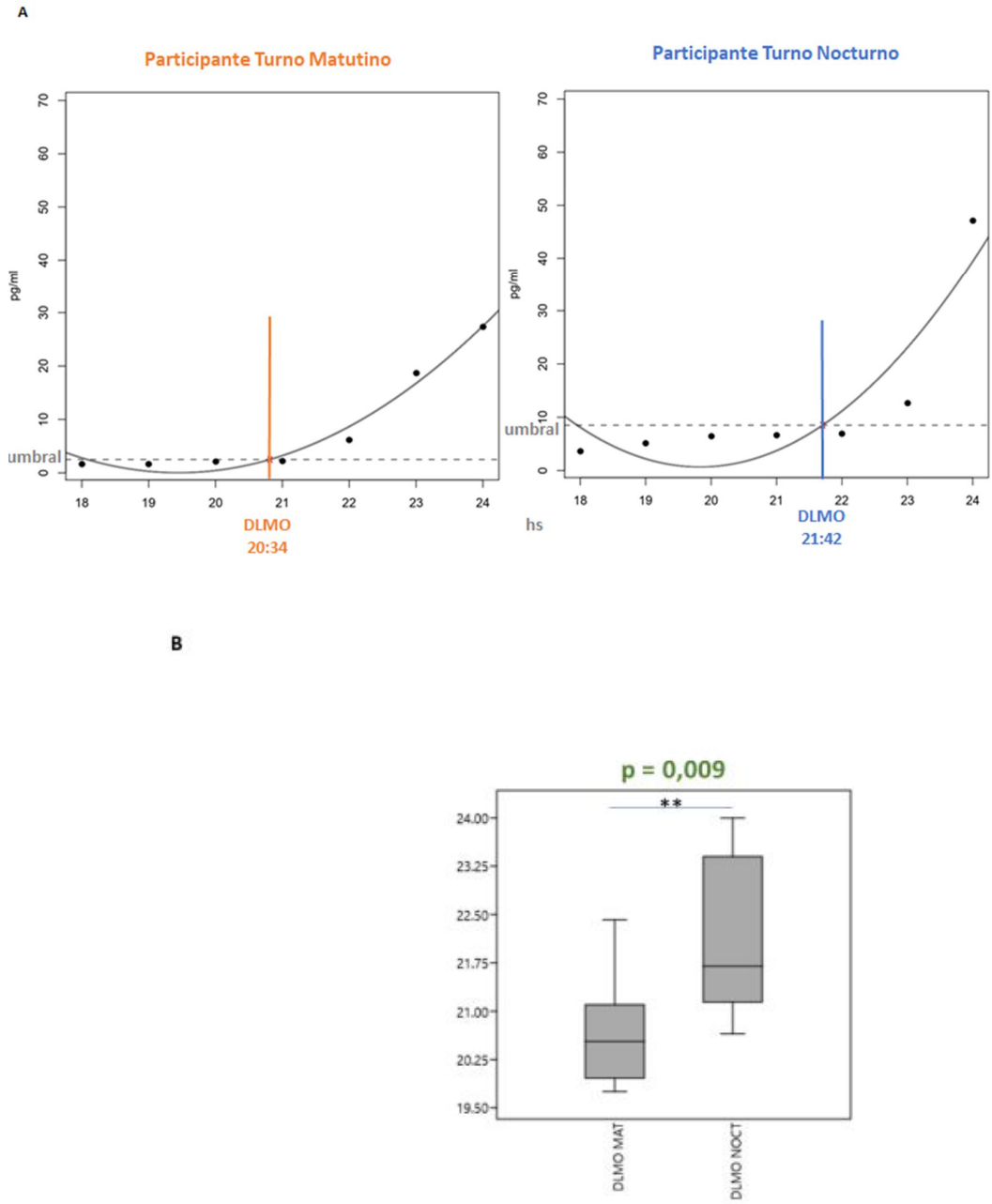
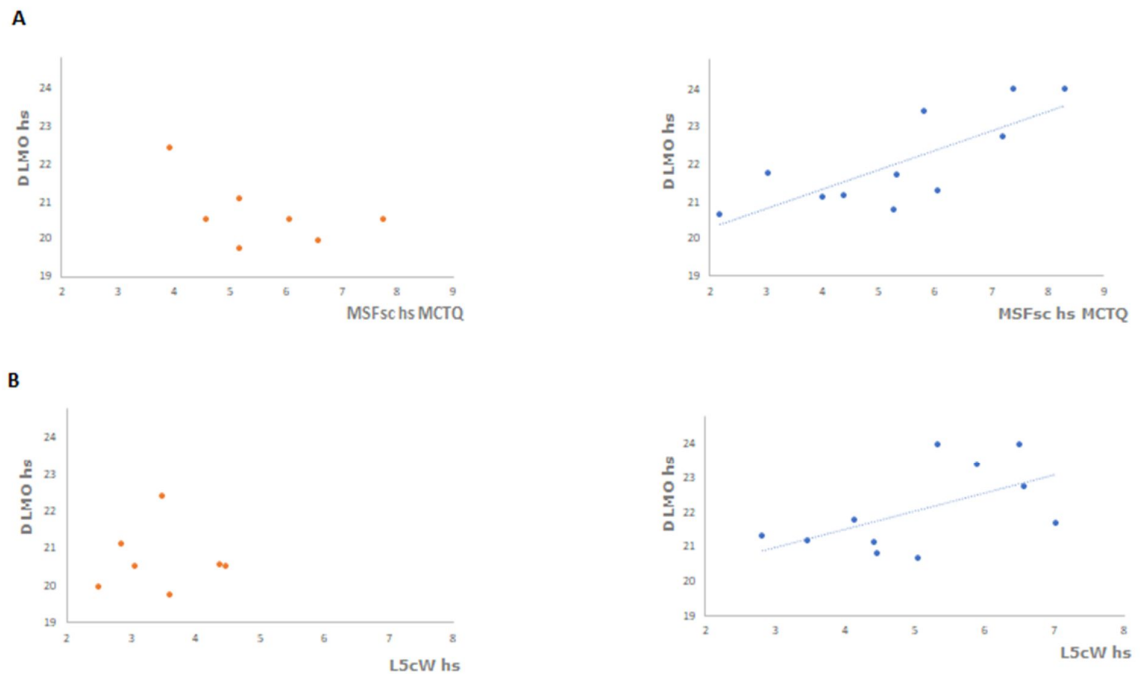


Figura VI.4- (A)- Ejemplos representativos de la estimación individual del DLMO en un participante del turno matutino y otro participante del turno nocturno. Se indica el umbral individual (línea punteada gris) y el ajuste cuadrático (línea negra). El momento de la intersección entre ambos corresponde al DLMO (línea vertical naranja o azul). (B)- Comparación del DLMO entre turnos (test de Mann-Whitney U,  $p = 0,009$ ) (mediana  $\pm$  mad).

Debido a que el DLMO presentó diferencias significativas entre turnos, las asociaciones entre DLMO y cronotipo (MSFsc), y entre DLMO y ubicación del sueño (L5cW de actimetría) se exploraron separadas por turnos (figura VI.5). El DLMO correlaciona significativamente con el cronotipo ( $R = 0,778$ ,  $p = 0,005$ ) y marginalmente con L5cW ( $R = 0,563$ ,  $p = 0,072$ ) solamente en el turno nocturno: cuanto más tardío el cronotipo y la ubicación del reposo en los días de trabajo, más tardío es el DLMO. Por el contrario, en el turno matutino no se observa asociación del DLMO con el cronotipo ( $R = 0,539$ ,  $p = 0,212$ ) ni con la ubicación del sueño ( $R = 0,037$ ,  $p = 0,938$ ).

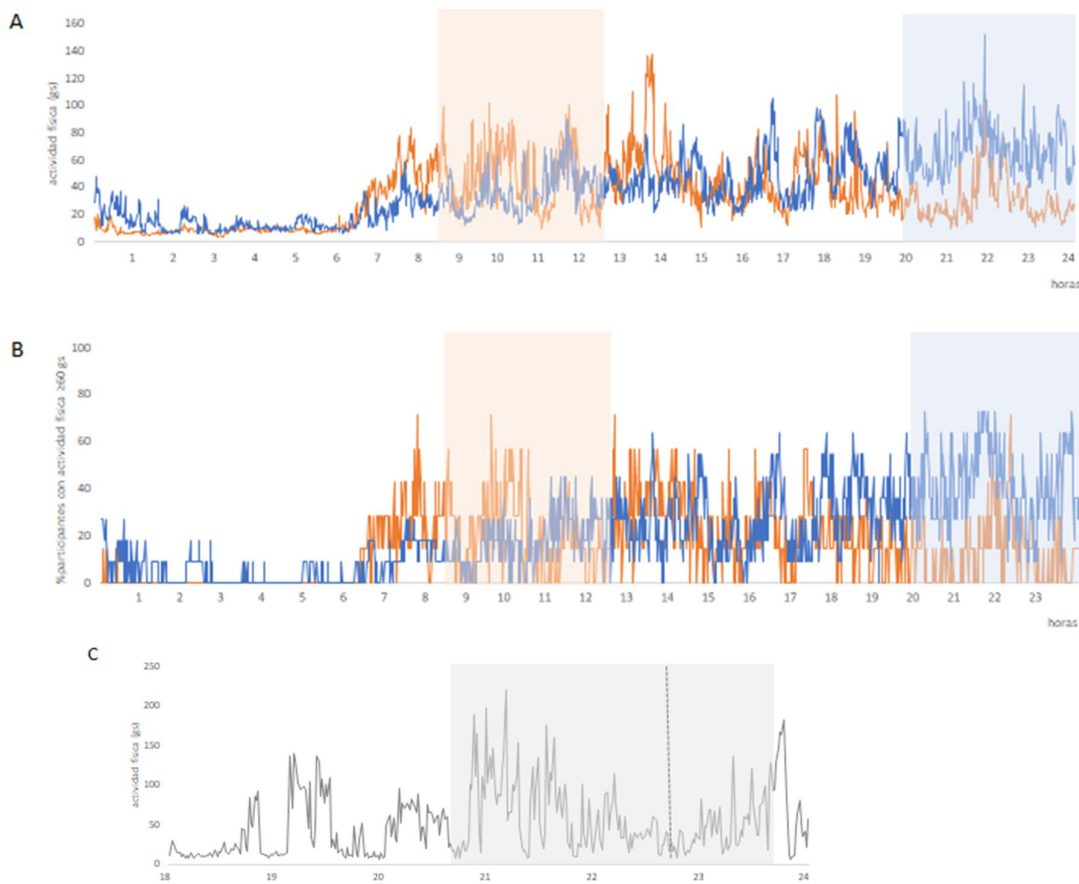


*Figura VI.5- Regresiones lineales para determinar los factores que influyen sobre el DLMO. (A)- Correlación entre DLMO y cronotipo estimado por MSFsc (MCTQ) para ambos turnos. (B)- Correlación entre DLMO y ubicación del sueño (L5cW, actimetría) para ambos turnos. En color naranja se indica el turno matutino, en color azul el turno nocturno.*

### Actividad y luz

La figura VI.6A muestra el promedio de la actividad física para los bailarines del turno

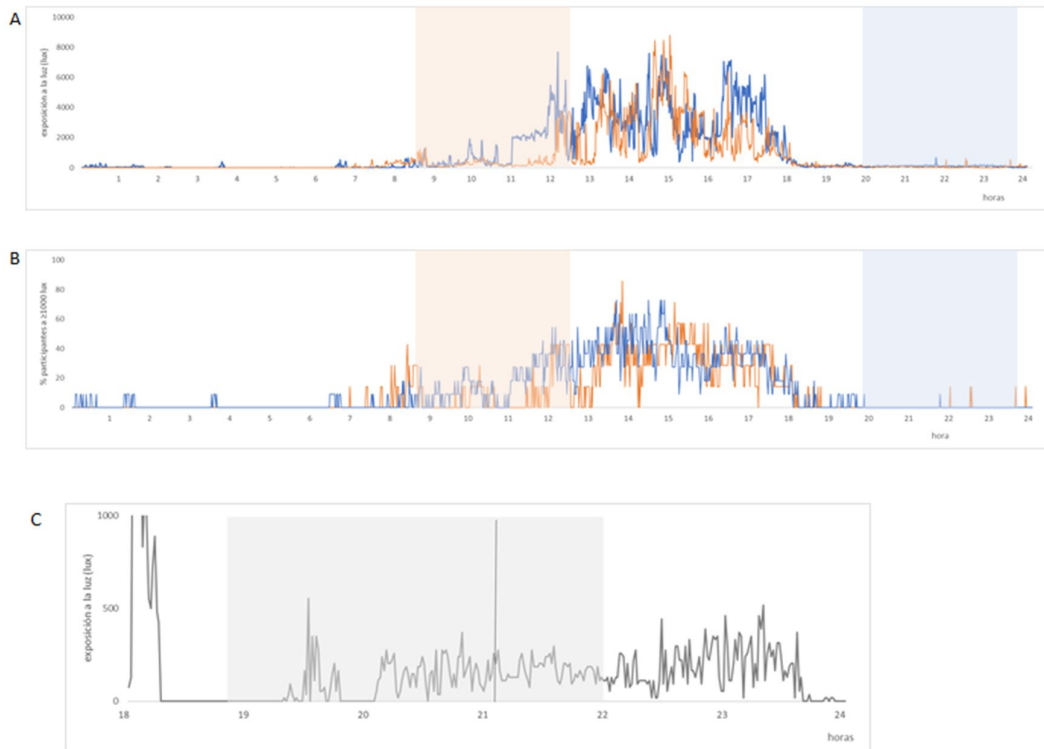
matutino (en naranja) y nocturno (en azul), estimada a través de la suma de las magnitudes vectoriales por actimetría en epoch de 1 min, a lo largo del último día de registro previo a la toma de muestras de melatonina (coincidente con un día de entrenamiento). En los bailarines del turno matutino se observa mayor actividad en el momento que coincide con su horario de clases (08:30 -12:30, área sombreada en naranja), mientras en la noche (20:00- 24:00, área sombreada en azul) es todavía más clara la diferencia de actividad a favor de los bailarines del turno nocturno.



**Figura VI.6 Actividad física (A)- Promedio de la suma de las magnitudes vectoriales en epoch de 1 min de los participantes del turno matutino y del turno nocturno. El área sombreada corresponde al horario de clases de cada turno. En color naranja se indica el turno matutino, en color azul el turno nocturno. (B)- Porcentaje de participantes de cada turno que superaron los 60 gs de actividad en cada epoch de 1 min. (C)- Actividad física de un participante del turno nocturno entre 18:00 y 24:00. Se indica el DLMO (22:44, línea punteada vertical) y la ventana temporal de 3 h alrededor del DLMO (de -2 h a +1 h, área sombreada gris).**

Como muestra la figura VI.6B, en el horario de entrenamiento nocturno (área azul) hay mayor porcentaje de bailarines del turno nocturno con actividad física vigorosa, pero no hay diferencia entre turnos en el horario que corresponde al horario de entrenamiento matutino (área naranja). La actividad física promedio de un participante representativo entre las 18:00 y las 24:00 se presenta en la figura VI.6C y se indica la hora de su DLMO (22:44, línea punteada vertical) así como el período de 3 h que corresponde a la ventana sensible alrededor del DLMO (área sombreada). Es importante hacer notar que, aunque la ventana sensible es individual, en todos los participantes coincidió parcialmente con el horario de entrenamiento nocturno (20:00 - 24:00).

Respecto a la exposición a la luz, el promedio de la máxima exposición en cada epoch de 1 min a lo largo de las 24 h del último día de registro (figura VI.7A) evidencia que es baja durante la mañana especialmente para los bailarines del turno matutino, aumenta a partir del mediodía y disminuye a partir de las 18:00 para los bailarines de ambos turnos. En la figura VI.7B se observa mayor proporción de bailarines del turno nocturno que del turno matutino expuestos a más de 1000 lux durante la mañana, luego entre las 12:00 y las 18:00 el porcentaje aumenta para los bailarines de ambos turnos y disminuye drásticamente al finalizar las horas de luz del día. La exposición a la luz promedio de un participante representativo entre las 18:00 y las 24:00 se presenta en la figura VI.7C y se indica la hora de su DLMO (21:06, línea punteada vertical) así como el período de 3 h que corresponde a la ventana sensible alrededor del DLMO (área sombreada). Es importante hacer notar que aunque la ventana sensible es individual, en todos los participantes coincidió parcialmente con el horario de entrenamiento nocturno (20:00 - 24:00).

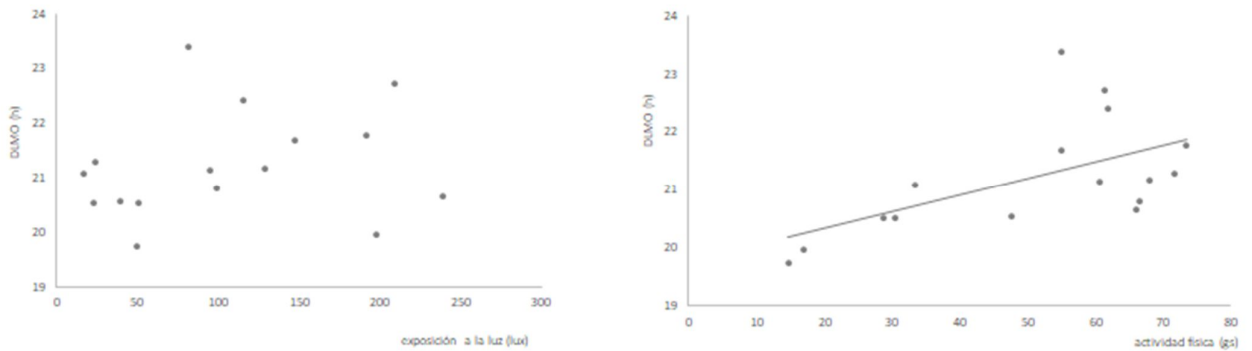


*Figura VI.7- Exposición a la luz (A)- Promedio de los picos de luz en epoch de 1 min de los participantes del turno matutino y del turno nocturno. El área sombreada corresponde al horario de clases de cada turno. En color naranja se indica el turno matutino, en color azul el turno nocturno. (B)- Porcentaje de participantes de cada turno que están expuestos a una cantidad mayor o igual a 1000 lux en cada epoch de 1 min. (C)- Exposición a la luz (de 0 a 1000 lux) de un participante del turno nocturno entre 18:00 y 24:00. Se indica el DLMO (21:06, línea punteada vertical) y la ventana temporal de 3 h alrededor del DLMO (de -2 h a +1 h, área sombreada gris).*

Del análisis comparativo de las figuras VI.6 y VI.7, surge la identificación de un momento de la noche que coincide parcialmente con la ventana sensible de atraso de la fase circadiana, en el que los bailarines de ambos turnos se encuentran en la peculiar situación de estar expuestos a la luz en forma similar pero sometidos a muy diferentes niveles de actividad física (comparar registros de las áreas sombreadas azules de las figuras VI.6A y VI.7A). Al reducir el análisis a la ventana temporal alrededor del DLMO individual (- 2h a + 1h, figura VI.6C), se confirmó que la actividad física en ese período fue efectivamente significativamente mayor en los bailarines del turno nocturno respecto a los del turno matutino (Mann Whitney  $U$  test,  $p=0,004$ );



mientras que la exposición a la luz no fue significativamente diferente entre turnos (Mann Whitney  $U$  test,  $p=0,07$ ) (figura VI.7C). Más aún, como se muestra en la figura VI.8, el DLMO no correlaciona con la exposición a la luz en esa ventana sensible de 3 h ( $p=0,44$ ; figura VI.8A), pero sí correlaciona positiva y significativamente con la actividad física en ese período ( $R=0,573$ ,  $p=0,02$ ; figura VI.8B).



*Figura VI.8- Correlaciones correspondientes a la ventana sensible alrededor del DLMO, calculada para cada participante en hora DLMO, para ambos turnos. (A)- DLMO versus exposición a la luz (medida en lux), no correlacionaron. (B)- DLMO versus actividad física (medida en gs), correlacionaron significativamente ( $R = 0,573$ ,  $p = 0,02$ ).*

## Discusión

Los resultados presentados en este capítulo fueron consistentes con las hipótesis planteadas 2) y 3) y las predicciones correspondientes. Por un lado, todos los parámetros indicadores de fase obtenidos en días de entrenamiento ya sea provenientes de auto-reporte (MSW de DS), actimetría (L5c) o de la determinación del DLMO fueron consistentes en mostrar que la fase circadiana de los bailarines que asisten al turno nocturno es significativamente más tardía que la de los bailarines que asisten al turno matutino. Por otra parte, los resultados de este capítulo demuestran que los determinantes de la fase circadiana son también diferentes entre turnos; es decir, el cronotipo y la ubicación del sueño influyen sobre la fase circadiana de los

bailarines del turno nocturno, pero no sobre la de los del turno matutino. Finalmente, luego de identificar para cada participante la ventana sensible alrededor del DLMO, en la que tanto la luz como el ejercicio provocan retrasos de fases, los resultados de este capítulo demuestran que para esta población de bailarines el ejercicio es más importante que la luz en su influencia sobre la fase circadiana.

La caracterización cronobiológica de los participantes analizados en este capítulo (tabla VI.1) corresponde a una submuestra representativa de la población general de bailarines de la END-SODRE presentada en el capítulo I (sección V de este trabajo). Por ejemplo, la edad no presenta diferencias significativas entre turnos, al igual que en la población global; y la disrupción circadiana también es significativamente mayor en los bailarines del turno matutino que en los del turno nocturno en esta submuestra de participantes. Sin embargo, la diferencia significativa de cronotipo que se observó entre los bailarines del turno matutino y nocturno en la población total, no se observa en este subgrupo, contradicción que se interpreta debida a la reducción en el tamaño muestral del análisis presentado en este capítulo. En cuanto a la ubicación del sueño, los patrones generales de los participantes analizados en este capítulo son los mismos que en la población global de participantes presentados en el capítulo I (sección V de este trabajo). Los bailarines retrasan su sueño en los días libres con respecto a los días de entrenamiento, tanto los del turno matutino como los del turno nocturno. La comparación entre turnos, en los días de entrenamiento también mantiene el patrón de la población global en la que los bailarines del turno nocturno ubican su sueño más tarde que los del turno matutino (tabla VI.1). Llama la atención sin embargo, que a diferencia de la población global, esta submuestra de participantes no presenta diferencias entre turnos en la ubicación del sueño en días libres.

Aunque el número de participantes analizado en este capítulo es pequeño, la calidad y robustez de los resultados son confiables porque resistieron las comprobaciones realizadas entre diferentes parámetros del mismo instrumento y entre parámetros equivalentes de instrumentos diferentes. Por ejemplo, los valores de MSFsc y SJL reportados por el cuestionario de MCTQ correlacionaron significativamente en la forma esperada (Tassino et al., 2016), mostrando que cuanto más tardío es el cronotipo,

mayor es la disrupción circadiana del ritmo, o dicho con otras palabras, mayor es el desfase con su reloj interno. Es importante destacar que también se constató que hay una importante congruencia entre los reportes subjetivos y objetivos. Por ejemplo, un indicador de la ubicación de reposo como es el punto medio de las 5 h de mínima actividad (L5c) correlaciona con la ubicación del sueño auto-reportada en los DS (MSW y MSF; figura VI.3), lo que constata que los participantes dicen lo que hacen y hacen lo que dicen. En general, y a pesar de que algunos resultados de la submuestra de participantes de este capítulo no coinciden exactamente con los de la población global, se comprueba que son mayormente representativos, y lo que es aún más importante consistentes entre instrumentos, y por tanto confiables.

### Influencia de los turnos sobre la fase circadiana

Los bailarines pueden considerarse como un ejemplo particular de deportistas de élite que entrenan durante períodos prolongados en forma sostenida, en los que la relación del ejercicio físico con el sistema circadiano es compleja y multidimensional (Reilly & Waterhouse, 2009). En breve, numerosos reportes previos señalan que los deportistas y atletas alcanzan sus máximos rendimientos en los momentos del día que coinciden con sus preferencias circadianas individuales (Facer-Childs & Brandstaetter, 2015); que el entrenamiento prolongado en horarios fijos predispone a asociar el mejor desempeño con el horario de entrenamiento (Winget et al., 1985); y que el ejercicio intenso prolongado en horarios fijos que coinciden con las ventanas sensibles circadianas pueden inducir cambios de fase en el sistema circadiano (Youngstedt et al., 2019). En este marco, una de las principales ventajas del modelo de estudio de los bailarines de las END-SODRE radica en poder evaluar las diferencias de fase de los ritmos circadianos de actividad-reposo en personas sometidas a la presión social de turnos en horarios extremos de entrenamiento. A diferencia de reportes previos del impacto de turnos liceales (Estevan et al., 2018) o de trabajo (Razavi et al., 2019) sobre el sistema circadiano, en este caso se suma que el ejercicio físico *per se* es un temporizador reportado de la fase circadiana (Wang, 2017; Youngstedt et al., 2019). Por lo tanto, para este encare, una asunción importante que debió ser confirmada es que los bailarines de ambos turnos desarrollaran una actividad física equivalente en

términos de intensidad que validara que son las diferencias en los horarios del entrenamiento (y no diferencias en la intensidad) las que explicarían las diferencias de fase circadiana entre turnos. En este sentido, el resultado más relevante del análisis de la amplitud de los registros actimétricos de actividad es que no hay diferencias significativas entre turnos en ninguno de los 3 parámetros medidos (M10, L5, AR; tabla VI.3), ni en días de entrenamiento, ni en días libres. Esto significa que los bailarines de ambos turnos están igualmente activos y que el ejercicio físico que llevan a cabo es totalmente comparable. Otro parámetro que se destaca con igual relevancia en esta línea de análisis es la robustez del ritmo (AR), que además de mostrar valores saludables de ritmos robustos (Gonçalves et al., 2014; Lyall et al., 2018), no muestra diferencias entre los turnos ni en días de entrenamiento ni en días libres, aunque como era esperable, la amplitud relativa es mayor en los días de entrenamiento que en los días libres para los bailarines de ambos turnos (tabla VI.3).

Una importante predicción de este trabajo era que la presión social de turnos en horarios muy distantes impactaría sobre la fase de los ritmos circadianos de actividad/reposo de los bailarines. Esta predicción, ahora confirmada, se fundamenta en trabajos previos de estudiantes y trabajadores en turnos. Por ejemplo, Estevan et al., (2018) señalan, en base a auto-reportes, que los cronotipos de estudiantes uruguayos del turno liceal matutino son significativamente más tempranos que los de los estudiantes que asisten al liceo de tarde. Por su parte, (Razavi et al., 2019) reportan, en base a medidas del DLMO, un atraso de la fase circadiana en enfermeras del turno nocturno respecto a las del turno matutino. Los resultados presentados en este capítulo abonan en el mismo sentido con la particularidad de integrar datos consistentes provenientes de instrumentos de auto-reporte y medidas objetivas. El aporte del análisis de fase de los registros actimétricos (tabla VI.2; figura VI.2) confirma un retraso significativo de la fase del ritmo de los bailarines del turno nocturno con respecto a los matutinos en los días de entrenamiento en todos los parámetros evaluados (M10c, L5c, Af). Es interesante que en días libres, cuando los bailarines se liberan de la presión social de los turnos, las diferencias entre turnos en los parámetros actimétricos indicadores de fase desaparecen. En línea con esto y en

forma aún más contundente, el DLMO, considerado el indicador objetivo más fiel de la fase circadiana endógena (Lewy et al., 1999), estimado a partir de las mediciones en un día de entrenamiento, resultó significativamente más tardío en los bailarines del turno nocturno que en los del turno matutino (figura VI.4B).

Aunque está largamente probada la influencia de la luz en la modulación del perfil de melatonina, y particularmente en la ubicación del DLMO (Lewy, 2007; Lewy et al., 1985), actualmente se mantiene el debate de la interacción de la luz con otros factores no fóticos, como cronotipo, presiones sociales y hábitos de sueño, sobre la fase circadiana medida por DLMO (Figueiro et al., 2014; Wright et al., 2013). Asimismo, hoy se le otorga relevancia a otros factores temporizadores antes subestimados en su influencia sobre la fase circadiana como son los patrones de alimentación (Asher et al., 2014) y la actividad física (Wang, 2017; Youngstedt et al., 2019). En este estudio se comprueba la importancia de la influencia de la presión social de los turnos sobre algunas de estas interacciones al confirmar que el DLMO está influido por el cronotipo y por la ubicación del sueño en los bailarines del turno nocturno, pero no en los del turno matutino (figura VI.5).

#### La actividad física como temporizador del sistema circadiano

La luz y el ejercicio físico modulan la fase circadiana al actuar sobre dos ventanas sensibles bien documentadas: ambos moduladores tienen un efecto de adelanto de fase en la mañana y de atraso de fase en la noche (Hashimoto et al., 1997; Lewy et al., 1985; Youngstedt et al., 2019). Debido a las diferencias individuales en la fase circadiana, es decir a los diferentes valores que puede tener el DLMO, el momento de ocurrencia de esas ventanas sensibles coincidirá entre individuos cuando se miden en relación al DLMO (horas DLMO), aunque esos períodos ocurran en distintos momentos del día (horas reloj) para cada individuo. En forma estricta entonces, se reconocen dos ventanas sensibles: una alrededor del DLMO y otra en sus antípodas (Crowley & Eastman, 2017; Duffy & Wright, 2005; Figueiro, 2016; Tähkämö et al., 2019).

El modelo de estudio de los bailarines de las END-SODRE aporta un inusual experimento natural (en el sentido de que no es una situación experimental provocada por los experimentadores sino propia de la vida cotidiana) para poner a prueba la predicción de que el ejercicio físico actúa como temporizador del sistema circadiano en forma independiente del aumento de exposición a la luz que frecuentemente conlleva. Para eso, se evaluó el impacto de la actividad física y exposición a la luz de las 24 h previas a la determinación de los niveles de melatonina. En este análisis, no se evaluaron los participantes separadamente por turno sino en forma conjunta tomando para cada individuo el DLMO como la hora circadiana cero. La exploración inicial de los datos permitió descartar la evaluación de la ventana sensible de las antípodas del DLMO (en la mañana) dado que ocurría para muchos participantes en horarios en que estaban todavía en reposo. En cambio, la ventana sensible alrededor del DLMO ocurría para todos los participantes en un momento que incluía el horario de entrenamiento del turno nocturno y ofrecía la oportunidad de dirimir entre los efectos de la exposición a la luz y de la actividad física. En esta ventana sensible, los bailarines del turno nocturno presentan una actividad física más intensa que los bailarines del turno matutino, aunque están expuestos a una luz de intensidad similar. Gracias a este abordaje fue posible contribuir con un ejemplo inédito proveniente de una situación natural de una población de bailarines en los que se comprueba que el ejercicio físico nocturno, pero no la luz, provoca el atraso de la fase circadiana (figura VI.8). Aunque hay varios reportes que han confirmado el rol temporizador de la actividad física y su independencia de la luz en situaciones experimentales controladas (Barger et al., 2004; Buxton et al., 2003; Thomas et al., 2020; Youngstedt et al., 2019) no existen reportes previos que lo hayan abordado en una situación real de una población como son los bailarines de las END-SODRE. Natural en el sentido de que para estos bailarines los turnos de entrenamiento forman parte de su vida cotidiana, pues si continúan la carrera hasta el final, son 4 años de clases organizados de esta forma.

## VII. CONCLUSIONES, LIMITACIONES, CONTRIBUCIONES Y PERSPECTIVAS

### Conclusiones

El objetivo principal de esta tesis fue evaluar el impacto de los turnos de entrenamiento sobre el cronotipo, los hábitos de sueño y la fase circadiana de los bailarines uruguayos en formación de las END-SODRE. Los resultados obtenidos comprueban las hipótesis y predicciones propuestas y muestran que:

- 1) Los bailarines que asisten al turno nocturno exhiben cronotipos más tardíos que los bailarines que asisten al turno matutino.
- 2) Los bailarines que asisten al turno nocturno ubican su sueño más tardíamente que los bailarines que asisten al turno matutino, aunque esta diferencia de ubicación no se acompaña de una diferencia en la duración de sueño entre turnos.
- 3) La fase circadiana de los bailarines que asisten al turno nocturno es más tardía que la de los bailarines que asisten al turno matutino.
- 4) La actividad física en el horario de entrenamiento nocturno posee mayor influencia que la exposición a la luz para determinar la fase circadiana.

El incipiente abordaje cronobiológico en la población uruguaya señala que los adolescentes y jóvenes uruguayos son extremadamente nocturnos alcanzando los valores máximos de cronotipos tardíos reportados hasta el momento para la población adolescente (Estevan et al., 2020; Tassino et al., 2016). Esta extrema nocturnidad de los jóvenes uruguayos que combina actividades curriculares generalmente matinales y actividades de esparcimiento ubicadas mayormente en la madrugada, junto con otros hábitos socioculturales generan un conflicto que provoca déficit de sueño y desincronización del reloj. En esta tesis se confirmó la nocturnidad de esta población de jóvenes bailarines de las END-SODRE, en el sentido de que reportan valores de

cronotipo similares a los anteriormente documentados para esta franja etaria de la población uruguaya (Silva et al., 2019; Tassino et al., 2016).

Esta tesis contribuye un estudio sobre una población natural a la que se le aplican diversos instrumentos que aportan datos subjetivos por auto-reporte y registros objetivos mediante actimetría y determinación del DLMO. De esta manera, se nutre de información diversa que habilita la comparación cruzada de los datos para controlar su calidad y fiabilidad. Por ejemplo, la vespertinidad extrema evidenciada por los autoreportes (tabla V.1) se confirma con los registros objetivos de actimetría y DLMO (tabla VI.2; figura VI.4), conformando un cuerpo de datos sólido y confiable. Por otro lado, mientras que el auto-reporte indica que los bailarines del turno nocturno ubican su sueño más tardíamente en días de entrenamiento y días libres (tabla V.1), los datos actimétricos confirman ese resultado solo durante los días de entrenamiento (tabla VI.2; figura VI.2). Esta diferencia, que puede deberse a un sesgo de la subpoblación muestreada en el capítulo II, también puede señalar una percepción subjetiva no refrendada por los datos de medidas objetivas.

Aunque es razonable asimilar a los bailarines profesionales con otros deportistas de élite en cuanto al entrenamiento físico prolongado que requieren para su buen desempeño, un solo estudio previo se ha enfocado en esta población desde la perspectiva cronobiológica, más particularmente en los patrones de sueño deficitarios en duración y calidad de un grupo de bailarines de danza clásica (Fietze et al., 2009). Esta falta de antecedentes es llamativa porque los bailarines presentan características propias que los hacen más susceptibles a la disrupción circadiana. A diferencia de otros deportistas, los bailarines suman al entrenamiento físico rutinario exigente, su formación artística y creativa como intérpretes, además de las temporadas de obras y presentaciones en público que agregan ensayos regulares por períodos prolongados. Esto sería suficiente para justificar una mirada más atenta a los bailarines como grupo de estudio para analizar la relación de su cronotipo con el desarrollo de una actividad tanto física como artística, y el efecto sobre su sistema circadiano endógeno. Los bailarines de las END-SODRE presentan algunas características adicionales especialmente ventajosas que los convierten en un grupo de estudio ideal para



investigar estas interrogantes. En particular, el protocolo de entrenamiento separado en dos turnos que los bailarines no eligen les implica practicar ejercicio físico de alta intensidad en la mañana o en la noche, horarios que coinciden aproximadamente con las ventanas temporales en las que está bien documentado que los factores temporizadores fóticos y no fóticos producen adelantos (ventana matinal) o retrasos (ventana nocturna) de la fase circadiana. Esta tesis aporta entonces un modelo experimental cronobiológico natural y novedoso que se destaca por: a) aportar los primeros datos de ritmos circadianos en bailarines, caso particular de deportistas de élite inexplorado hasta el momento; y b) aportar el instrumento de los turnos de entrenamiento al análisis cronobiológico, no utilizado en deportistas hasta ahora, que no solo impacta como presión social relevante sobre la fase del sistema circadiano, sino que también permite analizar diferencialmente dos factores temporizadores del sistema circadiano como son la exposición a la luz y el ejercicio físico. En este sentido, el modelo aporta un hallazgo novedoso al disociar el efecto modulador de estos dos factores sobre el retraso de la fase circadiana y el reconocimiento de que sus impactos pueden actuar en forma independiente.

La presión social provocada por turnos de entrenamiento separados y extremos impacta fuertemente sobre el reloj circadiano de estos bailarines. En una síntesis de los resultados de esta tesis haciendo foco en los bailarines de cada turno por separado, se puede concluir que los bailarines que asisten al turno nocturno tienen cronotipos tardíos, ubican su sueño tardíamente, y presentan una fase circadiana también tardía. Asimismo, en estos bailarines fue posible confirmar que mientras que la exposición a la luz no influye sobre la fase circadiana, cuánto más tardíos son el cronotipo y la ubicación del sueño y mayor la intensidad del ejercicio físico realizado en la ventana temporal sensible próxima al DLMO, más se retrasa la fase circadiana. En cambio, los bailarines que asisten al turno matutino tienen cronotipos más tempranos, ubican su sueño más tempranamente, y presentan una fase circadiana también más temprana. Sin embargo, en estos bailarines no fue posible confirmar la influencia de ningún otro factor temporizador de la fase circadiana, ya que ni la

exposición a la luz, ni el cronotipo, ni la ubicación del sueño, ni el ejercicio físico en el horario de entrenamiento resultaron factores temporizadores relevantes.

### Limitaciones

Sin opacar las ventajas del modelo utilizado, es importante resaltar que se trata de un grupo reducido de bailarines bajo un protocolo de entrenamiento singular, lo que aleja la posibilidad de generalizar los resultados y conclusiones de esta tesis. En otro orden, se señala la imposibilidad de utilizar un número fijo de participantes debido a que no se pudieron aplicar los diferentes instrumentos a todos los bailarines participantes. Por lo tanto, cada análisis se realizó con los datos validados para cada instrumento en particular (por ejemplo, 56 participantes respondieron a los cuestionarios cronobiológicos, 50 participantes reportaron sus hábitos de sueño a través de los DS y 18 participantes aportaron datos de DLMO y actimetría). Esto pudo generar diferencias entre algunos parámetros de las subpoblaciones utilizadas con respecto a la población global e impedir determinadas comparaciones entre los turnos.

En ambos capítulos de este estudio se utilizó la estimación del jetlag social mediante la diferencia absoluta entre el punto medio de sueño de los días libres (MSF) y el punto medio de sueño en los días de trabajo o entrenamiento (MSW):  $SJL = MSF - MSW$  siguiendo la fórmula original propuesta por (Whitman et al., 2006). Sin embargo, un trabajo más reciente (Jankowski 2017), detecta que esa fórmula usada, además del desajuste capta también la deuda de sueño resultante de la privación de sueño en los días de trabajo y propone una fórmula corregida que no fue utilizada en este estudio.

Finalmente, este estudio no relevó información sobre otras actividades como estudio o trabajo que los bailarines realizaran por fuera del horario de asistencia a la END-SODRE que pudieran influir sobre su sistema circadiano, en particular, sobre su fase, y coadyuvar a la interpretación de los determinantes de la fase circadiana particularmente de los participantes del turno matutino. Tampoco se relevaron lesiones producto del entrenamiento que podrían haber presentado diferencias por turnos,

además de ser influidas por la interrupción circadiana, especialmente importante en participantes del turno matutino.

### Contribuciones

En el marco de este trabajo se realizaron las siguientes contribuciones:

#### Artículos científicos

##### **-The impact of training shifts in dancers' chronotype and sleep patterns.**

**Natalia Coirolo**, Ana Silva, Bettina Tassino

Sleep Science (2020) 13 (Supp. 2): 31-35

Este artículo surgió a partir de un premio que este trabajo recibió en la "XV Latin American Symposium on Chronobiology 2019" (XV LASC.), luego de su evaluación. Se puede encontrar en el siguiente link: <http://sleepscience.org.br/summary/68>.

##### **-Objective chronobiological characterization of the END-SODRE dancers from the morning and night shifts: circadian phase and its determinants.**

**Natalia Coirolo**, Bettina Tassino y Ana Silva. Manuscrito en preparación

#### Comunicaciones en congresos

##### **- The dancers rhythm**

**Natalia Coirolo**, Ana Silva, Bettina Tassino.

XV Latin American Symposium on Chronobiology (2019) Colonia, Uruguay.

##### **- Los ritmos biológicos de los bailarines**

**Natalia Coirolo**, Luna Perla, Agustín Laguardia, Betania Martínez, Micaela De Mori, Bettina Tassino y Ana Silva.

II Reunión de Biología del Comportamiento Cono Sur (2019) Montevideo, Uruguay.

- **Impact of training shifts on dancers' rhythm and sleep**

Ana Silva, **Natalia Coirolo** y Bettina Tassino.

Society for research on Biological Rhythms (2020). Congreso virtual.

- **El impacto de los turnos de entrenamiento en los cronotipos y patrones de sueño de los bailarines**

**Natalia Coirolo**, Bettina Tassino, Ana Silva.

I Congreso Uruguayo de Ciencias Cognitivas & II Simposio de Educación, Cognición y Neurociencia (2021) Montevideo, Uruguay. A realizarse en el mes de noviembre del corriente año.

### Proyectos

A partir de este trabajo se originó la presentación y financiación del Proyecto Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil-PAIE (Comisión Sectorial de Investigación Científica, UdelaR) que se titula:

#### **Ritmos biológicos en bailarines: impacto de los turnos en búhos y alondras**

Los integrantes de este proyecto, (2020), fueron los estudiantes Luna Perla, Agustín Laguardia, Betania Martínez, Micaela De Mori; ayudantes del proyecto: Valentina Paz y Natalia Coirolo. Las docentes responsables: Ana Silva y Bettina Tassino. Los objetivos principales de este proyecto fueron realizar una aproximación experimental al trabajo de investigación de ciclos circadianos en seres humanos y obtener una caracterización cronobiológica de dos poblaciones de bailarines que asisten a los turnos matutino y nocturno de la Escuela Nacional de Danza del SODRE.

### Perspectivas

Los resultados de esta tesis y la importante base de datos generada durante este proyecto alientan a continuar el procesamiento y el análisis de información que abonan

en otros aspectos de este vínculo entre cronotipos, sueño, turnos y actividad física en jóvenes y que exceden el contenido de este trabajo. A saber:

1. Análisis de los factores determinantes de la duración del sueño evaluado a través de los registros de actimetría.
2. Evaluación de la influencia del turno, los cronotipos y los hábitos de sueño sobre el desempeño físico e intelectual, medido a través de las calificaciones individuales en las diferentes unidades curriculares. Los resultados preliminares no muestran diferencias significativas en el rendimiento físico entre turnos, pero sí en el desempeño intelectual, siendo mejor en bailarines del turno nocturno respecto a los del turno matutino. Asimismo, estos resultados preliminares muestran que el desempeño físico no está influido por la disrupción circadiana mientras que el desempeño intelectual está negativamente correlacionado con el SJL.
3. Exploración de la influencia de los cronotipos, los hábitos de sueño y los turnos sobre la calidad de sueño (evaluado mediante el Pittsburgh Sleep Quality Index) y la sintomatología depresiva (evaluada mediante el Beck Depression Inventory).
4. Análisis del cronotipo, los patrones de sueño y los ritmos de actividad en los bailarines que cambian al turno matutino por el avance en la carrera. Este abordaje longitudinal habilitará a estudiar cómo se afecta su fase y su cronotipo en esta transición.

## VIII. 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), 1153–1175. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.719971>
- Akacem, L. D., Wright, K. P., & LeBourgeois, M. K. (2018). Sensitivity of the circadian system to evening bright light in preschool-age children. *Physiological Reports*, 6(5), 1–10. <https://doi.org/10.14814/phy2.13617>
- Albrecht, U., & Eichele, G. (2003). The mammalian circadian clock. *Current Opinion in Genetics and Development*, 13(3), 271–277. [https://doi.org/10.1016/S0959-437X\(03\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0959-437X(03)00055-8)
- Almirall, H., & Adan Puig, A. (1990). Estandarización de una escala reducida de matutinidad en población española: diferencias individuales. *Psicothema*, 2(2), 137–149.
- Almoosawi, S., Palla, L., Walshe, I., Vingeliene, S., & Ellis, J. G. (2018). Long sleep duration and social jetlag are associated inversely with a healthy dietary pattern in adults: Results from the UK national diet and nutrition survey rolling programme Y1–4. *Nutrients*, 10(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/nu10091131>
- Ancoli-Israel, S., Cole, R., Alessi, C., Chambers, M., Moorcroft, W., & Pollak, C. P. (2003). The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. American Academy of Sleep Medicine Review Paper. *Sleep*, 26(3), 342–392.
- Arendt, J. (2006). Melatonin and human rhythms. *Chronobiology International*, 23(1–2), 21–37. <https://doi.org/10.1080/07420520500464361>
- Arendt, J. (2012). Biological rhythms during residence in polar regions. *Chronobiology International*, 29(4), 379–394. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.668997>
- Arrona-Palacios, A., & Díaz-Morales, J. F. (2017). Morningness–eveningness and sleep habits at school: a comparative study between Mexico and Spain. *Biological Rhythm Research*, 48(2), 175–188. <https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1245459>
- Asher, G., Sassone-Corsi, P., Gfigueiro, M. G., Plitnick, B. A., Lok, A., Ejones, G. E., Higgins, P., Rhornick, T. R., & Srea, M. S. (2014). Time for food: The intimate interplay between nutrition, metabolism, and the circadian clock. *Clinical Interventions in Aging*, 9(1), 84–92. <https://doi.org/10.2147/CIA.S68557>
- Bae, K., Jin, X., Maywood, E. S., Hastings, M. H., Reppert, S. M., & Weaver, D. R. (2001). Differential functions of mPer1, mPer2, and mPer3 in the SCN circadian clock. *Neuron*, 30(2), 525–536. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(01\)00302-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(01)00302-6)
- 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 55-6), 1077–1084. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00397.2003>
- Bhadra, U., Thakkar, N., Das, P., & Pal Bhadra, M. (2017). Evolution of circadian rhythms: from bacteria to human. *Sleep Medicine*, 35, 49–61.

<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2017.04.008>

- Burgess, H. J., & Eastman, C. I. (2005). The dim light melatonin onset following fixed and free sleep schedules. *Journal of Sleep Research*, 14(3), 229–237. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2005.00470.x>
- 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 53-3), 714–724. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00355.2002>
- Cappaert, T. A. (1999). Review: Time of Day Effect on Athletic Performance: An Update. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(4), 412–421. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1999\)013<0412:TODEOA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1999)013<0412:TODEOA>2.0.CO;2)
- Castillo, J., Tassinio, T. D. B., & Silva, C. D. A. (2019). *Ciclo sueño-vigilia en jóvenes durante el verano en Antártida* [Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/26592>
- Challet, E., & Pévet, P. (2003). Interactions between photic and nonphotic stimuli to synchronize the master circadian clock in mammals. *Frontiers in Bioscience*, 8(SUPPL.). <https://doi.org/10.2741/1039>
- Cipolla-Neto, J., & Do Amaral, F. G. (2018). Melatonin as a Hormone: New Physiological and Clinical Insights. In *Endocrine Reviews* (Vol. 39, Issue 6). <https://doi.org/10.1210/er.2018-00084>
- Crowley, & Eastman, C. (2017). Human Adolescent Phase Response Curves to Bright White Light. *Journal of Biological Rhythms*, 32(4), 334–344. <https://doi.org/10.1177/0748730417713423>
- Crowley, S. (2013). Assessment of circadian rhythms. In A. R. Wolfson & H. E. Montgomery-Downs (Eds.), *The Oxford handbook of infant, child and adolescent sleep and behaviour*. (Oxford lib, pp. 204–223). Published in the United States of America by Oxford University Press 198 Madison Avenue, New York, NY 10016.
- Díez-Noguera, A. (2013). Methods for serial analysis of long time series in the study of biological rhythms. *Journal of Circadian Rhythms*, 11(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-11-7>
- Diez Noguera, A. (2007). Métodos de análisis de los ritmos biológicos. In D. Golombek (Ed.), *Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad* (2da ed., p. Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos). Universidad Nacional de Quilmes.
- Duffy, J. F., & Wright, K. P. (2005). Entrainment of the human circadian system by light. *Journal of Biological Rhythms*, 20(4), 326–338. <https://doi.org/10.1177/0748730405277983>
- Esliger, D. W., Rowlands, A. V., Hurst, T. L., Catt, M., Murray, P., & Eston, R. G. (2011). Validation of the GENE accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(6), 1085–1093. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820513be>
- Estevan, I., Silva, A., & Tassinio, B. (2018). School start times matter, eveningness does not. *Chronobiology International*, 35(12), 1753–1757. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1504785>

- Estevan, I., Silva, A., Vetter, C., & Tassinio, B. (2020). Short Sleep Duration and Extremely Delayed Chronotypes in Uruguayan Youth: The Role of School Start Times and Social Constraints. *Journal of Biological Rhythms*, 35(4), 391–404. <https://doi.org/10.1177/0748730420927601>
- Facer-Childs, E., & Brandstaetter, R. (2015). The impact of circadian phenotype and time since awakening on diurnal performance in athletes. *Current Biology*, 25(4), 518–522. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.12.036>
- 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), 1249–1262. <https://doi.org/10.3109/07420520903221319>
- Figueiro, M. G. (2016). Delayed sleep phase disorder: Clinical perspective with a focus on light therapy. *Nature and Science of Sleep*, 8, 91–106. <https://doi.org/10.2147/NSS.S85849>
- Figueiro, M. G., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2014). The effects of chronotype, sleep schedule and light/dark pattern exposures on circadian phase. *Sleep Medicine*, 15(12), 1554–1564. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.07.009>
- 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. (2002). Cronobiología: La Máquina del Tiempo. *Cronobiología Humana: Ritmos y Relojes Biológicos En La Salud y En La Enfermedad, Tabla 1*, 21–31.
- Gonçalves, B. S. B., Cavalcanti, P. R. A., Tavares, G. R., Campos, T. F., & Araujo, J. F. (2014). Nonparametric methods in actigraphy: An update. *Sleep Science*, 7(3), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.slsci.2014.09.013>
- Gooley, J. J., Chamberlain, K., Smith, K. A., Khalsa, S. B. S., Rajaratnam, S. M. W., Van Reen, E., Zeitzer, J. M., Czeisler, C. A., & Lockley, S. W. (2011). Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(3), 463–472. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2098>
- Green, C. B., Takahashi, J. S., & Bass, J. (2008). The Meter of Metabolism. *Cell*, 134(5), 728–742. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.08.022>
- Guerrero, A., C.-V., & J., L. P. (2007). La Melatonina. *Investigación y Ciencia*, 31. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/ventanas-de-la-mente-450/la-melatonina-246>
- Halberg, F. (1975). Biological Rhythms. In K. A. D. Hedlund L.W., Franz J.M. (Ed.), *Biological Rhythms and Endocrine Function* (Vol. 54). Springer, Boston, MA. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8715-2\\_1\\_](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8715-2_1_)
- Hamaguchi, Y., Tahara, Y., Hitosugi, M., & Shibata, S. (2015). Impairment of Circadian Rhythms in Peripheral Clocks by Constant Light is Partially Reversed by Scheduled Feeding or Exercise. *Journal of Biological Rhythms*, 30(6), 533–542. <https://doi.org/10.1177/0748730415609727>
- Haraszi, R. Á., Ella, K., Gyöngyösi, N., Roenneberg, T., & Káldi, K. (2014). Social jetlag negatively correlates with academic performance in undergraduates. *Chronobiology International*, 31(5), 603–612. <https://doi.org/10.3109/07420528.2013.879164>



- Hashimoto, S., Kohsaka, M., Nakamura, K., Honma, H., Honma, S., & Honma, K. I. (1997). Midday exposure to bright light changes the circadian organization of plasma melatonin rhythm in humans. *Neuroscience Letters*, 221(2–3), 89–92. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(96\)13291-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(96)13291-2)
- Hittle, B. (2018). Identifying shift workers Chronotype: Implications for health. *Industrial Health*, 4(1), 48. <https://doi.org/10.1097/00006199-195506000-00024>
- Hofstra, W. A., & de Weerd, A. W. (2008). How to assess circadian rhythm in humans: A review of literature. *Epilepsy and Behavior*, 13(3), 438–444. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2008.06.002>
- Horne & Biggs, S. (2013). Assessment of circadian rhythms. In H. E. M.-D. Amy R Wolfson (Ed.), *The Oxford Handbook of Infant, Child and Adolescent Sleep and Behaviour* (1st ed., pp. 189–203). Oxford University Press.
- Horne, J. A., & Ostberg, O. (1976). A self assessment questionnaire to determine Morningness Eveningness in human circadian rhythms. In *International Journal of Chronobiology* (Vol. 4, Issue 2, pp. 97–110).
- 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>
- Keller, L. K., Grünewald, B., Vetter, C., Roenneberg, T., & Schulte-Körne, G. (2017). Not later, but longer: sleep, chronotype and light exposure in adolescents with remitted depression compared to healthy controls. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 26(10), 1233–1244. <https://doi.org/10.1007/s00787-017-0977-z>
- 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. *Journal of Physiology*, 549(3), 945–952. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.040477>
- Kitamura, S., Hida, A., Aritake, S., Higuchi, S., Enomoto, M., Kato, M., Vetter, C., Roenneberg, T., & Mishima, K. (2014). Validity of the Japanese version of the Munich ChronoType Questionnaire. *Chronobiology International*, 31(7), 845–850. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.914035>
- Kozaki, T., Kubokawa, A., Taketomi, R., & Hatae, K. (2016). Light-induced melatonin suppression at night after exposure to different wavelength composition of morning light. *Neuroscience Letters*, 616, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.12.063>
- Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., & Sargent, C. (2016). The chronotype of elite athletes. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 219–225. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0049>
- Lewy. (1999). The dim light melatonin onset, melatonin assays and biological rhythm research in humans. *NeuroSignals*, 8(1–2), 79–83. <https://doi.org/10.1159/000014573>
- Lewy. (2007). Melatonin and human chronobiology. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 72, 623–636. <https://doi.org/10.1101/sqb.2007.72.055>
- Lewy, A., TA, W., FK, G., DA, N., & Markey SP. (1980). Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science*, 210(March), 1267–1269.

- Lewy, Bauer, V. K., Ahmed, S., Thomas, K. H., Cutler, N. L., Singer, C. M., Moffit, M. T., & Sack, R. L. (1998). The human phase response curve (PRC) to melatonin is about 12 hours out of phase with the PRC to light. *Chronobiology International*, *15*(1), 71–83. <https://doi.org/10.3109/07420529808998671>
- Lewy, Cutler, N. L., & Sack, R. L. (1999). The endogenous melatonin profile as a marker for circadian phase position. *Journal of Biological Rhythms*, *14*(3), 227–236. <https://doi.org/10.1177/074873099129000641>
- Lewy, & Sack, R. L. (1989). The dim light melatonin onset as a marker for circadian phase position. *Chronobiology International*, *6*(1), 93–102. <https://doi.org/10.3109/07420528909059144>
- Lewy, Sack, R. L., & Singer, M. (1985). Immediate and Delayed Effects of Bright Light on Human Melatonin Production: Shifting “Dawn” and “Dusk” Shifts the Dim Light Melatonin Onset (DLMO). *Annals of the New York Academy of Sciences*, *453*(1), 253–259. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1985.tb11815.x>
- Lundeen, W. A. et al., Petrescu, E., Haus, E., & Sackett-Lundeen, L. W. N. G. L. D. (1990). Circadian periodicity of performance in athletic students. *Progress in Clinical and Biological Research*, *341*(B), 337–343. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2217325/>
- Lyall, L. M., Wyse, C. A., Graham, N., Ferguson, A., Lyall, D. M., Cullen, B., Celis Morales, C. A., Biello, S. M., Mackay, D., Ward, J., Strawbridge, R. J., Gill, J. M. R., Bailey, M. E. S., Pell, J. P., & Smith, D. J. (2018). Association of disrupted circadian rhythmicity with mood disorders, subjective wellbeing, and cognitive function: a cross-sectional study of 91 105 participants from the UK Biobank. *The Lancet Psychiatry*, *5*(6), 507–514. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30139-1](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30139-1)
- Marchant, E. (1996). Entrainment and Phase Shifting of Circadian Rhythms in Mice by Forced Treadmill Running. *Physiology & Behavior*, *60*(2), 665–674. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(96\)00096-0](https://doi.org/10.1016/0031-9384(96)00096-0)
- Maywood, E. S., Mrosovsky, N., Field, M. D., & Hastings, M. H. (1999). Rapid down-regulation of mammalian Period genes during behavioral resetting of the circadian clock. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *96*(26), 15211–15216. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.26.15211>
- McGowan, N. M., & Coogan, A. N. (2018). Sleep and circadian rhythm function and trait impulsivity: An actigraphy study. *Psychiatry Research*, *268*, 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.07.030>
- Mistlberger, R. E., & Antle, M. C. (1998). Behavioral inhibition of light-induced circadian phase resetting is phase and serotonin dependent. *Brain Research*, *786*(1–2), 31–38. [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(97\)01269-9](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(97)01269-9)
- Mistlberger, R. E., & Skene, D. J. (2005). Nonphotic entrainment in humans? *Journal of Biological Rhythms*, *20*(4), 339–352. <https://doi.org/10.1177/0748730405277982>
- Morales, J. F., & García, M. (2003). Relaciones entre matutinidad-vespertinidad y estilos de personalidad. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, *19*(2), 247–256.
- Navara, K. J., Nelson, R. J., Manuscript, A., Cycle, D., Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., & Grob, A. (2014). Entrainment of the Human Circadian Clock to the Natural Light- Dark Cycle Kenneth. *Journal of Youth and*

- Adolescence*, 23(2), 1554–1558.  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.039>.Entrainment
- 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(i), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-3-7>
- Pastore, S., & Hood, D. A. (2013). Endurance training ameliorates the metabolic and performance characteristics of circadian Clock mutant mice. *Journal of Applied Physiology*, 114(8), 1076–1084. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01505.2012>
- 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 of the United States of America*, 116(24), 12019–12024. <https://doi.org/10.1073/pnas.1901824116>
- Phillips, Parfitt, G., & Rowlands, A. V. (2013). Calibration of the GENE accelerometer for assessment of physical activity intensity in children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 124–128. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.013>
- Pinillos, M. L., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A. L., Alonso-Bedate, M., & Delgado, M. J. (2001). Food intake inhibition by melatonin in goldfish (*Carassius auratus*). *Physiology and Behavior*, 72(5), 629–634. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(00\)00399-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(00)00399-1)
- Putilov, A. A. (2017). Owls, larks, swifts, woodcocks and they are not alone: A historical review of methodology for multidimensional self-assessment of individual differences in sleep-wake pattern. *Chronobiology International*, 34(3), 426–437. <https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1278704>
- Randler, C., Jankowski, K. S., Rahafar, A., & Díaz-Morales, J. F. (2016). Sociosexuality, Morningness–Eveningness, and Sleep Duration. *SAGE Open*, 6(1). <https://doi.org/10.1177/2158244015621958>
- Randler, C., & Vollmer, C. (2013). Aggression in young adults - A matter of short sleep and social jetlag? *Psychological Reports*, 113(3), 754–765. <https://doi.org/10.2466/16.02.PR0.113x31z7>
- Razavi, P., Devore, E. E., Bajaj, A., Lockley, S. W., Figueiro, M. G., Ricchiuti, V., James Gauderman, W., Hankinson, S. E., Willett, W. C., & Schernhammer, E. S. (2019). Shift work, chronotype, and melatonin rhythm in nurses. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 28(7), 1177–1186. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-18-1018>
- Reebs, S. G., & Mrosovsky, N. (1989). Effects of Induced Wheel Running on the Circadian Activity Rhythms of Syrian Hamsters: Entrainment and Phase Response Curve. *Journal of Biological Rhythms*, 4(1), 39–48. <https://doi.org/10.1177/074873048900400103>
- Refinetti, R., Cornélissen, G., & Halberg, F. (2007). Procedures for numerical analysis

- of circadian rhythms. In *Biological Rhythm Research* (Vol. 38, Issue 4).  
<https://doi.org/10.1080/09291010600903692>
- Reilly, T., & Waterhouse, J. (2009). Sports performance: Is there evidence that the body clock plays a role? In *European Journal of Applied Physiology* (Vol. 106, Issue 3, pp. 321–332). <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1066-x>
- Roenneberg & Mellow. (2016). The circadian clock and human health. *Current Biology*, 26(10), R432–R443. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.011>
- Roenneberg, Keller, L. K., Fischer, D., Matera, J. L., Vetter, C., & Winnebeck, E. C. (2015). Human activity and rest in situ. *Methods in Enzymology*, 552, 257–283. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2014.11.028>
- Roenneberg, Kuehne, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A., & Mellow, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current Biology*, 14(24), 1038–1039. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.11.039>
- Roenneberg, & Mellow, M. (2007). Entrainment of the human circadian clock. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 72, 293–299. <https://doi.org/10.1101/sqb.2007.72.043>
- Roenneberg, T., Allebrandt, K. V., Mellow, M., & Vetter, C. (2012). Social jetlag and obesity. *Current Biology*, 22(10), 939–943. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.03.038>
- Roenneberg, T., Kantermann, T., Juda, M., Vetter, C., & Allebrandt, K. V. (2013). Light and the human circadian clock. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 217, 311–331. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-25950-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25950-0_13)
- Roenneberg, Wirz-Justice, A., & Mellow, M. (2003). Life between clocks: Daily temporal patterns of human chronotypes. *Journal of Biological Rhythms*, 18(1), 80–90. <https://doi.org/10.1177/0748730402239679>
- Roenneberg, Roenneberg, T., Pilz, L. K., Zerbini, G., & Winnebeck, E. C. (2019). Chronotype and social jetlag: A (self-) critical review. *Biology*, 8(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/biology8030054>
- Sack, R. L., Blood, M. L., & Lewy, A. J. (1992). Melatonin rhythms in night shift workers. *Sleep*, 15(5), 434–441. <https://doi.org/10.1093/sleep/15.5.434>
- Schroeder, A. M., Truong, D., Loh, D. H., Jordan, M. C., Roos, K. P., & Colwell, C. S. (2012). Voluntary scheduled exercise alters diurnal rhythms of behaviour, physiology and gene expression in wild-type and vasoactive intestinal peptide-deficient mice. *Journal of Physiology*, 590(23), 6213–6226. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.233676>
- Sharma, V. K. (2003). Adaptive Significance of Circadian Clocks. *Chronobiology International*, 20(6), 901–919. <https://doi.org/10.1081/CBI-120026099>
- 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*, 1(3), 352–366. <https://doi.org/10.3390/clockssleep1030029>
- Starkie, R. L., Hargreaves, M., Lambert, D. L., Proietto, J., & Febbraio, M. A. (1999). Effect of temperature on muscle metabolism during submaximal exercise in humans. *Experimental Physiology*, 84(4), 775–784.

<https://doi.org/10.1017/S0958067099018151>

- Tafet, G. E. et al. (2001). Correlation between cortisol level and serotonin uptake in patients with chronic stress and depression. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 1(4), 388–393. <https://doi.org/10.3758/cabn.1.4.388>
- Tahara, Y., Aoyama, S., & Shibata, S. (2017). The mammalian circadian clock and its entrainment by stress and exercise. *Journal of Physiological Sciences*, 67(1). <https://doi.org/10.1007/s12576-016-0450-7>
- Tähkämö, L., Partonen, T., & Pesonen, A. K. (2019). Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiology International*, 36(2), 151–170. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1527773>
- Takasu, N. N., Hashimoto, S., Yamanaka, Y., Tanahashi, Y., Yamazaki, A., Honma, S., & Honma, K. I. (2006). Repeated exposures to daytime bright light increase nocturnal melatonin rise and maintain circadian phase in young subjects under fixed sleep schedule. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 291(6), 1799–1807. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00211.2006>
- Tankova, I., Adan, A., & Buela-Casal, G. (1994). Circadian typology and individual differences. A review. *Personality and Individual Differences*, 16(5), 671–684. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)90209-7](https://doi.org/10.1016/0191-8869(94)90209-7)
- 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>
- Tassinio, Migliaro, A., Estevan, I., & Silva, A. (2018). *El reloj biológico frente a los desafíos de la modernidad*. 2(1), 113–126. <https://doi.org/10.5027/reinnec.V2.11.36>
- 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). <https://doi.org/10.1172/jci.insight.134270>
- Torii, J., Shinkai, S., Hino, S., Kurokawa, Y., Tomita, N., Hirose, M., Watanabe, S., Watanabe, S., & Watanabe, T. (1992). Effect of time of day on adaptive response to a 4-week aerobic exercise program. *J Sports Med Phys Fitness*, 32(4), 348-52.
- Valdez, P., Ramírez, C., & García, A. (1996). Delaying and extending sleep during weekends: Sleep recovery or circadian effect? *Chronobiology International*, 13(3), 191–198. <https://doi.org/10.3109/07420529609012652>
- Van Someren, E. J. W., Swaab, D. F., Colenda, C. C., Cohen, W., McCall, W. V., & Rosenquist, P. B. (1999). Bright light therapy: Improved sensitivity to its effects on rest- activity rhythms in Alzheimer patients by application of nonparametric methods. *Chronobiology International*, 16(4), 505–518. <https://doi.org/10.3109/07420529908998724>
- Vink, J. M., Vink, J. M., Groot, A. S., Kerkhof, G. A., & Boomsma, D. I. (2001). Genetic analysis of morningness and eveningness. *Chronobiology International*, 18(5), 809–822. <https://doi.org/10.1081/CBI-100107516>
- Vitale, Bonato, M., Galasso, L., La Torre, A., Merati, G., Montaruli, A., Roveda, E., & Carandente, F. (2017). Sleep quality and high intensity interval training at two

- different times of day: A crossover study on the influence of the chronotype in male collegiate soccer players. *Chronobiology International*, 34(2), 260–268. <https://doi.org/10.1080/07420528.2016.1256301>
- Wang. (2017). Circadian Rhythm, Exercise, and Heart. *Acta Cardiol Sin*, 33, 539\_541. <https://doi.org/10.6515/ACS20170604A>
- Wang, M. Y., Hung, H. L., & Tsai, P. S. (2011). The sleep log and actigraphy: Congruency of measurement results for heart failure patients. *Journal of Nursing Research*, 19(3), 173–180. <https://doi.org/10.1097/JNR.0b013e318229c42f>
- Weaver, D. R. (1998). *The Suprachiasmatic Nucleus : A 25-Year Retrospective*. 13(2), 100–112.
- Wehr, Aeschbach, D., & Duncan, J. (2001). Evidence for a biological dawn and dusk in the human circadian timing system. *Journal of Physiology*, 535(3), 937–951. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00937.x>
- Wehr, T. (1991). The durations of human melatonin secretion and sleep respond to changes in daylength (photoperiod). *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 73(6), 1276–1280. <https://doi.org/10.1210/jcem-73-6-1276>
- Whitman, J. M., Flynn, T. W., Childs, J. D., Wainner, R. S., Gill, H. E., Ryder, M. G., Garber, M. B., Bennett, A. C., & Fritz, J. M. (2006). PT for Patients With Lumbar Spinal Stenosis. *Number*, 31(22), 2541–2549.
- Winget, C. M., DeRoshia, C. W., & Holley, D. C. (1985). Circadian rhythms and athletic performance. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 17, Issue 5, pp. 498–516). <https://doi.org/10.1249/00005768-198510000-00002>
- Wittmann, M., Dinich, J., Mellow, M., & Roenneberg, T. (2006). Social jetlag: Misalignment of biological and social time. *Chronobiology International*, 23(1–2), 497–509. <https://doi.org/10.1080/07420520500545979>
- Wolff, G., & Esser, K. A. (2012). Scheduled exercise phase shifts the circadian clock in skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(9), 1663–1670. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318255cf4c>
- Wong, P. M., Hasler, B. P., Kamarck, T. W., Muldoon, M. F., & Manuck, S. B. (2015). Social Jetlag, chronotype, and cardiometabolic risk. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 100(12), 4612–4620. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2923>
- 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>
- Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase–response curves for exercise. *Journal of Physiology*, 597(8), 2253–2268. <https://doi.org/10.1113/JP276943>
- 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(1), 1–8. <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>

## IX. ANEXOS





# The impact of training shifts in dancers' chronotype and sleep patterns

Natalia Coirolo <sup>1,2</sup>  
Ana Silva <sup>1</sup>  
Bettina Tassino <sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Neurociencias, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup> Sección Etología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

## ABSTRACT

Circadian preferences (chronotypes) as well as human sleep patterns depend on internal and environmental factors including social demands. School and work shifts are advantageous tools for studying the way social pressures impact on the biological clock. We took advantage of the Uruguayan public professional training in dance organized in two different shifts (morning, 8:30 to 12:30, and night, 20:00 to 24:00) to evaluate the influence of shifts on sleep timing and individual circadian preferences of dancing trainees (n=56) from data obtained by questionnaires (Munich Chronotype Questionnaire, MCTQ, and Morningness-Eveningness Questionnaire, MEQ) and sleep logs (SL). Although the outputs of MEQ and MCTQ significantly correlated, nocturnal dancers reported later chronotypes (measured by MCTQ) than morning dancers, but no differences in their circadian preferences measured by MEQ. Both MCTQ and SL showed that nocturnal dancers scheduled their sleep significantly later than morning ones during work and free days.

**Keywords:** Chronotypes; Sleep Patterns; Circadian Preferences; Questionnaires; Sleep Logs Training Shift

## Corresponding author:

Bettina Tassino  
E-mail: tassino@fcien.edu.uy

DOI: 10.5935/1984-0063.20200010

## INTRODUCTION

In humans, the intrinsic period of the circadian cycle is slightly greater than 24 h on average with individual variations that depend on both genetic and environmental factors<sup>1</sup>. Individual differences in the phase of the circadian rhythms are known as circadian preferences or chronotypes<sup>1</sup>. Chronotypes depend on the expression of several genes<sup>2</sup>, and vary with other biological factors such as age and sex<sup>3</sup>. Chronotypes also depend on the intensity, quality and timing of light exposure<sup>4</sup> and on a diversity of social demands such as school, work, or entertainment schedules<sup>5</sup>.

The sleep-wake cycle is the most conspicuous human circadian rhythm, which is well-known to depend on social demands. Latin American high school students attending school in the morning shift have advanced and shorter sleep compared to those attending the afternoon-shift<sup>6-9</sup>. Night shift work has also been associated to sleep disorders<sup>10</sup>. Shifts not only affect sleep timing but also circadian preferences. For example, night-shift nurses have significantly later chronotypes than day-shift nurses<sup>11</sup>. Moreover, afternoon-shift high school students from Mexico and Uruguay have significantly later chronotypes than morning-shift ones<sup>7,12</sup>.

Individual circadian preferences can be inferred by universally validated questionnaires<sup>13,14</sup>. However, different questionnaires survey different aspects of sleep habits and might not be consistent in typifying chronotype. MCTQ, for example explores sleep timing and assumes that the mid sleep point on free days corrected for sleep debt on workdays (MSFsc) is a good proxy of individual chronotype<sup>3</sup>. MEQ score, in turn, represents the self-reported time preference to perform different activities<sup>13</sup>. Therefore, while MEQ and MSFsc usually correlate, it is not surprising to find discrepancies as both questionnaires have different aims and are not interchangeable. A more objective way of evaluating sleep habits is provided by sleep logs (SL), which despite being self-reported, are more accurate, providing information about actual daily sleep timing, which in turn, might be (or not) in accordance with circadian preferences<sup>15</sup>. An integration of all these instruments is required to have a reliable picture of individual sleep habits and circadian preferences of a given population.

In people with demanding physical or athletic training, sleep patterns and rest times as well as the time in which training is scheduled, are relevant to their performance.

Athletes with long training days, extended working periods, and irregular rest in weekends, frequently have impaired sleep duration and efficiency<sup>16</sup>. As a particular case, dancers are competitive athletes who undergo extreme physical and mental stress and usually work according to an irregular schedule. However, the relationship between circadian preferences, sleep patterns, and performance in dancers has not been thoroughly evaluated so far. To our knowledge, only one previous study reports the decrease in sleep quality and the cognitive impairment ballet dancers suffer during training<sup>17</sup>.

In this study, we took advantage of the Uruguayan public professional training in dance which is organized in two different shifts (morning and night). We aimed to evaluate the influence of these contrasting shifts on sleep timing and individual circadian preferences of dancing trainees from data obtained by questionnaires and SL. Both types of instruments showed that nocturnal dancers scheduled their sleep later than morning ones. In addition, nocturnal dancers reported later circadian chronotypes (measured by MSFsc) than morning dancers, with no differences in their circadian preferences measured by MEQ.

## MATERIAL AND METHODS

Dancers from the Uruguayan public school for professional training in contemporary and folkloric dance (Escuela Nacional de Danza, END-SODRE, Ministerio de Educación y Cultura) were recruited to participate in this study (Table 1). To maximize school infrastructure usage, the END-SODRE is organized as a 4-year training program with classes taught from Monday through Friday in two shifts. First and second grade students attend the night shift (20:00 to 24:00) while students of the third and fourth grade attend the morning shift (8:30 to 12:30). Fifty-six dancers (29 from the morning shift and 27 from the night shift), mostly females, with age ranging from 18 to 30 years old met the inclusion criteria as participants of this study (Table 1). Dancers under self-reported treatment with psycho-active drugs, with missing data in questionnaires, and reporting the use of alarm clock during weekends were excluded from this study. Data were globally analyzed with no distinction among genders.

During August 2019, informational flyers and informed consent forms were distributed. Enrolled participants answered questionnaires during school-time. This study was evaluated by the Ethics Committee of the School of Psychology, Universidad de la República, and complied with the principles outlined by the Declaration of Helsinki (World Medical Association, 2013).

**Table 1.** Number of participants, gender, age and chronobiological characterization of the dancers training in morning-shift and night-shift.

		Total	Morning-shift	Night-shift	p
Participants (n)		56	29	27	
Gender (n)	Female	45	24	21	
	Male	7	3	4	
	Other	4	2	2	
Age (mean ± SD)		22.07 ± 2.49	22.55 ± 2.69	21.56 ± 2.19	0.1785
MSFsc (mean ± SD)		6:10 ± 1:52	5:43 ± 1:47	6:40 ± 1:52	0.0472
MEQ score (mean ± SD)		46.91±8,88	48.83±8.51	44.85±8.96	0.1092

The chronobiological characterization was assessed using the Spanish version of both the Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ,<sup>14</sup> and the Morningness-Eveningness (MEQ,<sup>13</sup>). Validated MCTQ reports were used to assess the mid-sleep point on free days corrected for sleep debt on workdays (MSFsc) as a proxy of individual chronotype<sup>3</sup>, and the social jetlag as the absolute difference between the mid-points of sleep on work and free days<sup>5</sup>. The MEQ score, calculated from the answers about preferred sleep time and daily performance inquired in the MEQ, was also considered as a proxy for individual circadian preference, with higher scores indicating greater morningness tendencies<sup>13</sup>. Participants were also instructed to answer daily WhatsApp messages every morning for 19 days (August 10-28, 2019, 13 workdays and 6 free days) to record their actual sleep timing. Sleep logs (SL) allowed us to measure the average individual midsleep point of work (MSW) and free days (MSF) (Table 2).

Data are expressed as mean values  $\pm$  standard deviation throughout. As data did not comply with normality and/or homoscedasticity, statistical comparisons were analyzed by non-parametric tests: the Wilcoxon signed-rank test for comparisons between work and free days in the same individuals, the Mann-Whitney *U* test for comparisons across participants between shifts.

## RESULTS

Twenty-nine dancers of the END-SODRE trained in the morning shift and 27 dancers trained in the night shift fulfilled the inclusion criteria to participate in this study (Table 1). Although earlier grades of the END-SODRE are scheduled in the night shift and last grades in the morning shift, the age of participants did not differ significantly across shifts ( $p=0.17$ ; Mann-Whitney *U* test, Table 1).

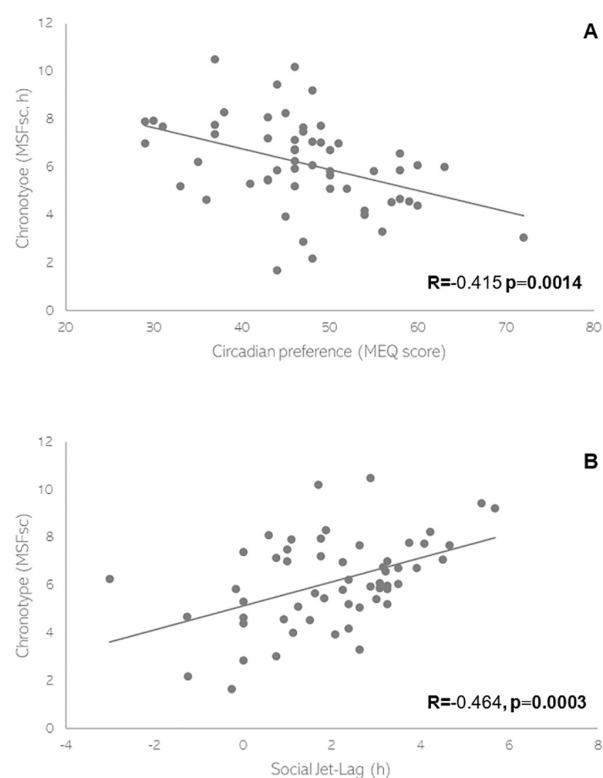
The chronobiological characterization of the studied population was achieved using two largely validated questionnaires (MEQ and MCTQ), whose outputs were significantly correlated ( $R = -0.415$ ,  $p = 0.0014$ ; Fig. 1A). Average chronotype corresponded to an MSFsc of  $6:10 \pm 1:52$ , being significantly later in dancers attending the night shift ( $6:40 \pm 1:52$ ) than in morning-shift dancers ( $5:43 \pm 1:47$ ; Table 1). Mean social jetlag was  $2.03 \pm 1.71$  h and correlated with MSFsc as expected ( $R = 0.464$ ,  $p = 0.0003$ ; Fig. 1B).

**Table 2.** Mid sleep point calculated using Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ) and Sleep Logs for work (MSW) and free days (MSF), for dancers who attended morning-shift and night-shift.

	MCTQ n=56			Sleep Logs n=50		
	MSW	MSF	$p^1$	MSW	MSF	$p^1$
Morning-shift	3:38 $\pm$ 0:34	6:26 $\pm$ 1:40	<0.0001	3:34 $\pm$ 0:34	6:33 $\pm$ 1:26	<0.0001
Night-shift	6:08 $\pm$ 1:21	7:20 $\pm$ 1:29	0.0027	5:55 $\pm$ 1:05	7:07 $\pm$ 1:08	<0.0001
	$p^2$					
	<0.0001	0.0221		<0.0001	0.0407	

<sup>1</sup> Wilcoxon Matched-Pairs test

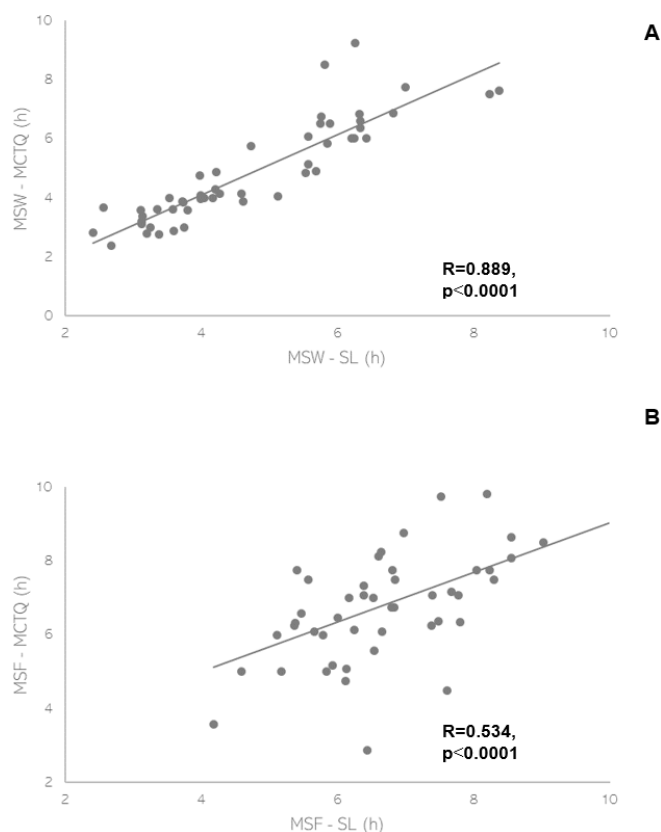
<sup>2</sup> Mann-Whitney *U* test



**Figure 1.** Linear regressions between midsleep point on free days corrected for sleep debt on workdays (MSFsc) and A) the score obtained from Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ); B) the social jet lag (SJL).

On the other hand, average circadian preferences corresponded to a MEQ score of  $46.91 \pm 8.88$ , with no significant differences between students attending the morning shift ( $48.83 \pm 8.51$ ) and the night shift ( $44.85 \pm 8.96$ ; Table 1).

Sleep timing was evaluated from the midsleep point calculated from data reported in MCTQ and SL, whose values were significantly correlated for both work ( $R = 0.889$ ,  $p < 0.0001$ ; Fig. 2A) and free days ( $R = 0.534$ ,  $p < 0.0001$ ; Fig. 2B). Both approaches consistently showed that sleep timing was significantly delayed in the free days respect to workdays in all the participants, being this delay longer in morning-shift dancers than in night-shift ones (Table 2). In addition, both MCTQ and SL data show that sleep is scheduled significantly later in night-shift dancers than in morning-shift ones in both work and free days (Table 2).



**Figure 2.** A) Workdays. Linear regression between midsleep point obtained from Munich Chronotype Questionnaire (MSW-MCTQ) and midsleep point obtained from Sleep logs (MSW-SL). B) Free days. Linear regression between midsleep point obtained from Munich Chronotype Questionnaire (MSF-MCTQ) and midsleep point obtained from Sleep logs (MSF-SL).

## DISCUSSION

We present the chronobiological characterization of a group of young Uruguayan dancers being trained at the END-SODRE in two shifts, morning and night. Interestingly, although morning and night-shift dancers did not differ in their circadian preferences (measured by the MEQ score), individual chronotypes (estimated by MSFsc) were later in night shift-dancers respect to morning-shift ones.

The high quality of our data allows us to support our conclusions. First, as an internal validation of MCTQ, we found a significant correlation between MSFsc and social jet lag (Fig. 1A), indicating that later chronotypes are subjected to a significantly higher desynchronization as expected<sup>5</sup>. Secondly, we used two standard validated questionnaires (MCTQ and MEQ<sup>13,14</sup>) to do the chronobiological characterization of the study population, whose results were, as expected, significantly correlated (Fig. 1B)<sup>18</sup>. Moreover, comparable data obtained from either the MCTQ questionnaire or the 19-days SL significantly correlated (Fig. 2), indicating the reliability of the self-reported information provided by the participants. Although age and gender differences in MSFsc have been previously reported<sup>3</sup>, we did not attempt to discriminate these effects given that all participants were over 18 years old, their age was constrained into a narrow range, and the study population was mostly composed by females.

As previously reported in Uruguayan youngsters<sup>6,19</sup>, chronotypes measured by MSFsc were very late in average while MEQ scores were not suggestive of lateness. This discrepancy is not surprising as both questionnaires explore different aspects of circadian preferences and was also evinced in a similar-age Uruguayan population<sup>20</sup>. Therefore, as the classification of circadian typologies depends on age, geographic, and cultural differences<sup>3</sup>, it is important to combine the use of different instruments to actually assess the chronobiological characterization of a given population.

Self-reported data either from MCTQ forms or from daily WhatsApp messages (SL), were very consistent in showing differences between the sleep patterns of morning and night shift dancers (Table 2; Fig. 2). Differences in dancers' sleep schedules between the morning and the night shift resemble those observed in Latin American adolescents attending different high school shifts<sup>6-9</sup>. In particular, this study is in accordance with these previous reports by showing that chronotypes (measured by MCTQ) are affected by the training shift, being later in the night shift than in the morning one; and that sleep is more advanced during workdays in morning-shift dancers compared to night-shift ones. Interestingly, to our knowledge, no previous studies have taken advantage of training in shifts to explore its chronobiological impact in young adults as most studies of this kind have been focused on high school adolescents.

Social demands impose a chronic misalignment between the inner and social clocks, particularly in adolescents and young adults, resulting in sleep deficiency during workdays and sleep compensation during weekends<sup>5,14</sup>. Although sleep duration was not analyzed in this study, it is evident that both morning and night-shift dancers followed the expected changes between work and free days, delaying the occurrence of sleep during weekends.

In conclusion, dancers being trained in morning and night shifts offer the opportunity to test the impact of these contrasting shifts on circadian preferences and sleep patterns. In this first study of this advantageous population, we confirm that sleep schedules show the expected differences between shifts and between work and free days. More interestingly, the indicator of chronotype that relies on self-reported sleep patterns is extremely late and delayed in night-shift dancers with respect to morning-shift ones; while the indicator of circadian preference does not report differences across shifts.

## ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank very specially the dancers of the END-SODRE who kindly volunteered as participants of this study. We are specially thankful to the Director of the School of Performing Arts-SODRE, Martín Inthamoussou, and to the Coordinators of the END-SODRE, Andrea Salazar and Emiliano D'Agostino for their support and logistic help. We also thank Micaela De Mori, Agustín Laguardia, Betania Martínez, and Luna Perla for their help in data collection and Adriana Migliaro for her suggestion and comments that help us to improve the manuscript.

## REFERENCES

- Adan A, Archer SN, Hidalgo MP, Di Milia L, Natale V, Randler C. Circadian typology: A comprehensive review. *Chronobiol Int.* 2012;29(9):1153–75.
- Vink JM, Groot AS, Kerkhof GA, Boomsma DI. Genetic analysis of morningness and eveningness. *Chronobiol Int.* 2001;18(5):809–22.
- Roenneberg T, Kuehne T, Pramstaller PP, Ricken J, Havel M, Guth A, et al. A marker for the end of adolescence. *Curr Biol.* 2004;14(24):1038–9.
- Roenneberg T, Kantermann T, Juda M, Céline V, Allebrandt K. Light and the Human Circadian Clock. In: Kramer A, Merrow M, editors. *Circadian Clocks, Handbook of Experimental Pharmacology.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013. p. 311–31.
- Wittmann M, Dinich J, Merrow M, Roenneberg T. Social jetlag: Misalignment of biological and social time. *Chronobiol Int.* 2006;23(1–2):497–509.
- Estevan I, Silva A, Vetter C, Tassinio B. Short sleep duration and extremely delayed chronotypes in Uruguayan youth: The role of school start times and social constraints. *J Biol Rhythm.* 2020;
- Arrona-Palacios A, García A, Valdez P. Sleep-wake habits and circadian preference in Mexican secondary school. *Sleep Med.* 2015;16(10):1259–64.
- Anacleto TS, Adamowicz T, Simões da Costa Pinto L, Louzada FM. School Schedules Affect Sleep Timing in Children and Contribute to Partial Sleep Deprivation. *Mind, Brain, Educ.* 2014;8(4):169–74.
- Valdez P, Ramírez C, García A. Delaying and extending sleep during weekends: Sleep recovery or circadian effect? *Chronobiol Int.* 1996;13(3):191–8.
- Hittle BM, Gillespie GL. Identifying Shift Worker Chronotype Implications for Health. *Ind Health.* 2018;56(6):512–23.
- Gamble KL, Motesinger-Reif AA, Hida A, Borsetti HM, Servick S V, Ciarleglio CM, et al. Shift work in nurses: Contribution of phenotypes and genotypes to adaptation. *PLoS One.* 2011;6(4):1–12.
- Estevan I, Silva A, Tassinio B. School start times matter, eveningness does not. *Chronobiol Int.* 2018;35(12):1753–7.
- Horne JA, Ostberg O. A self assessment questionnaire to determine Morningness Eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol.* 1976;4(2):97–110.
- Roenneberg T, Wirz-Justice A, Merrow M. Life between clocks: Daily temporal patterns of human chronotypes. *J Biol Rhythms.* 2003;18(1):80–90.
- Genzel L, Ahrberg K, Roselli C, Niedermaier S, Steiger A, Dresler M, et al. Sleep timing is more important than sleep length or quality for medical school performance. *Chronobiol Int.* 2013;30(6):766–71.
- Fischer FM, Nagai R, Teixeira LR. Explaining sleep duration in adolescents: The impact of socio-demographic and lifestyle factors and working status. *Chronobiol Int.* 2008;25(2–3):359–72.
- Fietze I, Strauch J, Holzhausen M, Glos M, Theobald C, Lehnkering H, et al. Sleep quality in professional ballet dancers. *Chronobiol Int.* 2009;26(6):1249–62.
- Zavada A, Gordijn MCM, Beersma DGM, Daan S, Roenneberg T. Comparison of the Munich Chronotype Questionnaire with the Horne-Östberg's morningness-eveningness score. *Chronobiol Int.* 2005;22(2):267–78.
- Tassinio B, Horta S, Santana N, Levandovski R, Silva A. Extreme late chronotypes and social jetlag challenged by antarctic conditions in a population of university students from Uruguay. *Sleep Sci.* 2016;9(1):20–8.
- Silva A, Simón D, Pannunzio B, Casaravilla C, Díaz Á, Tassinio B. Chronotype-Dependent Changes in Sleep Habits Associated with Dim Light Melatonin Onset in the Antarctic Summer. *Clocks & Sleep.* 2019;1(3):352–66.

## CUESTIONARIOS

### 1-CUESTIONARIO SOCIODEMÓGRAFICO

Código \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Género ( ) Masculino ( ) Femenino ( ) Otro

Peso \_\_\_\_\_ Talla \_\_\_\_\_

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

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| ( ) Asma/bronquitis                                 | ( ) Enfermedad auto-inmune   |
| ( ) Rinitis   | ( ) Enfermedad reumatológica |
| ( ) Dermatitis atópica                              | ( ) Dolores crónicos         |
| ( ) Diabetes  | ( ) Gastritis crónica        |
| ( ) Dislipidemia                                    | ( ) Úlcera péptica           |
| ( ) Enfermedad infectocontagiosa (en el último mes) | ( ) Otro _____               |

2. ¿Usted pasó por alguna intervención quirúrgica en el último mes?

( ) Sí ( ) No

¿Cuál? \_\_\_\_\_

3. ¿Usted sufrió algún accidente/trauma físico en el último mes?

( ) Sí ( ) No

¿Cuál? \_\_\_\_\_

4. Para las mujeres:

¿Cuál es la fecha de su última menstruación?

¿Usted usa algún método anticonceptivo?

¿Cuál? \_\_\_\_\_

Nombre del anticonceptivo cuando fuere el caso \_\_\_\_\_

5. Cuál es su consumo diario de:

Café \_\_\_\_\_ tazas (100ml)

Mate \_\_\_\_\_

Refrigerantes con cola \_\_\_\_\_ vasos (200ml)

Bebidas energéticas \_\_\_\_\_ latas (200ml)

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

( ) Bebidas alcohólicas \_\_\_\_\_

( ) Cigarros \_\_\_\_\_

( ) Cannabis \_\_\_\_\_

( ) Analgésicos (Ej.: AAS, Paracetamol/Acetaminofem, Dipirona, 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)

---

( ) Otros? ¿Cuál(es)?

---

7. En esta pregunta usted no precisa identificar la sustancia usada, solamente responda SI o NO a la pregunta: Usted hace/hizo uso de alguna de las sustancias abajo listadas?

( ) Si ( ) No

Antiretrovirales  
Éxtasis  
Corticoide  
Cocaína/Crack  
Hipofagin  
Peraltam  
Marihuana  
Ritalina  
Tamoxifeno  
Turedima  
Bacaína

## 2-CUESTIONARIO DE MATUTINIDAD-VESPERTINIDAD

HORNE Y ÖSTBERG

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        | <input type="checkbox"/> 5 |
| Entre las 06:30 (6:30 AM) y las 07:45 (7:45 AM) de la mañana | <input type="checkbox"/> 4 |
| Entre las 07:45 (7:45 AM) y las 09:45 (9:45 AM) de la mañana | <input type="checkbox"/> 3 |
| Entre las 09:45 (9:45 AM) y las 11:00 (11 AM) de la mañana   | <input type="checkbox"/> 2 |
| Entre las 11 (11 AM) de la mañana y las 12 de la tarde.      | <input type="checkbox"/> 1 |

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

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> A las 20:00 (8 PM) – 21:00 (9 PM)         | <input type="checkbox"/> 5 |
| <input type="checkbox"/> A las 21:00 (9 PM) – 22:15 (10:15 PM)     | <input type="checkbox"/> 4 |
| <input type="checkbox"/> A las 22:15 (10:15 PM) – 00:30 (12:30 AM) | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> A las 00:30 (12:30 AM) – 01:45 (1:45 AM)  | <input type="checkbox"/> 2 |
| <input type="checkbox"/> A las 01:45 (1:45 AM) – 03:00 (3 AM)      | <input type="checkbox"/> 1 |

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

- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| No lo necesito       | <input type="checkbox"/> 4 |
| Lo necesito poco     | <input type="checkbox"/> 3 |
| Lo necesito bastante | <input type="checkbox"/> 2 |
| Lo necesito mucho    | <input type="checkbox"/> 1 |

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

- |                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Nada fácil     | <input type="checkbox"/> 1 |
| No muy fácil   | <input type="checkbox"/> 2 |
| Bastante fácil | <input type="checkbox"/> 3 |
| Muy fácil      | <input type="checkbox"/> 4 |

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

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nada alerta     | <input type="checkbox"/> 1 |
| <input type="checkbox"/> Poco alerta     | <input type="checkbox"/> 2 |
| <input type="checkbox"/> Bastante alerta | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> Muy alerta      | <input type="checkbox"/> 4 |

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

- |                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| Muy escaso      | <input type="checkbox"/> 1 |
| Bastante escaso | <input type="checkbox"/> 2 |
| Bastante bueno  | <input type="checkbox"/> 3 |
| Muy bueno       | <input type="checkbox"/> 4 |

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

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Muy cansado         | <input type="checkbox"/> 1 |
| Bastante cansado    | <input type="checkbox"/> 2 |
| Bastante descansado | <input type="checkbox"/> 3 |
| Muy descansado      | <input type="checkbox"/> 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 | <input type="checkbox"/> 4 |
| Menos de 1 hora más tarde   | <input type="checkbox"/> 3 |
| De 1 a 2 horas más tarde    | <input type="checkbox"/> 2 |
| Más de 2 horas más tarde    | <input type="checkbox"/> 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         | <input type="checkbox"/> 4 |
| Estaría en una forma aceptable | <input type="checkbox"/> 3 |
| Me resultaría difícil          | <input type="checkbox"/> 2 |
| Me resultaría muy difícil      | <input type="checkbox"/> 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)         | <input type="checkbox"/> 5 |
| A las 21:00 (9 PM) – 22:15 (10:15 PM)     | <input type="checkbox"/> 4 |
| A las 22:15 (10:15 PM) – 00:45 (12:45 AM) | <input type="checkbox"/> 3 |
| A las 00:45 (12:45 AM) - 02:00 (2 AM)     | <input type="checkbox"/> 2 |
| A las 02:00 (2 AM) – 03:00 (3 AM)         | <input type="checkbox"/> 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) | <input type="checkbox"/> 6 |
| De 11:00 (11 AM) a 13:00 (1 PM) | <input type="checkbox"/> 4 |
| De 13:00 (1 PM) a 17:00 (5 PM)  | <input type="checkbox"/> 2 |
| De 19:00 (7 PM) a 21:00 (9 PM)  | <input type="checkbox"/> 0 |
12. Si te acostaras a las 11 de la noche. ¿Qué nivel de cansancio notarías?
- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| Ningún cansancio   | <input type="checkbox"/> 0 |
| Algún cansancio    | <input type="checkbox"/> 2 |
| Bastante cansancio | <input type="checkbox"/> 3 |
| Mucho cansancio    | <input type="checkbox"/> 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  | <input type="checkbox"/> 4 |
| A la hora habitual y luego dormiría      | <input type="checkbox"/> 3 |
| A la hora habitual y volvería a dormirme | <input type="checkbox"/> 2 |
| Más tarde de lo habitual                 | <input type="checkbox"/> 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           | <input type="checkbox"/> 1 |
| Echar una siesta antes y dormir después        | <input type="checkbox"/> 2 |
| Echar un buen sueño antes y una siesta después | <input type="checkbox"/> 3 |
| Sólo dormirías antes de la guardia             | <input type="checkbox"/> 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) | <input type="checkbox"/> 4 |
| De 11:00 (11 AM) a 13:00 (1 PM) | <input type="checkbox"/> 3 |
| De 13:00 (1 PM) a 17:00 (5 PM)  | <input type="checkbox"/> 2 |
| De 19:00 (7 PM) a 21:00 (9 PM)  | <input type="checkbox"/> 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 sentaría?
- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Estaría en buena forma         | <input type="checkbox"/> 1 |
| Estaría en una forma aceptable | <input type="checkbox"/> 2 |
| Me resultaría difícil          | <input type="checkbox"/> 3 |
| Me resultaría muy difícil      | <input type="checkbox"/> 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?

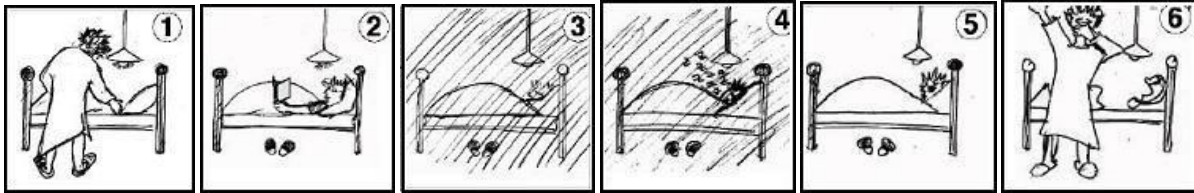
- Un tipo claramente matutino.  6
- Un tipo más matutino que vespertino.  4
- Un tipo más vespertino que matutino.  2
- Un tipo claramente vespertino.  0

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

## 4-DIARIOS DE SUEÑO

Me acosté a las \_\_\_ horas

Estaba listo/a para dormirme a las \_\_\_ horas

Necesite de \_\_\_ minutos para conciliar el sueño

Me desperté a las \_\_\_ horas

Me levante después de \_\_\_ horas

¿Use despertador? Si ( ) No ( )

Esta noche:

- ( ) desperté para ir al baño
- ( ) tuve dificultades para respirar
- ( ) ronque
- ( ) sentí frío
- ( ) sentí calor
- ( ) tuve pesadillas
- ( ) otro

En este momento me siento:

- 1- muy triste
- 2- triste
- 3- regular 🗨️
- 4- regular 👍
- 5- nada triste)

Esta noche me desperté \_ (Número de veces)

En general, yo diría que mi noche de sueño fue: \_\_\_\_\_

(Siendo:

- 1 - muy mala
- 2- mala
- 3- regular
- 4- buena
- 5- muy buena)

En este momento me siento:

- 1- muy somnoliento
- 2- somnoliento
- 3- regular
- 4- poco somnoliento
- 5- muy somnoliento)

