



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Cronobiología de la educación: impacto del horario escolar, cronotipos y hábitos de sueño de adolescentes en el rendimiento académico

Tesis presentada para optar al título de Doctora de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas

Lic. Guadalupe Rodríguez Ferrante

Directora de tesis: Dra. María Juliana Leone

Directora Adjunta: Dra. Andrea Paula Goldin

Consejero de estudios: Dr. Omar Coso

Lugar de trabajo: Laboratorio de Neurociencia, Escuela de Negocios, Universidad Torcuato Di Tella.

Buenos Aires, 2023

Fecha de Defensa: 20 de octubre de 2023

Agradecimientos

Para mí, el camino de doctorarme fue extremadamente formativo y, sobre todo, disfrutable. Tengo claro que esto último es menos frecuente de lo que debería y por eso estoy enormemente agradecida con las instituciones que de una u otra manera colaboraron para que el proyecto se lleve a cabo y con las personas que me acompañaron todo este tiempo. En particular:

A Juli, mi directora, por guiarme a través del proceso de doctorarme. Estoy y estaré eternamente agradecida no solo por todo lo que me enseño, que fue mucho, sino también por siempre recordarme que antes que científica, soy persona.

A Andre, por responder ese primer mail que mande buscando mi espacio en el mundo académico y por, desde entonces, estar siempre dispuesta a ayudarme.

A Flor, por sumarse al equipo y siempre llenarlo de alegría y cariño.

A la gente del Laboratorio de Neurociencia, quienes me introdujeron al mundo de las ciencias cognitivas. A Mariano Sigman, Ceci Calero y Joaco Navajas porque nunca me faltaron recursos de ningún tipo. A Diego de la Hera, Diego Shalom, Agus Perez Santangelo, Chu, Juli Hermida, Lu y Ari, porque sus preguntas y discusiones en los seminarios tuvieron un rol importantísimo en mi formación. A Juli Goldstein, Any, Caro, Martu Boscolo, Fede B, Vicky, Alex, Gabi, Andrés, Andy, Candy y Cande por compartir el día a día y siempre llenar de risas los almuerzos. A Mani, Meli y Fede Z, quienes estuvieron al lado mío desde el principio de este proceso y son los responsables de que toda cosa mala se convirtiera en un chiste del que reírnos un tiempo después.

A Diego Golombek por aceptar presentarme a beca y por siempre estar dispuesto a ayudarme.

A los colegas con los que he compartido congresos y hemos discutido nuestros resultados, entre ellos/as: Ana, Nacho, Mariana, Juli, Dima, Horacio de la Iglesia, Alex, Victor, Giovanne, Julia, Mayara, Jefferson, Natalia.

A CONICET por financiar mi proyecto. A la Universidad Torcuato Di Tella y la Universidad Nacional de Quilmes por darme un lugar y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires por formarme y aceptarme en el programa de doctorado.

A mis amigos y amigas que me escucharon incontables veces hablarles sobre mis proyectos. A Mica, Juli, Flor, Kevin, Chris y Martin, que me acompañan desde el secundario y vieron crecer mi interés por la ciencia. A Belu, Mica y Palo por siempre poder reírnos de las cosas más tontas. A Tato, Mache y la Bebo, por los años de derby y por todos los que se vienen sin derby. A Lucho, Mati, Caro, Roi, Nico, Pablo y Lu por las aventuras imaginarias. A Mati y Juli, que

aparecieron de casualidad y supieron quedarse; gracias por las historias polémicas y las carcajadas. Les quiero infinito.

A mi familia. A los que están y los que no. A mis abuelas por llenarme de amor y comida, las extraño. A mi tía Norma, que festejó cada uno de mis logros más que yo. A mis tíos Javi y Marce. A Maqui, por ser mi compañera de juegos y la primera con la que compartí mi gusto por el manga, te extraño. A Franco, por ser mi compañero de vicio y ahora también mi colega. A Juanma, por querer y elegir a mi hermana y por siempre recibirme (con jueguitos).

A Palo y More, mis hermanas, por existir. Por compartir la vida conmigo, por aguantarme, por hacerme mejor persona y por quererme como soy.

A mamá, por el amor y la paciencia infinita. Por siempre dedicarme tiempo. Por enseñarme a leer. Por cuidarme.

A papá, por hacerme sentir que soy capaz de hacer cualquier cosa que quiera. Por demostrar en cada acto lo mucho que te importo.

Gracias a los dos por siempre priorizar mi educación y darme todas las oportunidades que necesite y más.

A Esteban por elegirme, amarme y cuidarme. Gracias por tenerme paciencia cuando ni yo me la tengo y por siempre mostrarme una amabilidad sin límites. Gracias por motivarme a hacer todas las locuras que se me ocurren y por alimentarme y mantenerme con vida después. Gracias por todo lo que me ayudaste en estos años. Gracias por compartir la vida conmigo y ayudarme a crecer como persona. Te amo.

Índice

Resumen.....	7
Abstract	8
1. Introducción general.....	9
1.1. Ritmos biológicos	9
1.2. Regulación del sueño: sistemas circadiano y homeostático.....	12
1.3. Cronotipo, jetlag social y duración de sueño.....	14
1.4. El cronotipo de los adolescentes y el horario de inicio escolar.....	18
1.5. Cronotipo y horario escolar en América Latina y Argentina.....	22
1.6. Objetivos e hipótesis generales	25
2. Efecto de la interacción de turno escolar y edad sobre el cronotipo y hábitos de sueño en adolescentes.....	26
2.1. Introducción.....	26
2.1.1. Efecto del SST y la edad sobre el cronotipo	26
2.1.2. Objetivos e hipótesis específicos	30
2.2. Resultados	31
2.2.1. Cronotipo	31
2.2.2. Jetlag social	42
2.2.3. Duración de sueño	44
2.2.4. Horarios de sueño.....	52
2.2.5. Calidad de sueño	58
2.2.6. Relación entre Cronotipo y otras variables asociadas al sueño.....	60
2.3. Discusión.....	71
2.4. Procedimientos.....	80
2.4.1. Participantes	80
2.4.2. Aspectos éticos.....	81
2.4.3. Protocolo.....	81
2.4.4. Variables evaluadas	82
2.4.5. Análisis estadísticos	83
3. El cambio en el cronotipo asociado a la edad depende del cronotipo basal y el turno escolar	85
3.1. Introducción.....	85

3.1.1. Inestabilidad del cronotipo a lo largo de la adolescencia	85
3.1.2. Objetivos e hipótesis específicos	91
3.2. Resultados	92
3.2.1. El cronotipo basal modula el cambio en el cronotipo asociado a la edad	92
2.2.2. Relación entre el cambio en el cronotipo y el cambio en variables asociadas al sueño.....	97
3.3. Discusión.....	101
3.4. Materiales y métodos.....	106
3.4.1. Participantes, protocolo y comité de ética	106
3.4.2. Variables evaluadas.....	107
3.4.3. Análisis estadísticos	107
4. Efecto de la interacción del turno escolar, la edad y el cronotipo en el logro académico de los adolescentes.....	108
4.1. Introducción.....	108
4.1.1. Logro académico y cronotipo	108
4.1.2. Efecto de sincronía y efecto de cronotipo.....	111
4.1.3. Objetivos e hipótesis	115
4.2. Resultados	115
4.2.1. Efecto global del turno escolar en el rendimiento académico	115
4.2.2. Efecto de la interacción entre el turno escolar y el cronotipo en el rendimiento académico	118
4.2.3. Efecto de la interacción entre el turno escolar y el cronotipo en las chances de repetir un año escolar	123
4.3. Discusión.....	128
4.4. Materiales y métodos.....	135
4.4.1. Participantes	135
4.4.2. Aspectos éticos	136
4.4.3. Procedimiento	136
4.4.4. Variables	136
4.4.5. Análisis estadístico.....	137
5. Meta-análisis del efecto del horario de inicio escolar en hábitos de sueño y cronotipo de adolescentes.....	138
5.1. Introducción.....	138
5.1.1. ¿Qué es un meta-análisis? ¿Y por qué un meta-análisis?	138

5.1.2. Antecedentes	138
5.1.3. Objetivos e hipótesis	140
5.2. Resultados	140
5.2.1. Selección de estudios	140
5.2.2. Características y calidad de los estudios.....	141
5.2.3. Meta-análisis de las variables relacionadas con el sueño y el cronotipo	147
5.2.4. Evaluación del sesgo de publicación.....	157
5.3. Discusión.....	159
5.4. Materiales y métodos.....	162
5.4.1. Registro del protocolo	162
5.4.2. Búsqueda bibliográfica	162
5.4.3. Criterios de selección	163
5.4.4. Extracción y tratamiento de datos	163
5.4.5. Evaluación de la calidad.....	164
5.4.6. Análisis de datos	164
6. Importancia relativa de los relojes social y solar en el efecto de diferentes horarios de inicio escolar.....	165
6.1. Introducción.....	165
6.1.1. Interacción entre el reloj social y el solar: el sistema de husos horarios	167
6.1.2. Amanecer y SST	170
6.1.3. Efectos de la SST en la duración del sueño, el SJL y el MSFsc: importancia relativa del reloj social y el solar.....	171
6.1.4. Objetivos e hipótesis	180
6.2. Resultados	181
6.2.1. Abordaje 1.....	181
6.2.2. Abordaje 2: meta-regresiones	188
6.3. Discusión.....	195
6.4. Materiales y métodos.....	202
6.4.1. Búsqueda bibliográfica	202
6.4.2. Criterios de selección	202
6.4.3. Extracción y tratamiento de datos	203
6.4.4. Análisis de datos	203
7. Discusión general	205
8. Conclusiones	211

Abreviaturas utilizadas.....	213
Bibliografía	215
Apéndice A	240
Apéndice B	267
Apéndice C	271

Resumen

Los ritmos diarios o circadianos determinan el momento del día biológicamente más adecuado para realizar distintas actividades. En los seres humanos, estos ritmos presentan diferencias interpersonales conocidas como cronotipos, que varían en un continuo entre muy tempranos y muy tardíos (o tipos matutinos y nocturnos). Durante la adolescencia, el cronotipo se vuelve más tardío hasta alcanzar un pico al final de este periodo del desarrollo. Sin embargo, el horario de inicio escolar para la mayoría de los adolescentes suele ser muy temprano por la mañana, lo que genera que estén crónicamente privados de sueño y presenten una gran discrepancia entre los horarios de sueño en días libres y hábiles (jetlag social, SJL). Esto, a su vez, se ha visto asociado con una mayor incidencia de sentimientos depresivos, obesidad, mayor riesgo de abuso de sustancias y menor rendimiento académico.

En esta tesis nos propusimos estudiar cómo el cronotipo, interactuando con el horario de inicio escolar (SST) y la edad, modula los hábitos de sueño y el logro académico (rendimiento académico y probabilidad de repetir) de adolescentes argentinos/as. Para ello, estudiamos a un grupo de estudiantes, que fueron asignados al azar a uno de tres turnos escolares diferentes (mañana, tarde o noche), en dos momentos de su adolescencia (13-14 y 17-18 años). Además, buscamos revisar y analizar cuantitativamente: (1) las evidencias disponibles a nivel mundial acerca del efecto del SST sobre los hábitos de sueño de los adolescentes; y (2) cuál es la importancia relativa del reloj solar y el social sobre este efecto.

Los resultados obtenidos demuestran que el turno mañana está asociado con cronotipos más matutinos, mayores niveles de SJL y una menor duración de sueño en días hábiles (SDw). En cuanto al rendimiento académico, los cronotipos más nocturnos se vieron asociados con notas más bajas (efecto de cronotipo) y esta asociación fue más fuerte en el turno mañana que en el turno tarde o noche (efecto de sincronía). Por otro lado, al evaluar la asociación entre cronotipo y notas en cada uno de los turnos escolares, observamos que los estudiantes con cronotipos más nocturnos en el turno mañana, pero no en el turno noche, presentan más chances de repetir un año (efecto de sincronía). Finalmente, en base a una revisión sistemática y meta-análisis de la bibliografía disponible observamos que los SST más tardíos están asociados con cronotipos más nocturnos, menores niveles de SJL y una mayor SDw en todo el mundo. Interesantemente, el efecto del SST sobre los hábitos de sueño de los adolescentes no parece depender únicamente del reloj social, sino también del solar.

Los resultados de este proyecto son muy importantes para comprender cómo el cronotipo y los horarios escolares afectan a la salud, el sueño y el logro académico de los adolescentes. Como tal, esperamos que nuestros esfuerzos contribuyan a generar conocimiento local, y global, para la implementación de políticas públicas educativas basadas en la evidencia.

Abstract

Chronobiology of education: Impact of school start time, chronotype and sleep habits on adolescents' academic achievement

Biological rhythms determine the time of day that is biologically most suitable for different activities. In humans, these rhythms present interpersonal differences known as chronotypes, which vary on a continuum between very early and very late (or morning and evening types). During adolescence, the chronotype becomes later, which is associated with both biological (changes in circadian rhythms) and social phenomena (internet access, cell phone use, etc.). Although they tend to have very late chronotypes, adolescents often start school very early in the morning, which causes them to be chronically sleep deprived and present a large discrepancy between sleep schedules on week- and free days (social jetlag, SJL). This, in turn, has been associated with a higher incidence of depressive feelings, obesity, increased risk of substance abuse and lower academic performance.

In this thesis we studied how chronotype, interacting with school timing and age, modulates the sleep habits and academic success (academic performance and grade retention) of Argentinian adolescents. For this purpose, we studied a group of students, who were randomly assigned to one of three different school timings (morning, afternoon or evening), at two points in their adolescence (at 13-14 and 17-18 years of age). In addition, we reviewed and quantitatively analyzed: (1) the evidence available worldwide on the effect of school start time on adolescent sleep habits; and (2) the relative importance of the solar and social clocks on this effect.

In general, we observed that the morning shift is associated with earlier chronotypes but also with higher levels of SJL and shorter sleep duration on weekdays (SDw). In addition, later chronotypes tend to be associated with higher levels of SJL but this relationship weakens as the school timing becomes later. In terms of academic performance, later chronotypes were associated with lower grades (chronotype effect) and this association was stronger in the morning than in the afternoon or evening school timings (synchrony effect). On the other hand, we observed that the odds of experiencing grade retention can be partially explained by a synchrony effect: morning-attending students with later chronotypes have a higher chance of repeating a year, which is not the case for their evening-attending peers. Finally, based on a systematic review and meta-analysis of the available literature we observed that later SSTs are associated with later chronotypes, lower SJL levels and longer SDw worldwide. Interestingly, the effect of SST on adolescent sleep habits does not seem to depend solely on the social clock, but also on the solar clock.

The results of this project are very important for understanding how chronotype and school schedules affect adolescent health, sleep and academic achievement. As such, we hope that our efforts will contribute to generating local, and global, knowledge for the implementation of evidence-based educational public policies.

1. Introducción general¹

1.1. Ritmos biológicos

Los ritmos biológicos son procesos que se repiten de manera periódica, ya sea a nivel molecular, fisiológico o comportamental, que existen en todos los organismos vivos estudiados hasta el momento (Creux & Harmer, 2019; Elliott, 1976; Hewitt & Shaikh, 2021). Estos ritmos pueden caracterizarse de acuerdo a su periodo, amplitud y fase (Figura 1.1). La amplitud es la diferencia entre el valor máximo y la media de la oscilación. La Fase (ψ) corresponde al momento en que la variable adquiere un valor determinado. Se puede tomar como valor de referencia, o marcador de fase, cualquier punto del ritmo (el máximo, el mínimo, etc.). El periodo es el tiempo en el que ocurre un ciclo completo de un ritmo, y dicho tiempo es diferente para distintos ritmos. En particular, los ritmos se categorizan según su periodo en infra-, circa- y ultradianos, es decir mayores, cercanos y menores a 24h, respectivamente (Droste et al., 2008; Lewy et al., 1999; Rakova et al., 2013; Roenneberg, Kuehnle, et al., 2007). Los ritmos con períodos de 24h son los más ubicuos y originalmente se pensaba que ocurrían únicamente como respuesta directa al ciclo de luz-oscuridad externo (que tiene un periodo de 24h, debido a la rotación de la tierra sobre su propio eje). Los ritmos biológicos que dependen de claves externas y que desaparecen en ausencia de dichas claves son conocidos como ritmos exógenos (Aschoff, 1960), denominados ritmos diarios cuando su periodo es de 24h. Sin embargo, a principios del siglo XVIII de Mairan ya había descripto que las hojas de la *Mimosa pudica* se abrían y cerraban con un periodo cercano a las 24h inclusive en condiciones lumínicas constantes (o lo que es lo mismo, en ausencia de un ciclo -externo- de luz oscuridad). A partir de este experimento fue que se dedujo que existen ritmos biológicos que no dependen de las claves externas, es decir, son mantenidos de forma endógena. Este tipo de ritmos endógenos con períodos cercanos a 24h son a los que conocemos como ritmos circadianos.

¹ Parte de lo presentado en este capítulo fue adaptado de Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., & Leone, M. J. (2022). School timings The Perfect Hurricane in Latin America: School Start Time, Chronotype, Sleep, and Academic Performance During Adolescence. In Cognitive Sciences and Education in Non-WEIRD Populations: A Latin American Perspective (pp. 207-226). Cham: Springer International Publishing.

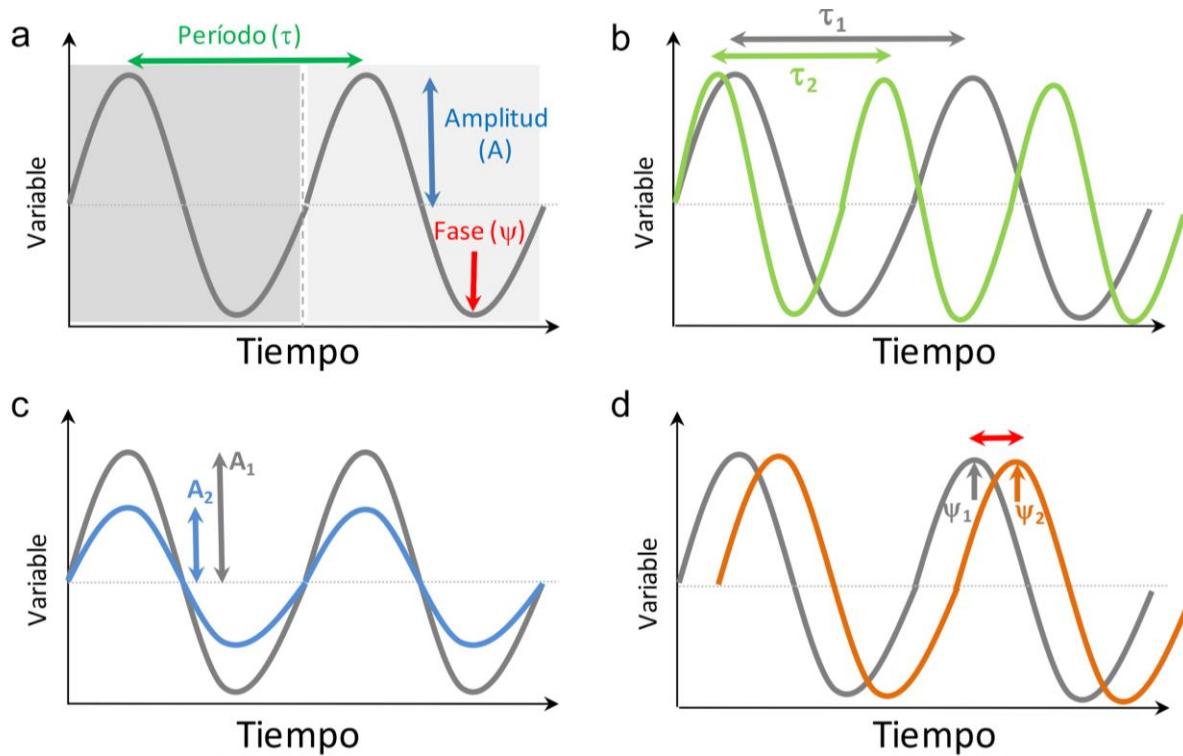


Figura 1.1. Parámetros característicos de un ritmo. **a)** Representación de la oscilación de una variable rítmica a lo largo del tiempo, en este caso durante 2 ciclos completos. El período (τ), la Amplitud (A) y la Fase (ψ) son los parámetros que definen a un ritmo. En este caso, el marcador de fase utilizado es el mínimo de la variable. **b)** Diferencia de período. En la figura se muestran dos ritmos con distinto período (τ_1 y τ_2). El ritmo en verde presenta un periodo más corto, es decir completa un ciclo entero en menos tiempo. **c)** Diferencia en Amplitud. El ritmo en azul presenta una menor amplitud que el representado en gris ($A_2 < A_1$). **d)** Relación de fase. Las dos curvas muestran dos ritmos que tienen fases diferentes (ψ_1 y ψ_2). La diferencia entre estas dos fases ($\psi_1 - \psi_2$) es la relación de fase (indicado por la flecha roja de doble punta). En este caso, el marcador de fase utilizado es el máximo de la variable. Figura adaptada de (Leone, 2010).

En los mamíferos, existen varios tejidos con comportamiento cíclico, en particular existe un reloj central ubicado en los núcleos supraquiasmáticos y varios relojes periféricos en el resto del cuerpo. Esta diferenciación se debe a que, si bien tanto el reloj central como los periféricos pueden ciclar de manera endógena, en ausencia del reloj central el organismo deja de mostrar oscilaciones en su fisiología y comportamiento (Hastings et al., 2018; Ralph et al., 1990). Esto se debe a que el reloj central es el que mantiene sincronizados al resto de los relojes, es decir que en cada tejido la fase dentro las células que lo componen es similar. Resulta interesante notar que, cuando no hay claves lumínicas cíclicas (por ejemplo, luz o oscuridad constantes) el período endógeno del reloj central es cercano a, pero no exactamente 24 horas. Sin embargo, este

periodo interno es diferente para diferentes especies e inclusive para diferentes individuos dentro de la misma especie (Figura 1.1b). Resulta interesante notar que, aunque los ritmos circadianos son endógenos, el reloj es sincronizado o “puesto en hora” por diferentes factores externos, de los cuales el más importante es la luz solar (Aschoff, 1960; King & Takahashi, 2000; Reppert & Weaver, 2002; Sakamoto & Ishida, 2000). Esto implica que el periodo observable de los ritmos circadianos se ajusta a las 24 horas que dura un día en el planeta tierra y la fase de los mismos se adecua a la fase del ciclo de luz-oscuridad (fase de entrenamiento). Por ejemplo, los animales nocturnos están activos en ausencia de luz y duermen en presencia de la misma. Además, el hecho de que los ritmos de un organismo estén sincronizados o alineados no quiere decir que la fase de cada ritmo sea la misma, sino que la relación de fase (Figura 1.1d) es coherente para el correcto (y saludable) funcionamiento de dicho organismo, en caso contrario decimos que se encuentran desalineados o desincronizados. Por ejemplo, los ritmos de cortisol y de melatonina en mamíferos diurnos se encuentran sincronizados cuando el aumento en la secreción de melatonina ocurre durante las últimas horas de la tarde o primeras horas de la noche y el de cortisol en las horas previas al amanecer (Perlow et al., 1981).

Los humanos, como mamíferos que son, presentan ritmos circadianos en su fisiología y su comportamiento, entre los cuales uno muy importante es el ciclo de sueño-vigilia. En particular, siendo una especie diurna, los humanos tienden a estar activos durante el día y a descansar por la noche (Roenneberg et al., 2003). Sin embargo, debido a la reciente (al menos en términos evolutivos) aparición de la luz eléctrica, los humanos pueden estar activos durante la noche y pasan más tiempo en interiores durante el día. Por lo tanto, si bien la luz solar sigue siendo el principal sincronizador de los ritmos biológicos de los humanos, su influencia disminuyó considerablemente durante el último siglo. Para la población general esto tiene consecuencias a nivel fisiológico y comportamental, lo que es evidenciado en el hecho de que poblaciones urbanas muestran una secreción de melatonina y horarios de sueño más tardíos que sus contrapartes que viven en regiones más rurales (Carvalho et al., 2014; Martins et al., 2020). La influencia de la luz natural como sincronizador es particularmente débil en aquellas personas que trabajan por la noche y, aún peor, aquellas que trabajan en turnos rotativos. En estos casos los diferentes ritmos biológicos pueden no estar sincronizados y/o la amplitud de algunos de ellos puede disminuir hasta inclusive observar una ausencia de ritmicidad (Ferreira et al., 2013; Folkard, 2008). Todo esto se vio asociado a problemas de salud mental y física, como por ejemplo un mayor riesgo de desarrollar problemas cardiovasculares, diabetes y cáncer (Haus & Smolensky, 2013; Kervezee et al., 2020; Muecke, 2005; Wang et al., 2014). Es por esto que el estudio de los

factores que modulan los ritmos biológicos y el efecto que la vida moderna tiene sobre estos en diferentes poblaciones humanas es extremadamente relevante.

1.2. Regulación del sueño: sistemas circadiano y homeostático

Uno de los comportamientos rítmicos más estudiados en humanos es el ciclo sueño-vigilia, ya que perturbaciones de este ciclo, como puede ser la privación de sueño -dormir menos horas de las necesarias-, están asociadas a consecuencias negativas en el bienestar y la salud de las personas (Medic et al., 2017; M. A. Short & Louca, 2015). En la década del 80 se propuso “*the two process model*” o el modelo de los dos procesos para explicar la regulación del ciclo sueño-vigilia (A. Borbély, 2022; A. A. Borbély, 1982). Si bien de aquí en adelante hablaremos sobre humanos, debe notarse que el modelo es válido para mamíferos en general. Este modelo propone que la acción conjunta del sistema circadiano (también conocido como proceso C) y del sistema homeostático (proceso S) determina a qué hora se duerme y se despierta una persona. La regulación homeostática del sueño implica que la presión de sueño aumenta durante el periodo de vigilia y desciende durante el periodo de sueño (Figura 1.2). En cuanto al sistema circadiano, este es representado como una función senoidal que sería la resultante de todos los procesos cíclicos del cuerpo (por ejemplo, niveles de melatonina y cortisol). El punto mínimo de esta función senoidal representa el momento del día en que el reloj interno indica que es el periodo de reposo (estado de alerta disminuido). Por lo tanto, en condiciones donde ambos procesos estén alineados, el dormir ocurre cuando, al mismo tiempo, la presión de sueño es alta y el proceso C se encuentra cerca de su mínimo (Figura 1.2).

En el caso que una persona experimente privación de sueño aguda, la presión de sueño se seguirá acumulando y luego serán necesarias más horas de sueño para disipar dicha presión de sueño. Esto sucede habitualmente en las sociedades modernas, donde los individuos suelen estar crónicamente privados de sueño, ya que se duermen más tarde que sus ancestros, por la ya mencionada utilización de luz eléctrica, pero deben despertarse temprano durante la semana para trabajar o estudiar. Por lo tanto, cuando llega el fin de semana o días libres, su duración de sueño suele ser mayor de lo que sería si no estuviesen privados de sueño durante la semana (Figura 1.2) (Roenneberg, Kuehnle, et al., 2007; Skeldon et al., 2017; Wittmann et al., 2006).

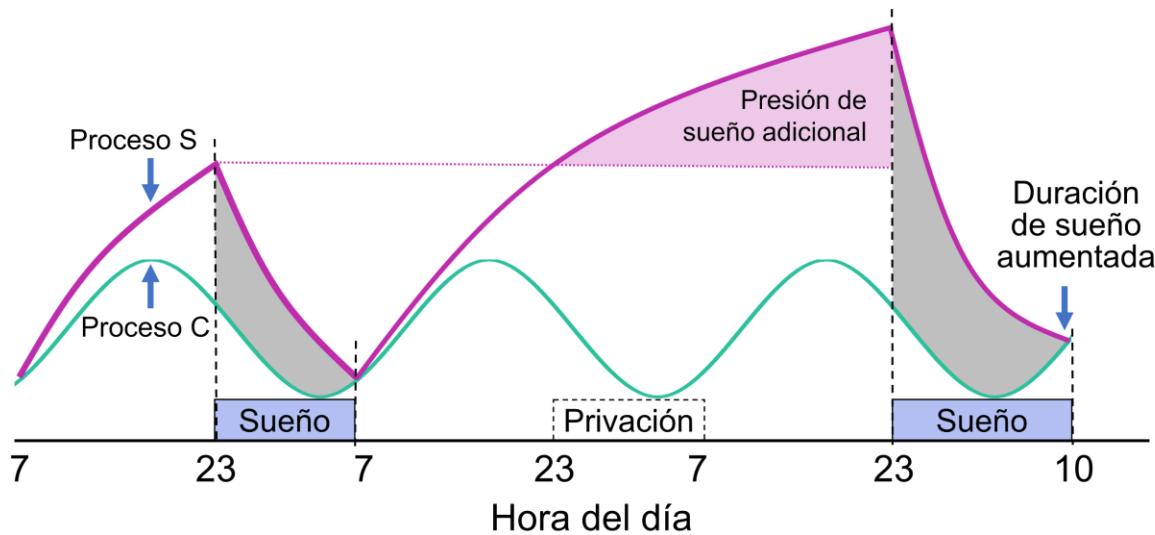


Figura 1.2. Modelo de la regulación del sueño por el sistema circadiano (Proceso C) y homeostático (Proceso S). El proceso C cicla con un periodo cercano a las 24h. Su máximo indica un estado de alerta alto y normalmente ocurre en algún momento de la tarde. El proceso S u homeostático muestra que, durante la vigilia, la presión de sueño -o “cansancio”- se acumula y durante el sueño disminuye. Por un lado, cuando el estado de alerta (Proceso C) comienza a disminuir y la presión de sueño es alta, se genera el comienzo del dormir. En la especie humana, estos dos eventos suelen ocurrir a la noche. Por otro lado, cuando el estado de alerta comienza a aumentar y la presión de sueño disminuye se da el despertar. En el caso de que una persona se mantenga despierta toda lo noche (experimente privación de sueño aguda), la presión de sueño continuará acumulándose y el proceso C seguirá ciclando normalmente. En ese caso, la alerta volverá a aumentar por lo que durante el día la persona podría tener dificultades para poder dormirse. Es probable que se vuelva a dormir cuando el estado de alerta comience a disminuir otra vez, es decir la noche siguiente. Sin embargo, dado que la presión de sueño es mayor que cuando el sujeto no estaba privado de sueño, el periodo de sueño será más largo para permitir que la presión de sueño disminuya lo suficiente.

En individuos sanos y bajo condiciones de vida habituales (por ejemplo, horarios de trabajo regulares y durante el día), el proceso circadiano (C) y el homeostático (S) se encuentran acoplados o alineados. En consecuencia, al estudiar el efecto de la privación de sueño sobre variable (por ej., el rendimiento cognitivo), es difícil separar la contribución relativa de cada proceso al efecto observado. Si bien existen protocolos que permiten separar el efecto de cada uno de estos procesos, dichos protocolos son poco ecológicos y, por lo tanto, nos dicen poco de cuáles son las consecuencias de la privación de sueño en la vida cotidiana de las personas.

1.3. Cronotipo, jetlag social y duración de sueño

A pesar de que como especie los humanos son diurnos, los individuos muestran una gran variabilidad en sus horarios de dormir (Roenneberg, Kuehnle, et al., 2007; Wittmann et al., 2006). Por ejemplo, mientras que algunos individuos suelen dormirse alrededor de las 04:00, otros se despiertan espontáneamente a la misma hora. Desde un punto de vista biológico, el cronotipo es la expresión del reloj interno de un individuo en un entorno específico, en otras palabras, su "fenotipo temporal" (Adan et al., 2012; Roenneberg, 2015; Roenneberg, Pilz, et al., 2019). Así, el cronotipo puede considerarse como un constructo que pretende caracterizar un sistema muy complejo (Roenneberg, Pilz, et al., 2019), que comprende ritmos biológicos (oscilaciones cíclicas) a nivel conductual (Mecacci & Zani, 1983; Roenneberg et al., 2015), fisiológico (Baehr et al., 2000; Duffy et al., 1999) e incluso molecular (Piggins, 2002; Zanello et al., 2000). Las personas que se acuestan muy tarde por la noche se conocen coloquialmente como "búhos", ya que probablemente presentan cronotipos tardíos o nocturnos, y las que se levantan muy temprano por la mañana como "alondras", presentando cronotipos matutinos o matutinos. Independientemente de cómo se mida, el cronotipo se sitúa en un continuo entre los tipos matutino y nocturno, y la mayoría de las personas presentan valores intermedios. Aunque el cronotipo tiene una base genética (Casiraghi et al., 2010; Hirano et al., 2016; Patke et al., 2017), está modulado por varios factores, como el ciclo luz-oscuridad (Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Stothard et al., 2017; Wright et al., 2013), la edad (Kuula et al., 2018; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004), la cultura (Randler, 2008b; M. Short et al., 2013) y las señales sociales (por ejemplo, el horario escolar o laboral) (Goldin et al., 2020; Leone et al., 2020; Skeldon et al., 2017).

El cronotipo puede evaluarse a través de diferentes instrumentos, los cuales miden la fase de distintos ritmos biológicos. El aumento de los niveles circulantes de melatonina (una hormona asociada a la noche y el sueño) (Pandi-Perumal et al., 2007) y la temperatura corporal mínima (Reffinetti & Menaker, 1992; Waterhouse et al., 2005) son algunos ejemplos de marcadores fisiológicos que pueden evaluarse para estimar el cronotipo. Otras estimaciones se basan en ritmos comportamentales. Una muy utilizada es el Punto Medio de Sueño en Días Libres (MSF, por sus siglas del inglés "*Midpoint of sleep on free days*") (Figura 1.3), que es una medida de los horarios de sueño que tiene en cuenta tanto el inicio como el final del periodo de sueño. El MSF se propuso originalmente como un índice de cronotipo, basado en la idea de que, durante los días libres, el tiempo de sueño se aproxima a las tendencias endógenas de los individuos ya que no estarían influidos por el trabajo y/o los horarios escolares como sí suele suceder durante los

días laborables (Roenneberg et al., 2015; Wittmann et al., 2006). Más recientemente, se descubrió que las personas tienden a dormir más en los días libres de lo que normalmente necesitan, lo cual se debería a que “se recuperan las horas de sueño perdidas” en los días hábiles (Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Roepke & Duffy, 2010). Este fenómeno suele ser aún más evidente en las personas con MSF más tardío, ya que son las que tienden a estar más privadas de sueño en días hábiles. En consecuencia, se propuso una versión alternativa del MSF que incluye una corrección individual para tener en cuenta este exceso de sueño en días libres. Esta nueva versión, denominada MSF corregido por sueño (MSFsc, “*MSF sleep corrected*”), se propuso como un nuevo índice de cronotipo (Figura 1.3) (Roenneberg et al., 2003, 2004) y es ampliamente utilizado. Tanto el MSF como el MSFsc se expresan como horarios locales y pueden obtenerse mediante el Cuestionario de Cronotipo de Múnich (MCTQ, “*Munich ChronoType Questionnaire*”), un cuestionario estandarizado sobre los hábitos de sueño que es sencillo de utilizar y arroja resultados fiables (Roenneberg et al., 2003). El MSFsc se correlaciona en gran medida con la fase de los ritmos fisiológicos, como la melatonina o la temperatura (Kantermann, 2013; Kitamura et al., 2014), y marcadores del ciclo sueño-vigilia obtenidos a partir de diarios de sueño y actigrafía (Roenneberg et al., 2003; Ryu et al., 2018; Santisteban et al., 2018).

Cabe señalar que el cronotipo también se ha conceptualizado como un rasgo psicológico (Kandeger et al., 2019; Randler, 2008b; Roenneberg, Pilz, et al., 2019). En consonancia con esta idea, se han desarrollado varios cuestionarios que evalúan las preferencias diurnas de los individuos, incluida la escala “*Morningness-Eveningness Scale for Children*” (MESC) (Carskadon et al., 1993; Estevan, 2020) y el cuestionario “*Morning-Eveningness Questionnaire*” (MEQ) (Horne & Östberg, 1976). En particular, este último consiste en 19 preguntas acerca de las preferencias diarias de los individuos a cuyas respuestas se les asigna un puntaje de acuerdo a si corresponden a preferencias más matutinas o nocturnas. Luego, a partir de todas las respuestas se obtiene un puntaje que va desde 16 a 86, donde un puntaje más bajo indica un cronotipo más nocturno. Aunque la perspectiva biológica (MSFsc) y la psicológica (MEQ) del cronotipo difieren conceptualmente, estos indicadores están altamente correlacionados entre sí (Goldin et al., 2020; Kitamura et al., 2014; Zavada et al., 2005) así como también con marcadores fisiológicos (Baehr et al., 2000; Duffy et al., 1999; Kantermann et al., 2015) y comportamentales (Carrier et al., 1997; Mecacci & Zani, 1983). Es importante destacar que varios de los factores que modulan al MSFsc también afectan los resultados del MEQ, entre ellos la edad (Randler et

al., 2017; Roenneberg et al., 2004) y la cultura (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022; von Schantz et al., 2015).

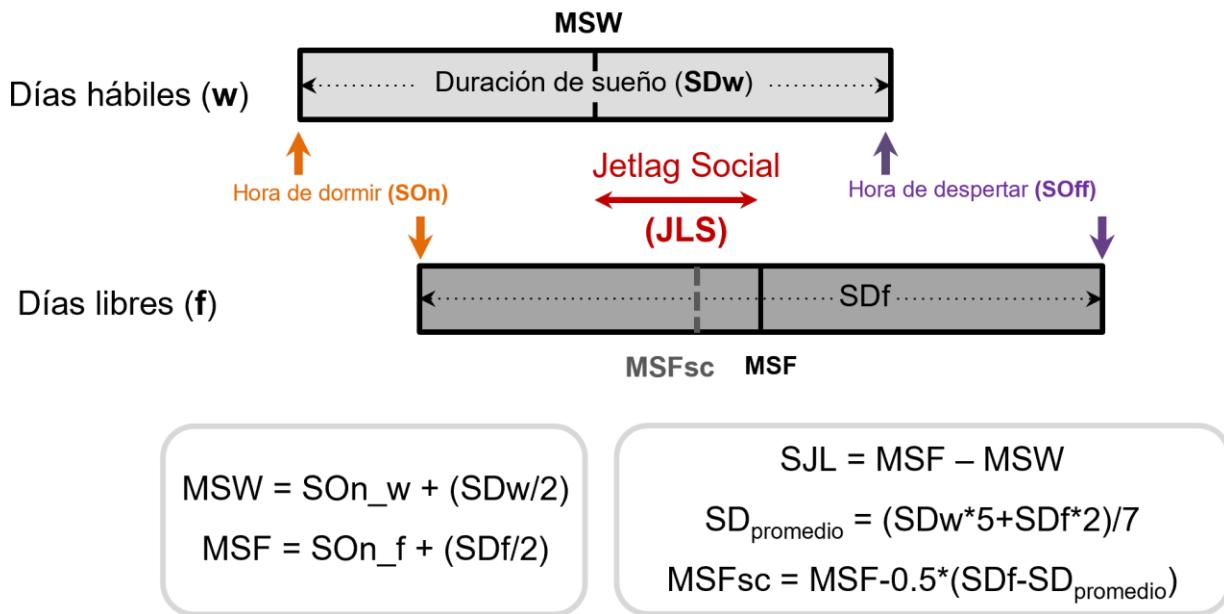


Figura 1.3. Cronotipo, duración del sueño, jetlag social. Cálculo del cronotipo y de las variables asociadas al sueño. El punto medio de sueño en días libres -corregido por el sueño- o MSFsc es un índice de cronotipo basado en los horarios de sueño. La duración del sueño (SD) es la cantidad de horas de sueño. El Jetlag Social (SJL) es la discrepancia en los horarios de sueño entre los días libres y los días hábiles. Son_w: inicio del sueño en días hábiles; Son_f: inicio del sueño en días libres; SDw: duración del sueño en días laborables; SDf: duración del sueño en días libres. Adaptada de (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022).

Como se mencionó anteriormente, el tiempo interno o biológico de los individuos se alinea (es decir, se sincroniza) con el tiempo externo a través de diferentes factores, como por ejemplo el ciclo luz-oscuridad. De hecho, el ciclo luz-oscuridad natural, aquel determinado por salida y la puesta del sol, es el principal *Zeitgeber* ("dador de tiempo") o sincronizador de los relojes endógenos humanos (Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Stothard et al., 2017; Wright et al., 2013). Sin embargo, la fuerza de la luz solar como sincronizador se ha debilitado en las sociedades modernas, especialmente desde el acceso global a la iluminación eléctrica, (Wright et al., 2013). Como consecuencia, el rango de cronotipos en la población humana se ha ampliado y, debido a que es posible utilizar iluminación eléctrica durante la noche independizándose de la luz solar, hay una tendencia hacia los cronotipos más tardíos (Roenneberg, Pilz, et al., 2019; Wright et al., 2013). Consistentemente, la duración del sueño en días hábiles (SDw) es más corta que en días libres (SDf) en la mayoría de las personas (Ford et al., 2015; Keyes et al., 2015; Matricciani et

al., 2012). Además, generalmente el horario endógeno no se ajusta correctamente con el horario social, ya que las personas tienden a dormirse más tarde pero aun así tienen que despertarse temprano debido a su horario escolar o laboral (Komada et al., 2019; Roenneberg, Pilz, et al., 2019; Wittmann et al., 2006). Este desajuste se conoce como jetlag social (SJL, “*Social JetLag*”) y se calcula como la diferencia entre el MSF (punto medio de sueño en días libres, donde los individuos pueden, teóricamente, elegir libremente su horario de sueño porque no tienen obligaciones sociales) y el punto medio de sueño en días laborables (días con obligaciones sociales, por ejemplo, escuela o trabajo) (Figura 1.3) (Roenneberg, Pilz, et al., 2019; Wittmann et al., 2006). Tanto el SJL como la SDw se correlacionan con el cronotipo, y los cronotipos tardíos se asocian con un mayor SJL y una menor SDw (Roenneberg et al., 2003, 2012). Esto es especialmente relevante porque tanto los altos niveles de SJL como la corta SDw se asocian con problemas de salud física y mental (Carskadon, 2002; Haraszti et al., 2014; Levandovski et al., 2011a; Patel & Hu, 2008; Steptoe et al., 2006; Wong et al., 2015).

Algunos ejemplos concretos son útiles para ilustrar el concepto de cronotipo y su relación con la duración del sueño y el SJL, junto con su modulación por la exposición a la luz. En primer lugar, existe un experimento emblemático en el que se evaluó el ciclo sueño-vigilia (medido mediante actigrafía) y los niveles de melatonina en personas durante dos semanas: una mientras hacían su vida habitual en la ciudad y otra mientras acampaban al aire libre (Wright et al., 2013). En este último caso, los participantes estuvieron expuestos a una luz más intensa durante el día (en comparación con la iluminación típica de interiores) y a una intensidad de luz casi nula durante la noche. De forma consistente, los investigadores observaron diferencias entre ambas semanas, tanto a nivel conductual como fisiológico: durante los días al aire libre, los participantes se dormían y despertaban más temprano y el aumento de melatonina también ocurría más temprano (Wright et al., 2013). Otros estudios también obtuvieron resultados similares en condiciones más ecológicas. En uno de ellos, una población rural mostró una mayor exposición a la luz, cronotipos más matutinos y menores niveles de SJL que una población urbana comparable (Carvalho et al., 2014). También se obtuvieron resultados similares de la comparación de dos comunidades de pueblos originarios Toba/Qom del norte de Argentina (una con y otra sin acceso a iluminación eléctrica): la comunidad con acceso a iluminación eléctrica mostró cronotipos y horarios de sueño más tardíos, menor duración del sueño (de la Iglesia et al., 2015) y un inicio más tardío de la secreción de melatonina (Casiraghi et al., 2020). Independientemente del entorno experimental, los resultados muestran que cuando los individuos se exponen a la luz solar durante la mañana

y/o reducen su exposición a la luz durante la noche, su cronotipo se adelanta (es decir, se vuelve más matutino), los niveles de SJL disminuyen y la duración del sueño aumenta.

En conjunto, está claro que el cronotipo es un concepto complejo que puede estudiarse desde diferentes perspectivas y que es fuertemente modulado por las señales temporales externas, incluidos los horarios impuestos por la sociedad. En particular, esta tesis se centra en el efecto del horario de inicio escolar y la edad sobre el cronotipo, los hábitos de sueño y el rendimiento académico de los y las adolescentes argentinos/as.

1.4. El cronotipo de los adolescentes y el horario de inicio escolar

Se ha reportado repetida y sistemáticamente que el cronotipo cambia durante el desarrollo en varias especies animales (Hummer & Lee, 2016). En los seres humanos, concretamente, el cronotipo se retrasa progresivamente a lo largo de la adolescencia, alcanzando el máximo al final de este periodo (Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004) (Figura 1.4a). Interesantemente, no solo se retrasa el cronotipo durante la adolescencia, sino que también se da un aumento del SJL (Figura 1.4b) y una disminución de la duración de sueño en días hábiles (Figura 1.4c). Esto último, se debe al choque entre el horario interno (o biológico) de los adolescentes y el horario social (en este caso, el horario escolar). Este choque fue claramente ilustrado por M. A. Carskadon, quien se refirió a esta situación como "la tormenta perfecta" (Carskadon, 2011a). Para entender esta metáfora debemos comprender que, en consonancia con el retraso observado en el cronotipo a lo largo del desarrollo, la hora de dormir o inicio del sueño (tanto durante los días hábiles como en los días libres) se retrasa durante la adolescencia, pero el horario de despertarse en días hábiles suele permanecer inalterado debido a que la escuela comienza muy temprano por la mañana, generando así las consecuencias negativas ya mencionadas (Figura 1.5).

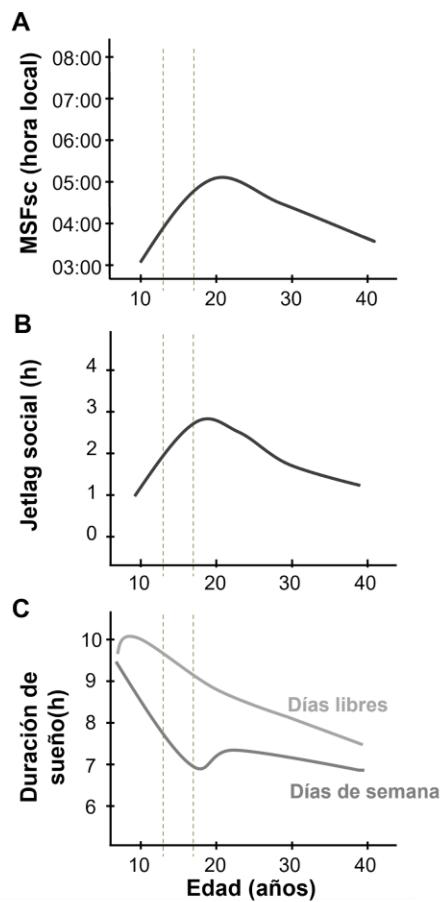


Figura 1.4. Cambios en el cronotipo, duración del sueño, jetlag social asociados a la edad. **a.** El cronotipo es modulado por la edad y se vuelve particularmente más tardío a lo largo de la adolescencia. Figura adaptada de (Roenneberg et al., 2004). **b.** El jetlag social aumenta a lo largo de la adolescencia. **c.** la duración de sueño disminuye tanto en días hábiles como en días libres. Figuras adaptadas de (Roenneberg et al., 2012). En particular, la duración de sueño en días hábiles alcanza un mínimo cerca de los 18 años de edad, es decir hacia el final de la secundaria. Las líneas punteadas verticales indican el periodo entre los 13 y 18 años, en el cual normalmente las y los adolescentes argentinos/as asisten a la escuela secundaria.

Específicamente, un número creciente de publicaciones informa que una elevada proporción de adolescentes de todo el mundo no alcanza las 8 horas mínimas de sueño recomendadas (Hirshkowitz et al., 2015; Paruthi et al., 2016) en días hábiles (Carskadon et al., 1998; Carskadon, 2011a; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020) (Figura 1.4c) y además presentan niveles extremadamente altos de SJL comparados con los adultos (Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Roenneberg et al., 2012) (Figura 1.4b). Estas consecuencias, son especialmente preocupantes porque tanto el SJL como la corta duración del sueño se han asociado con mayores

índices de depresión (Levandovski et al., 2011b; Talbot et al., 2010) obesidad (Carskadon, 2002; Parsons et al., 2015; Roenneberg et al., 2012), abuso de sustancias (McKnight-Eily et al., 2011; Nguyen-Louie et al., 2018) así como un menor rendimiento cognitivo y académico (Díaz-Morales & Escribano, 2015; Mak et al., 2012; Ng et al., 2009), entre otros. Además, poco se sabe sobre cómo afecta el horario de inicio escolar (SST, por sus siglas en inglés, *School start time*) a la calidad subjetiva del sueño y las evidencias existentes son en cierto modo contradictorias. Algunos estudios informan de que el SST temprano conduce a una peor calidad del sueño (Thacher & Onyper, 2016), mientras que otros no informaron de ninguna asociación (Vollmer et al., 2017). El estudio de los factores que se asocian a una mala calidad del sueño es de gran importancia debido a que esta también correlaciona con sobrepeso (Fatima et al., 2016), peor rendimiento académico (Ahrberg et al., 2012; Dewald et al., 2010), insatisfacción con la vida y sentimientos negativos (Pilcher et al., 1997) e incluso comportamiento agresivo e incumplimiento de las normas (El-Sheikh et al., 2019).

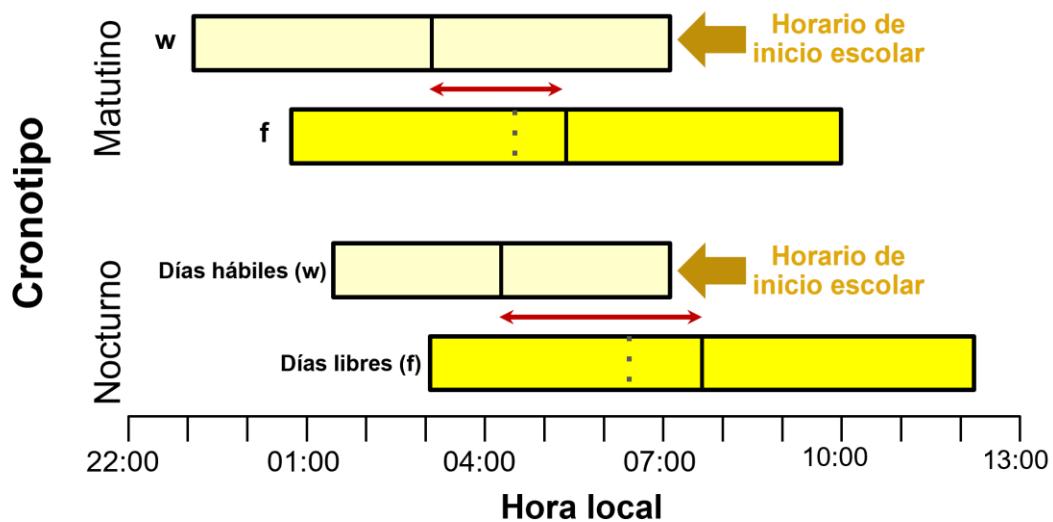


Figura 1.5. Efecto de la interacción entre el cronotipo y el horario de inicio escolar sobre la duración del sueño y el jetlag social de los adolescentes. Los adolescentes presentan cronotipos más nocturnos que los niños, pero asisten al colegio en horarios similares. Por este motivo, los adolescentes muestran altos niveles de SJL y una corta SDw es que los. Estos efectos negativos se esperan que sean aún más marcados en estudiantes con cronotipos más tardíos. En esta figura se representa la relación entre el cronotipo, la duración del sueño en días hábiles (w, barra más clara), la duración del sueño en días libres (f, barra más oscura) y el SJL. Arriba: un alumno con un cronotipo matutino que asiste al colegio por la mañana. Abajo: un alumno con un cronotipo tardío que asiste al colegio por la mañana. Figura adaptada de (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022).

En conjunto, el escenario aquí ilustrado sugiere que los SSTs muy tempranos dejan a los adolescentes en una posición vulnerable en cuanto a su funcionamiento, comportamiento y salud. Esto es especialmente cierto para aquellos adolescentes que presentan cronotipos más tardíos, ya que durante la escuela secundaria tener un cronotipo más tardío se ha asociado con menor SDw, mayor SJL y menor rendimiento académico (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Estevan et al., 2018; Goldin et al., 2020; Rahafar et al., 2017; Scherrer & Preckel, 2021; Tonetti et al., 2015; Zerbini et al., 2017) (Figura 1.5).

Se han propuesto tres tipos principales de intervenciones para mitigar esta "tormenta perfecta" y mejorar la salud del sueño y el rendimiento académico de los adolescentes. En primer lugar, se encuentran las intervenciones educativas que buscan aumentar el conocimiento sobre la higiene del sueño y así modificar las conductas de los adolescentes. Estas intervenciones parecen tener éxito a la hora de mejorar los conocimientos de los estudiantes sobre hábitos de sueño saludables. Sin embargo, su eficiencia para cambiar los hábitos de sueño de los adolescentes no ha sido consistente (Blunden et al., 2012; Cain et al., 2011; John et al., 2016; Kira et al., 2014; Moseley & Gradisar, 2009; Sousa et al., 2013). En segundo lugar, unos pocos estudios sugieren que los adolescentes se benefician de las intervenciones que aumentan la exposición a la luz durante la mañana (Bonnar et al., 2015; Gradisar et al., 2011) o que la disminuyen por la noche, principalmente limitando el uso de dispositivos electrónicos (Perrault et al., 2019; van der Lely et al., 2015). En ambos tipos de intervenciones asociadas a la luz, el resultado principal observado fue que el cronotipo de los adolescentes se adelantó, generando que el reloj interno de los estudiantes que asisten al colegio a la mañana estuviese mejor alineado con su horario escolar, reduciendo así su SJL. En tercer lugar, las intervenciones que retrasan el SST han cobrado relevancia en las dos últimas décadas. En general, estas intervenciones muestran mejoras consistentes en la duración del sueño, el SJL y el bienestar de los estudiantes (Boergers et al., 2014; Dunster et al., 2018; Owens & Weiss, 2017; Widome et al., 2020). Sin embargo, el impacto en el rendimiento académico no es concluyente: algunos estudios encontraron mejoras (Dunster et al., 2018; Kelley et al., 2017), pero otros no (Boergers et al., 2014; Owens et al., 2010; Thacher & Onyper, 2016). Sorprendentemente, la mayoría de los estudios que evalúan el efecto de los retrasos del SST en el rendimiento académico no informan si la brecha de rendimiento entre los cronotipos matutinos y tardíos finalmente se cierra, es decir si la diferencia en el rendimiento entre cronotipos desaparece al retrasar el SST. Una posible explicación es que la magnitud de los retrasos evaluados (entre 15 y 90 minutos) podría no ser siempre suficiente para observar cambios ni en el rendimiento académico ni en la diferencia de rendimiento entre los cronotipos.

En este sentido, algunos sistemas escolares, que incluyen horarios de mañana, tarde e incluso noche, ofrecen escenarios naturales para evaluar el impacto de las diferentes SSTs en los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes (Figura 1.5). Precisamente, este es el caso de América Latina.

1.5. Cronotipo y horario escolar en América Latina y Argentina

En comparación con sus pares de otros continentes, muchos adolescentes latinoamericanos muestran cronotipos extremadamente tardíos, pero asisten a la escuela muy temprano por la mañana. Así, la "tormenta" se convierte en " huracán" (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022). En Argentina, por ejemplo, los estudiantes de primer año de secundaria (12-13 años) presentan un MSFsc medio de 05:49, mientras que en los estudiantes mayores (17-18 años) el MSFsc medio es de 06:10 (Goldin et al., 2020). Estos valores son extremadamente tardíos, e incluso el más matutino de ellos es más de 1h30min más tarde que los registrados para adolescentes de las mismas edades en Europa central (Roenneberg et al., 2004) (Figura 1.6a). Sin embargo, los horarios de inicio escolar son similares, o incluso más tempranos, en Argentina que en Europa. En resumen, la combinación de cronotipos extremadamente tardíos y horarios de inicio escolar muy tempranos conduce a niveles extraordinariamente altos de SJL (alrededor de 3.8h) y a estudiantes preocupantemente privados de sueño (más del 90% duerme menos de 8h en las noches de los días de semana) (Goldin et al., 2020). Esto es especialmente alarmante para los estudiantes de mayor edad (último año de secundaria), cuya duración de sueño media en días hábiles es menor a 6h. Estos niveles extremos de SJL y privación de sueño en adolescentes no se han reportado previamente ni en Norteamérica ni en Europa (Carskadon, 2011b; Matricciani et al., 2012; Roenneberg et al., 2012) (Figura 1.6b y 1.6c). Cabe destacar que, si bien los estudios de algunos países asiáticos reportaron niveles de cronotipo y SJL similares a sus pares europeos, los niveles de privación de sueño en China, Corea y Japón se acercan más a los presentados por los adolescentes argentinos (Chung & Cheung, 2008; Han & Chung, 2020; Komada et al., 2019; Steptoe et al., 2006; Yang et al., 2005). Por el contrario, estudios en adolescentes de Uruguay reportan cronotipos, SJL y SDw similares a los obtenidos en sus pares argentinos (Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Es importante destacar que, durante los días libres, los/as adolescentes argentinos/as (y uruguayos/as) no duermen más horas que los europeos (Figura 1.6c), lo que parece indicar que la duración media del sueño de los estudiantes de estos dos países es, de hecho, considerablemente más corta. Por supuesto, una posibilidad alternativa es que los estudiantes rioplatenses compensen su corta duración del sueño nocturno entre semana con más siestas

diurnas y/o siestas más largas. Sin embargo, las siestas fueron insuficientes para alcanzar las 8h de sueño diario entre semana para los adolescentes argentinos (Goldin et al., 2020). Este resultado es difícil comparar con otros países ya que rara vez se informa si los adolescentes duermen siesta o no y cuántas horas lo hacen. En general, los adolescentes de Argentina y Uruguay parecen verse aún más afectados negativamente por los SSTs tempranos debido a sus cronotipos más tardíos y, sistemáticamente, muestran hábitos de sueño aún menos saludables (mayor jetlag social y menor duración del sueño) que los adolescentes de muchos otros países.

Aún no está claro la existencia de cronotipos extremadamente tardíos está extendida por toda América Latina o si es una característica propia de la región del Río de la Plata (Argentina y Uruguay). Sin embargo, varios estudios que incluyen adolescentes brasileños parecen indicar que los cronotipos extremadamente tardíos no son necesariamente la norma en América Latina (Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; de Souza et al., 2012). Aunque la mayoría de los estudios realizados en Brasil no informan el MSFsc, sí reportan hábitos de sueño de los adolescentes y por lo tanto es posible comparar estos resultados con los de Argentina y Uruguay. Los estudiantes que asisten al turno mañana en Brasil se acuestan y despiertan considerablemente más temprano en los días libres que sus pares argentinos y uruguayos. En particular, el horario de dormir medio en los días libres (MSF) es entre las 23:30 y las 00:30 para los estudiantes brasileños, mientras que para los estudiantes argentinos y uruguayos es entre las 02:00 y las 02:46 (Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; de Souza et al., 2012; Estevan et al., 2020, p. 20; Goldin et al., 2020). Una relación similar se observa en el horario de despertarse en los días libres: de 08:30 a 10:00 para los brasileños y de 11:00 a 11:46 para los estudiantes rioplatenses. Así, el MSF medio de los estudiantes brasileños resulta alrededor de 2.5h más temprano, lo que implica que probablemente presentan cronotipos más semejantes a los de los adolescentes europeos (Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; de Souza et al., 2012; Roenneberg et al., 2004). Consistentemente, los estudiantes brasileños muestran menores niveles de SJL y mayor duración del sueño que sus pares argentinos o uruguayos.

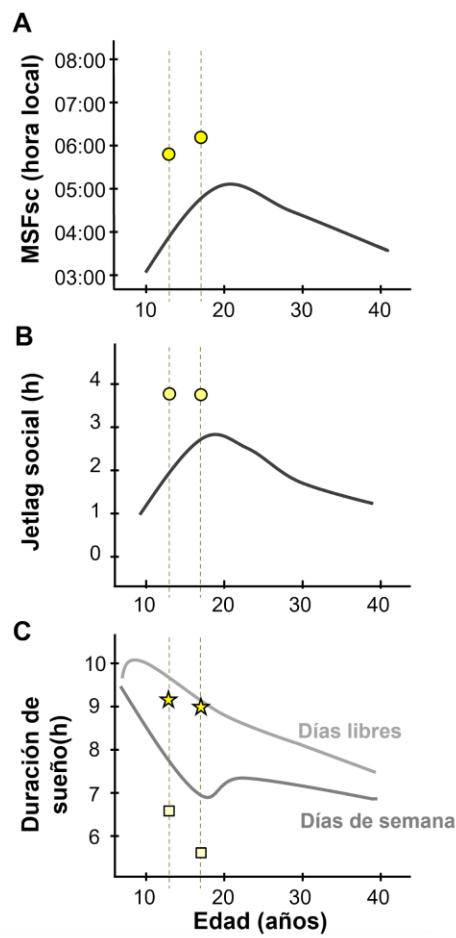


Figura 1.6. Comparación entre adolescentes argentinos y centroeuropeos. **a.** Cronotipo, **b.** Jetlag social y **c.** Duración del sueño. Las líneas representan los resultados obtenidos en Europa central para el cronotipo (Roenneberg et al., 2004) el SJL y la duración del sueño (Roenneberg et al., 2012) (de arriba abajo). Los puntos, cuadrados (días hábiles o de semana) y estrellas (días libres) representan los resultados obtenidos para estudiantes argentinos en su primer (13-14 años) y último (17-18 años) año de escuela secundaria (Goldin et al., 2020).

Curiosamente, aunque los adolescentes de México (Arrona-Palacios et al., 2015) muestran patrones de sueño similares a los de sus pares brasileños, poco se sabe sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes de otros países latinoamericanos. Un estudio que comparó adolescentes que asisten a escuelas alemanas de todo el mundo mostró resultados similares a los descritos anteriormente, incluyendo algunos otros países latinoamericanos como Guatemala y Costa Rica (Randler, 2008b). Los estudiantes de esos países presentan cronotipos similares o incluso más matutinos que los estudiantes brasileños y mexicanos. Los autores proponen que la

diferencia observada en el cronotipo podría explicarse por diferencias en el clima de estos países. No obstante, los datos disponibles aún no son suficientes para llegar a conclusiones sólidas. Los resultados no son coherentes entre los distintos estudios y esto no es sorprendente porque el cronotipo está modulado por un gran número de factores (que también incluyen la latitud y la longitud geográficas, y la estacionalidad, que modulan la exposición a la luz) (Bekinschtein et al., 2004; Bjorvatn et al., 2021; Leocadio-Miguel et al., 2017; Masal et al., 2015; Roenneberg, Winnebeck, et al., 2019). Por lo tanto, es crucial aumentar el conocimiento local sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los/as adolescentes y qué factores los afectan, ya que esto nos aportará más y mejores herramientas para pensar e implementar intervenciones para mejorar su salud y bienestar. Esto es importante no sólo para países donde los estudios son escasos o inexistentes, como Guatemala, Chile, Bolivia o Perú, sino también para países donde ya se han realizado algunos estudios, como en Uruguay, Brasil, México y Argentina.

1.6. Objetivos e hipótesis generales

En base a todo lo expuesto anteriormente, el objetivo de esta tesis es estudiar el efecto de diferentes horarios de inicio escolar (SSTs) en el cronotipo, los hábitos de sueño y el rendimiento académico y algunos factores que modulan este efecto. Hipotetizamos que cuanto más temprano sea el SST, más matutino será el cronotipo de los estudiantes, menor su duración de sueño en días hábiles (SDw), mayores los niveles de jetlag social (SJL) y peor su rendimiento académico. Además, hipotetizamos que el cronotipo va a modular el efecto del SST en los hábitos de sueño y rendimiento académico de los estudiantes, siendo los SST tempranos los que impliquen un mayor impacto negativo en aquellos estudiantes con cronotipos más tardíos.

2. Efecto de la interacción de turno escolar y edad sobre el cronotipo y hábitos de sueño en adolescentes²

2.1. Introducción

Si bien el cronotipo tiene bases genéticas (Casiraghi et al., 2010; Hirano et al., 2016; Patke et al., 2017), también depende de otros factores. En este capítulo nos enfocaremos en dos de ellos: la edad (Bai et al., 2021; Crowley et al., 2007; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004) y las claves sociales, en particular el horario de inicio escolar (SST) (Leone et al., 2020; M. Short et al., 2013; Skeldon et al., 2017).

2.1.1. Efecto del SST y la edad sobre el cronotipo

En cuanto a la edad, está reportado que los adolescentes presentan cronotipos más tardíos que los adultos y los niños, pero además el cronotipo cambia durante la adolescencia, volviéndose más nocturno a lo largo de esa etapa (Goldin et al., 2020; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004).

Como clave social, la hora en la que se entra al colegio podría modular el cronotipo de los adolescentes. Cuando se comparan diferentes horarios escolares matutinos, los resultados no son concluyentes: unos pocos estudios encontraron una asociación entre horarios de inicio escolar más tardíos y cronotipos más tardíos (Borlase et al., 2013; Carskadon et al., 1998; Thacher & Onyper, 2016), mientras que otros no (Escribano & Díaz-Morales, 2014; Owens et al., 2017). Si bien la mayoría de los trabajos disponibles comparan diferentes SST de turno mañana, en América Latina el sistema escolar cuenta con al menos dos turnos escolares diferentes (mañana y tarde) y en algunos colegios hasta un tercer turno aún más tardío, el turno noche. Esto permite estudiar la modulación del cronotipo por el horario de inicio escolar de manera más adecuada planteando al menos tres escenarios posibles:

² Parte de los resultados presentados en este capítulo fueron publicados en Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., Sigman, M., & Leone, M. J. (2022). Chronotype at the beginning of secondary school and school timing are both associated with chronotype development during adolescence. *Scientific Reports*, 12(1), 8207.

Además, estos resultados darán lugar a otros dos artículos. Uno ya escrito sobre calidad de sueño y otro que está en preparación acerca de la correlación del cronotipo con otras variables asociadas al sueño de los adolescentes.

- A. El horario de inicio escolar no modula el cronotipo. Si el SST no modulase el cronotipo, entonces, estudiantes que asistan a diferentes turnos escolares deberían presentar los mismos cronotipos. Como se mencionó previamente, los adolescentes presentan cronotipos tardíos, por lo tanto, aquellos que asistan al turno mañana deberían presentar niveles muy altos de SJL, una duración de sueño muy corta y, por lo tanto, una deuda de sueño muy alta (entendiendo deuda de sueño como la diferencia entre SDf y SDw). Además, los niveles de SJL y la deuda de sueño o deberían disminuir en estudiantes del turno tarde y, los estudiantes del turno noche no deberían presentar SJL y ni deuda de sueño (Figura 2.1A).
- B. El horario de inicio escolar modula el cronotipo de forma completa. Si lo modulase de forma completa, entonces estudiantes asistiendo a diferentes turnos escolares presentarían cronotipos claramente diferentes. En particular, el turno escolar estaría alineando al tiempo interno de los adolescentes y, por lo tanto, los estudiantes del turno mañana presentarían cronotipos más matutinos que los del turno tarde, que a su vez tendrían cronotipos más matutinos que los estudiantes del turno noche. Si el tiempo interno de los estudiantes estuviese completamente alineado al turno escolar entonces sus horarios de dormir en días libres deberían ser iguales a sus horarios de dormir en días hábiles y, otra vez, los horarios de dormir serían gradualmente más tardíos desde el turno mañana al turno noche. Por este motivo, en este escenario, los estudiantes no deberían presentar ni SJL ni deuda de sueño sin importar el turno al que asistan ($SDw=SDf$) (Figura 2.1B).
- C. El horario de inicio escolar modula el cronotipo sólo parcialmente. Si la modulación fuese parcial, entonces los alumnos de diferentes turnos escolares presentarían diferentes cronotipos pero la diferencia sería menor que en el escenario B. Sin embargo, como la modulación es solo parcial, el tiempo interno no coincidiría exactamente con el horario escolar. Por lo tanto, sabiendo que el cronotipo de los adolescentes es tardío, esperaríamos que quienes asisten al turno mañana presenten altos niveles de SJL y una corta duración de sueño pero en menor medida que en el escenario A, donde el turno escolar no modulaba el cronotipo. También esperaríamos que los niveles de SJL y de deuda de sueño sean menores en el turno tarde y aún menores o inexistentes en el turno noche (Figura 2.1C).

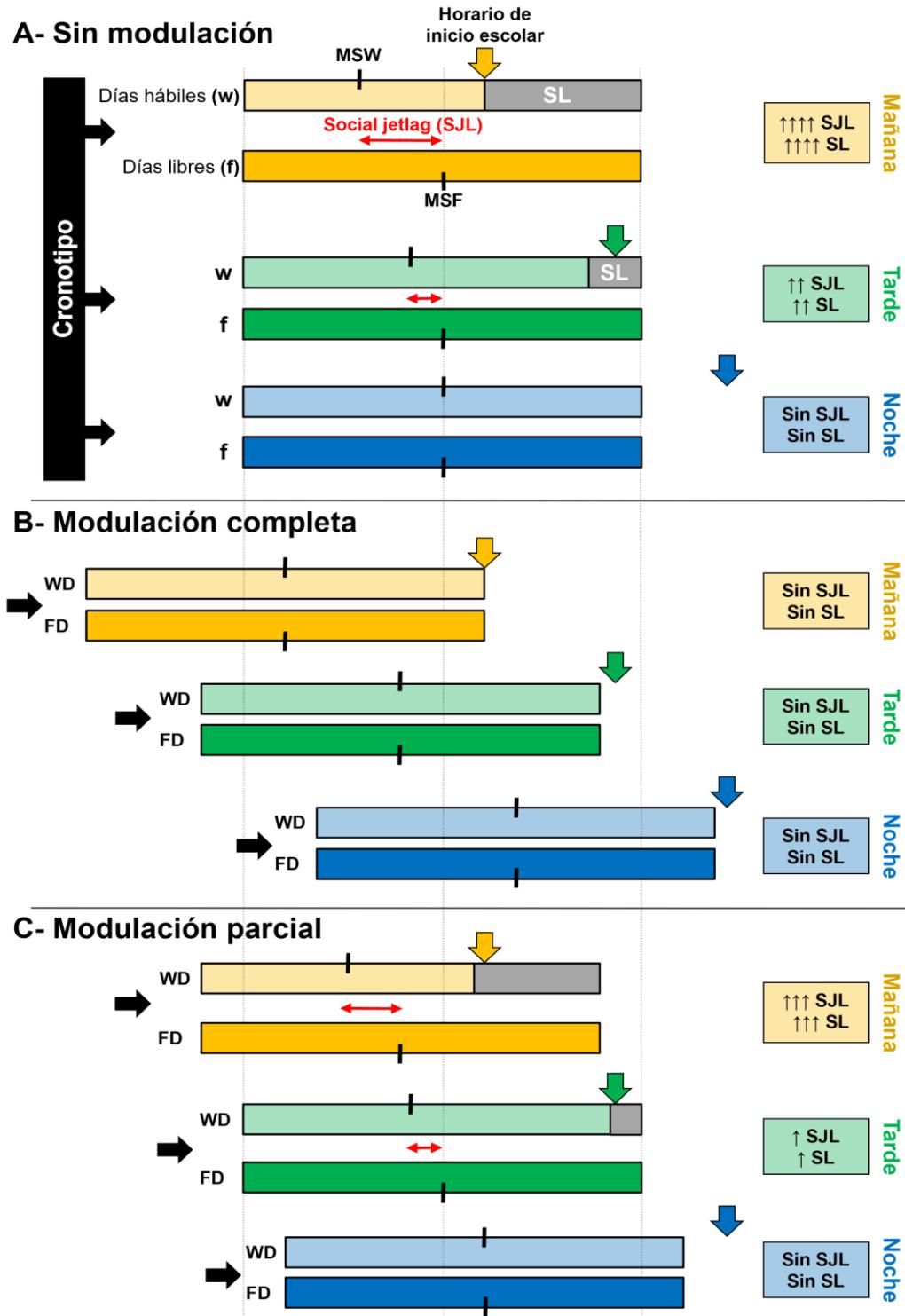


Figura 2.1. Predicciones teóricas del efecto del horario escolar sobre el cronotipo, el jetlag social (SJL) y la deuda de sueño (SL) en días hábiles, suponiendo que los adolescentes tienen cronotipos tardíos. A. Si el horario escolar no afectara al cronotipo, no habría diferencias en el cronotipo de estudiantes que asisten a la escuela en distintos horarios escolares (mañana,

tarde y noche), y los adolescentes que asisten a la escuela por la mañana tendrían niveles muy altos de SJL (es decir, grandes diferencias en el horario de sueño entre la semana y los días libres) y una gran deuda de sueño, es decir, la duración del sueño en días hábiles sería mucho más corta que la de los días libres. Esto último, podría compensarse parcialmente con siestas diurnas, aunque el sueño diurno no sea igual de eficiente. **B.** Si, por otro lado, el horario escolar afectara al cronotipo alineando completamente el tiempo interno y el social (lo cual es altamente improbable), el MSFsc dependería fuertemente del horario escolar (horarios escolares más tardíos implicarían tiempos internos más tardíos) y los adolescentes no mostrarían ni SJL ni deuda de sueño, independientemente del horario escolar. **C.** Si el horario escolar afectara al cronotipo pero sólo parcialmente, el MSFsc dependería del horario escolar (cronotipos más tardíos asociados a horarios escolares más tardíos), pero los adolescentes que van al colegio por la mañana mostrarían altos niveles de SJL y una elevada deuda de sueño, especialmente al compararlos con sus pares que asisten al turno vespertino. Las flechas negras horizontales representan el cronotipo de los estudiantes. Las flechas verticales de colores, el horario de inicio escolar de cada turno (amarillo para el turno mañana, verde para el tarde y azul para el noche). La doble flecha roja representa el SJL. Figura adaptada de (Goldin et al., 2020).

De hecho, cuando se compararon distintos turnos escolares (mañana y tarde), los horarios escolares más tardíos se asociaron con cronotipos más tardíos (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan et al., 2018, 2020), indicando que existe una modulación del cronotipo por el turno escolar. Esto sumado al hecho de que los adolescentes que asisten al colegio por la mañana presenten una privación de sueño crónica y altos niveles de SJL y que, por otro lado, quienes asisten por la tarde presentan menores niveles de privación de sueño y SJL (Arrona-Palacios et al., 2015, 2021; Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan et al., 2020) apunta a que la modulación del cronotipo por el turno escolar podría ser parcial. Sin embargo, la asignación de los adolescentes a los diferentes turnos no suele ser aleatoria, lo cual podría enmascarar el efecto del horario escolar sobre el cronotipo, ya que la elección de turnos podría estar sesgada por el cronotipo mismo de los adolescentes de forma tal que los estudiantes con cronotipos más nocturnos decidan ir a la tarde. De esta manera, no sería posible desentrañar el efecto del turno sobre el cronotipo de la propia elección de los estudiantes. Además, cada colegio podría tener una política propia de asignación a turnos basada en diferentes criterios, como podrían ser el rendimiento académico o el estatus socioeconómico, lo cual también dificultaría la interpretación de los resultados. Por otro lado, aunque como mencionamos previamente, se ha demostrado que los cronotipos se retrasan progresivamente hasta el final de la adolescencia (Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004), es necesario investigar más a fondo si este efecto del desarrollo se ve modulado por una señal social como el horario escolar, y de qué manera.

Recientemente, un estudio transversal de nuestro grupo abordó este punto comparando dos grupos de edad bien definidos, adolescentes más jóvenes (13-14 años) y adolescentes mayores (17-18 años) asignados aleatoriamente a uno de tres horarios escolares diferentes al comienzo de la escuela secundaria: mañana (07:45-12:05), tarde (12:40-17:00) o noche (17:20-21:40) (Goldin et al., 2020). Aprovechando esta asignación aleatoria, se estudió la relación entre el horario escolar, el cronotipo y la edad. Los resultados mostraron que el cronotipo de los adolescentes se alinea parcialmente con su horario escolar: los estudiantes del turno mañana presentaron los cronotipos más matutinos, pero también los niveles más altos de SJL y la SDw más corta. Además, se observó un impacto de la edad en el cronotipo, el SJL y la SDw, con mayores diferencias entre turnos escolares para los adolescentes de mayor edad. Las conclusiones de este estudio transversal sobre cómo la interacción entre la edad y el horario escolar afecta al cronotipo son convincentes, aunque limitadas, porque se evaluó a diferentes estudiantes en distintos momentos de la adolescencia (Goldin et al., 2020).

En esta tesis vamos a trabajar con datos longitudinales ya que evaluamos al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} (13-14 años) y su 5^{to} (17-18 años) año de secundaria. Este diseño longitudinal nos permite suponer que las diferencias observadas entre 1^{er} y 5^{to} año se deben a cambios relacionados con la edad y no a la variabilidad interindividual y con ello buscamos replicar, expandir y reforzar los resultados obtenidos en nuestro anterior estudio transversal.

2.1.2. Objetivos e hipótesis específicos

En este capítulo abordamos los siguientes objetivos en una población de adolescentes de la ciudad de Buenos Aires:

1. Estudiar si el horario de inicio escolar, como clave social, permite alinear -parcial o totalmente- el cronotipo de los estudiantes con su turno escolar y si esto es modulado por la edad.
2. Estudiar el efecto del turno escolar y la edad sobre los horarios y la duración de sueño, y el jetlag social de los adolescentes y cómo el cronotipo modula este efecto.
3. Estudiar el efecto del turno escolar y su interacción con el cronotipo sobre la calidad de sueño subjetiva de los adolescentes.

Los objetivos 1 y 2 están asociados a los tres escenarios presentados en la Figura 2.1. Respecto al Objetivo 1, hipotetizamos que el turno escolar actúa como una clave social que modula el

cronotipo de los adolescentes (SST más tempranos estarían asociados con cronotipos más matutinos). Sin embargo, consideramos que esta modulación no será completa. Por lo que, nuestra hipótesis para el objetivo 2 es que el turno mañana estará asociado a una privación crónica del sueño y altos niveles de SJL, y que los estudiantes asistiendo a la escuela por la tarde presentarán hábitos de sueño más saludables. Además, siendo los adolescentes argentinos particularmente nocturnos, esperamos que la SDw sea mayor y el SJL menor para los alumnos del turno noche que para los del tarde. Todo esto es consistente con el escenario C de la Figura 2.1.

En cuanto al objetivo 3 hipotetizamos que los adolescentes del turno mañana presentarán una peor calidad de sueño subjetiva en días hábiles que sus compañeros de los turnos tarde y noche. Además, para aquellos que vayan al colegio por la mañana y presenten cronotipos más tardíos, esperamos que la calidad de sueño en días hábiles sea peor que para aquellos con cronotipos más matutinos. Por otro lado, consideramos que ni el turno escolar ni el cronotipo afectarán la calidad de sueño en días libres.

2.2. Resultados

2.2.1. Cronotipo

Como se mencionó previamente hay diferentes *proxies* o indicadores de cronotipo. En particular, utilizaremos *proxies* derivados de cuestionarios de hábitos de sueño (MSFsc y MSF) y de preferencias diarias (MEQ). Aquí estudiaremos si estos *proxies* son modulados por el turno escolar y el cronotipo y cómo es la relación entre los diferentes *proxies* en una población de adolescentes argentinos.

2.2.1.1. MSFsc

Para evaluar cómo el horario escolar y la edad afectan longitudinalmente al MSFsc durante la adolescencia, realizamos un modelo lineal de efectos mixtos con el MSFsc como variable dependiente, incluyendo el horario escolar (mañana, tarde o noche), la edad (1^{er} o 5^{to} año) y su interacción como efectos fijos, y el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en la Tabla A1 y la Tabla A2 en el Apéndice A. Además, la Figura 2.2a muestra las medias del MSFsc según el turno y el año escolar y la Figura 2.2b su distribución. Los resultados muestran un efecto principal del horario escolar ($F_{2,256} = 29.697$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.188, intervalo de confianza (CI) del 90% = 0.119-0.256). Los estudiantes

del turno mañana presentaron MSFsc más matutinos que los estudiantes del turno tarde y que los del turno noche (Figura 2.4a, Tabla A3). Esto sugiere que el horario escolar afecta al reloj biológico de los estudiantes, mejorando su alineación con el horario escolar al que los estudiantes fueron asignados aleatoriamente. También encontramos un efecto principal de la edad ($F_{1,257} = 41.921$, $P < 0.0001$, η^2 parcial =0.141, 90% CI=0.081-0.207), con MSFsc más matutinos (cronotipos más matutinos) en 1^{er} año. Es importante destacar que la interacción significativa entre el horario escolar y la edad ($F_{2,256} = 12.062$, $P < 0.0001$, η^2 parcial =0,086, 90% CI =0.036-0.142) revela que los cambios del MSFsc a lo largo de la adolescencia están modulados por el horario escolar. En 1^{er} año, el MSFsc sólo difiere ligeramente entre diferentes turnos escolares, pero esta diferencia es mayor en los estudiantes de 5^{to} año (Figura 2.2a), lo que está dado principalmente porque los alumnos del turno mañana no retrasan su MSFsc de 1^{ro} a 5^{to}. Por ejemplo, para el turno mañana la diferencia entre 1^{er} y quinto año es prácticamente nula (MSFsc 1^{er} año: $M=05:46$ y MSFsc 5^{to} año: $M=05:44$) mientras que en el caso del turno noche los alumnos de 5^{to} año presentan un cronotipo 55min más tardío que los de 1^{er} año (MSFsc 1^{er} año: $M=06:33$ y MSFsc 5^{to} año: $M=07:28$). En el caso del turno tarde, el MSFsc medio de los estudiantes sigue el mismo patrón que el observado para el turno noche y aunque el valor medio menor, la diferencia entre estos dos turnos no es significativa (MSFsc turno tarde: 1^{er} año, $M= 06:07$; 5^{to} año, $M=07:08$). De manera consistente a lo observado previamente por nuestro grupo (Goldin et al., 2020), esto parece indicar que el turno mañana no sólo modula el MSFsc medio sino cómo cambia en función de la edad.

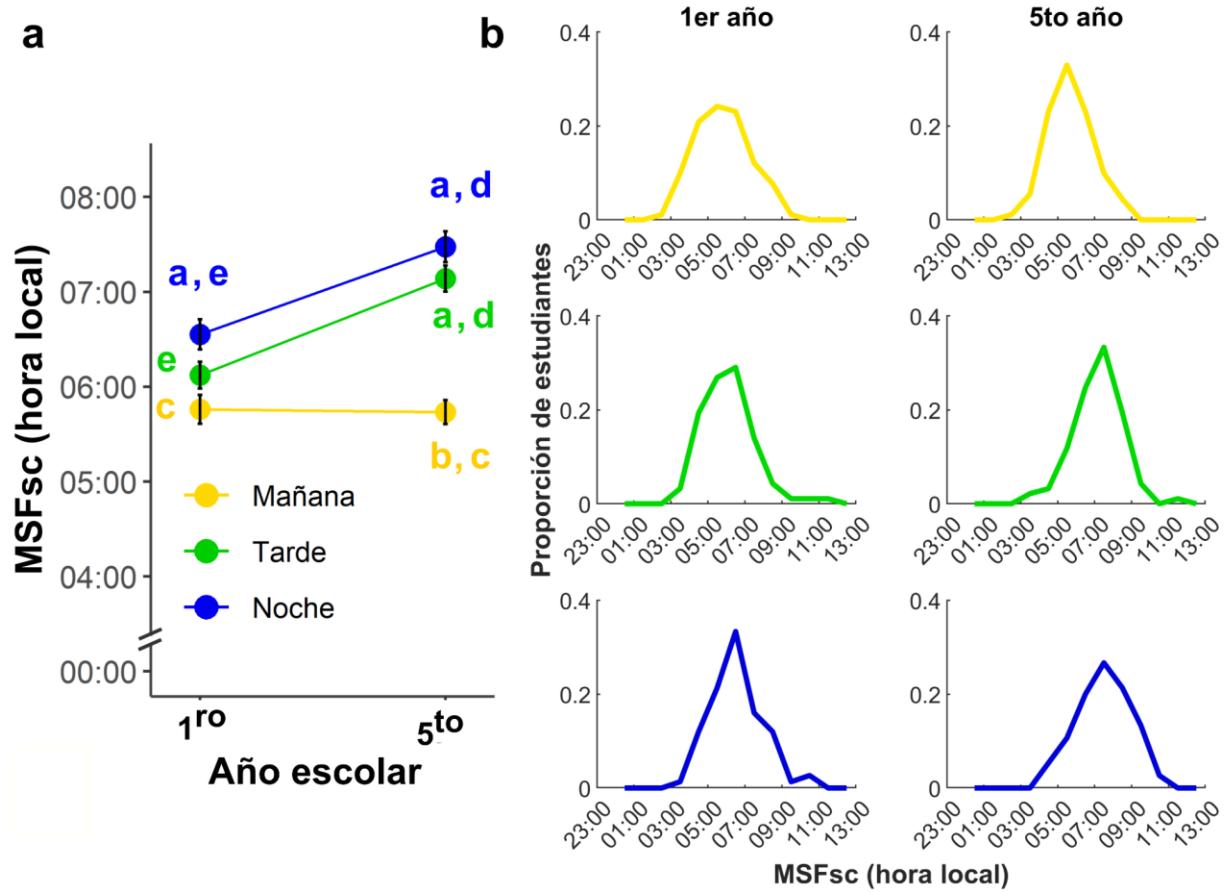


Figura 2.2. MSFsc en función de la edad y del turno escolar. a. El MSFsc dependen del horario escolar y de la edad. Los estudiantes que asisten al colegio por la tarde presentan MSFsc más tardíos que sus pares que asisten por la mañana: 47min en 1^{er} año (06:33 vs. 05:46) y se duplica a 104min en 5^{to} año (07:28 vs. 05:44). Los alumnos que asisten por la tarde muestran un patrón similar en 5^{to} año: 82min más tarde que sus pares del turno mañana (07:08 vs. 05:46). Los datos representan las medias \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < .006$ ($p < .05$ corregido por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con el turno mañana del mismo año escolar; b, en comparación con el turno tarde del mismo año escolar; c, en comparación con el turno noche del mismo año escolar; d, en comparación con 1^{er} año del mismo turno escolar; e, en comparación con 5^{to} año del mismo turno escolar. **b. Distribuciones del MSFsc para todos los estudiantes según su edad y turno escolar.** Histogramas de MSFsc el (punto medio de sueño en días libres corregido por sueño) de estudiantes de distintos turnos y edades. Columna de la izquierda: Distribución de MSFsc para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: distribución de MSFsc para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados como horario local. N=259. Figura adaptada de (Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a).

2.2.1.2. MSF

Con el objetivo de evaluar cómo el horario escolar y la edad afectan longitudinalmente al MSF durante la adolescencia, realizamos un modelo lineal de efectos mixtos similar al utilizado para MSFsc pero con el MSF como variable dependiente. La Tabla A4 muestra el ANOVA del modelo y la Tabla A5, del resumen o Summary del modelo. Además, la Figura 2.3a muestra las medias del MSF (y la Figura 2.3b, su distribución) según el turno y el año escolar. Los resultados mostraron un efecto principal de la edad ($F_{1,257} = 76.943$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.231, 90% CI=0.161-0.302), con MSF más matutinos (cronotipos más matutinos) en 1^{er} año que en 5^{to} año. Si bien no encontramos un efecto principal del turno escolar ($F_{2,256} = 2.634$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.020, 90% CI= 0.000-0.053), la interacción entre edad y turno fue significativa ($F_{2,256} = 9.347$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.068, 90% CI= 0.024-0.120). En 5^{to} año, los estudiantes que asistían al colegio por la mañana presentaron un MSF medio 38min y 50min más matutino que los estudiantes que asistían por la tarde y por la noche, respectivamente (MSF en turno mañana: $M = 06:56$; turno tarde: $M = 07:34$; turno noche: $M = 07:46$); sin embargo, no se observaron diferencias entre turnos en 1^{er} año (MSF en turno mañana: $M = 06:41$; turno tarde: $M = 06:28$; turno noche: $M = 06:40$) (Figura 2.3a, Tabla A6). Por lo tanto y similarmente a lo observado para MSFsc, la interacción significativa entre el horario escolar y la edad revela que los cambios del MSF a lo largo de la adolescencia están modulados por el horario escolar alineando -al menos parcialmente- el reloj biológico de los estudiantes con su turno escolar (turnos más tempranos se asocian a cronotipos más matutinos).

Es interesante notar que los valores de MSF son mayores a los obtenidos para MSFsc en todos los turnos y edades. Esto se debe a que la corrección hecha sobre el MSF para obtener el MSFsc asume que los individuos recuperan las horas de sueño “perdidas” despertándose más tarde pero no iniciando su sueño más temprano durante los días libres, por lo que el “verdadero” punto medio de sueño si no existiera la privación de sueño se daría más temprano en la noche/madrugada.

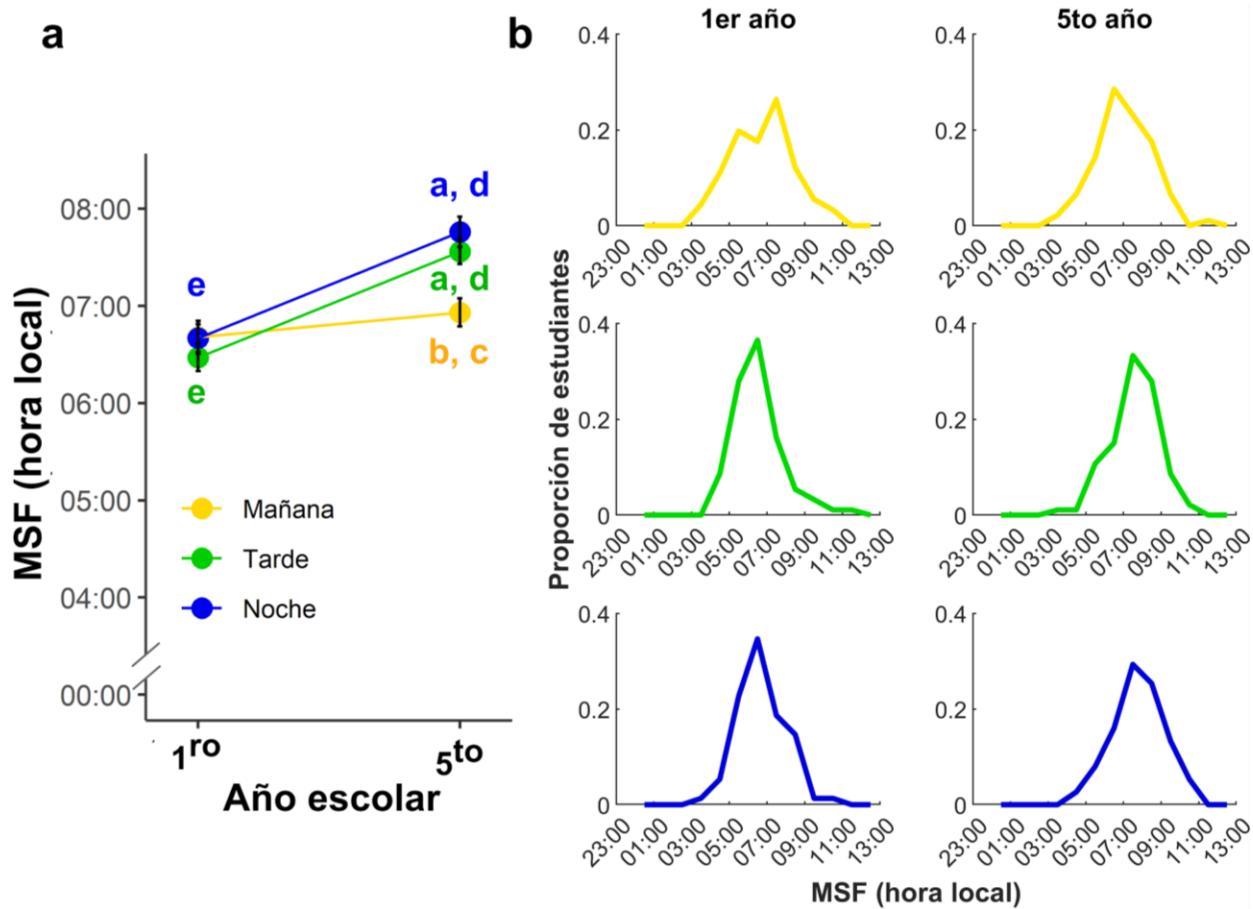


Figura 2.3. MSF en función de la edad y del turno escolar. a. El MSF depende del horario escolar y de la edad. En 5^{to} año, los estudiantes que asisten al colegio por la tarde y por la noche presentan MSF más tardíos que sus compañeros que asisten por la mañana. En 1^{er} año no se observaron diferencias entre los turnos. Los estudiantes del turno tarde y noche presentan cronotipos más tardíos en 5^{to} año que en 1^{er} año. Los datos son medias \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < .006$ ($p < .05$ corregida por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar; d, en comparación con 1st año del mismo horario escolar; e, en comparación con 5th año del mismo horario escolar. **b. Distribuciones del MSF para todos los estudiantes según su edad y turno escolar.** Columna de la izquierda: Distribución de MSF para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: Distribución de MSF para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados en horas (hora local). N=259.

2.2.1.3. MEQ

Con el objetivo de evaluar los cambios longitudinales de MEQ asociados con la edad y el horario escolar durante la adolescencia, realizamos un modelo lineal de efectos mixtos similar al

descripto en la sección previa pero con el MEQ como variable dependiente. El ANOVA y el resumen/*summary* del modelo se encuentran en la Tabla A7 y la Tabla A8, respectivamente. Además, la Figura 2.4a muestra las medias del MSF en función del turno y del año escolar y, la Figura 2.4b, los histogramas correspondientes. Los resultados mostraron un efecto principal de la edad ($F_{1,257} = 67.052$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.208, 90% CI = 0.139-0.278), con puntajes de MEQ mayores (cronotipos más matutinos) en 1^{er} año que en 5^{to} año. Ni el efecto principal del turno escolar ($F_{2,256} = 1.592$, $p = 0.256$, η^2 parcial = 0.012, 90% CI = 0.000-0.039) ni la interacción entre edad y turno fueron significativas ($F_{2,256} = 1.345$, $p = 0.262$, η^2 parcial = 0.010, 90% CI = 0.000-0.023).

En síntesis, los resultados observados muestran que los efectos del turno escolar en el cronotipo dependen del indicador de cronotipo utilizado. Si bien el efecto de edad es similar para los tres *proxies* de cronotipo, a diferencia de lo observado para MSFsc y MSF, el turno no modula el puntaje MEQ medio ni cómo este puntaje cambia con la edad (la interacción entre turno y edad). Esto podría indicar que es más difícil que claves sociales, como lo es el turno escolar, modifiquen las preferencias diarias (puntaje MEQ) que el comportamiento (horarios de sueño, MSF y MSFsc). Otra posibilidad es que los cambios en las preferencias diarias ocurran más tarde en el desarrollo.

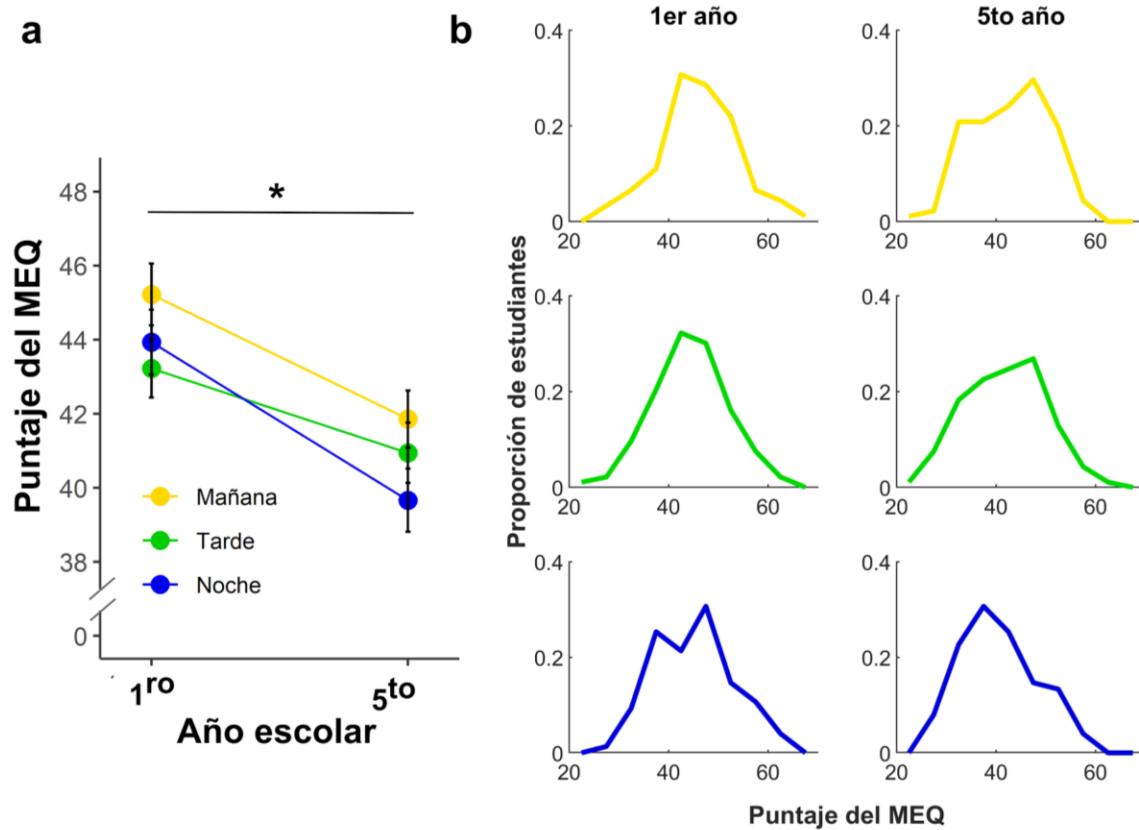


Figura 2.4. Puntaje del MEQ en función el año escolar y el turno escolar. a. El puntaje del MEQ depende de la edad, pero no del turno escolar. Los estudiantes en 5^{to} año presentan puntajes de MEQ menores que en 1^{er} año, es decir, tienen preferencias más nocturnas. Los datos son medias \pm error estándar. El asterisco (*) indica que la comparación entre los puntajes de MEQ entre 1^{er} y 5^{to} año sin tener en cuenta los diferentes turnos. b. Distribuciones del MEQ en función de la edad y el turno escolar. Columna de la izquierda: Distribución de MEQ para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: Distribución de MEQ para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados como horario local. N=259.

2.2.1.4. Correlación entre *proxies* de cronotipo

Siendo el MSFsc, el MSF y el MEQ diferentes formas de evaluar el cronotipo, es esperable que correlacionen entre sí. Sin embargo, la correlación de estos proxies podría depender del turno escolar o de la edad. Por un lado, es esperable que el MSFsc y el MSF correlacionen fuertemente, ya que el MSFsc se obtiene a partir de corrección al MSF. Esta corrección podría variar entre turnos o edades ya que depende de la diferencia en horas de sueño en días hábiles y libres. Por otro lado, sería esperable que la correlación entre MSFsc y el puntaje MEQ sea

menos fuerte que en el caso anterior ya que el MEQ evalúa las preferencias mientras que el MSFsc y el MSF, el comportamiento. Además, la asociación entre preferencias diarias y comportamiento podría ser diferente en cada turno o a diferentes edades.

Con el objetivo de estudiar la relación entre el MSF y el MSFsc y como la misma es modulada por la edad y el turno escolar realizamos un modelo lineal mixto. En el modelo incluyó el MSF como variable dependiente y el MSFsc y su interacción con el turno escolar y con la edad (1^{er} y 5^{to} año), la interacción triple entre estas variables y el ID de los estudiantes como un factor random como predictores. Nótese que edad y turno escolar no fueron agregados al modelo como factores principales porque únicamente nos interesa como estos modulan la relación entre el MSF y el MSFsc y no su efecto sobre el MSF que fue previamente estudiado en este capítulo.

El MSF correlaciona fuertemente con el MSFsc ($F_{1,257} = 1718.267$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.771, 90% CI = 0.690-0.796) (Figura 2.5). Como era de esperarse dado que el MSFsc es una corrección del MSF, las pendientes de la asociación entre ambos *proxies* en las distintas combinaciones de turno y edad son cercanas a 1, yendo desde 0.820 hasta 0.987. La relación entre MSF y MSFsc es modulada significativamente por el turno ($F_{1,256} = 53.299$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.273, 90% CI = 0.202-0.339) y por la edad ($F_{1,257} = 39.985$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.128, 90% CI = 0.073-0.191), pero no por su interacción (Tabla del ANOVA y del resumen del modelo en Tabla A9 y Tabla A10, respectivamente). Debido a que la interacción no fue significativa, las comparaciones se realizaron entre turnos sin separar por año y entre años sin separar por turnos. Por un lado, las pendientes de la asociación entre MSF y MSFsc fueron significativamente mayores en 5^{to} año que en 1^{er} año ($t = -6.321$, $p = <0.0001$). Por otro lado, el turno mañana presenta pendientes significativamente mayores a las del turno tarde y noche (mañana vs. tarde: $t = 8.414$, $p = <0.0001$; mañana vs. noche: $t = 9.740$, $p = <0.0001$). Esto último implica que las pendientes del turno mañana son las más próximas a 1, es decir, que por cada 1h que se retrasa el MSFsc, el MSF se retrasa casi la misma cantidad de tiempo.

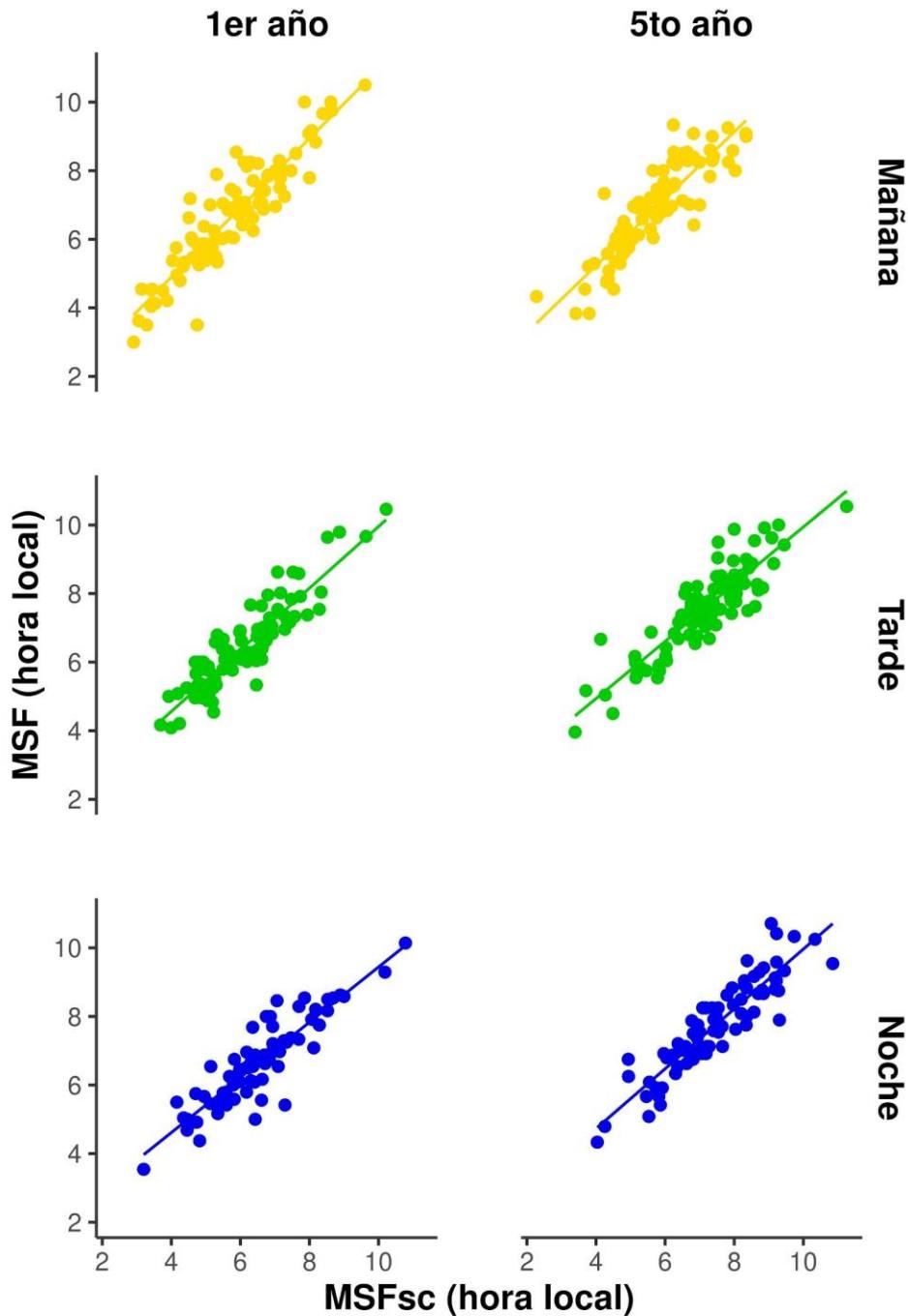


Figura 2.5. Correlación entre MSFsc y MSF según el turno y el año escolar. El MSF y el MSFsc correlacionan significativamente en todos los turnos y en ambas edades. Además, la correlación es modulada por el turno escolar y por la edad, siendo la pendiente mayor para el turno mañana que para el turno tarde y noche y para 5^{to} año que para 1^{er}. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

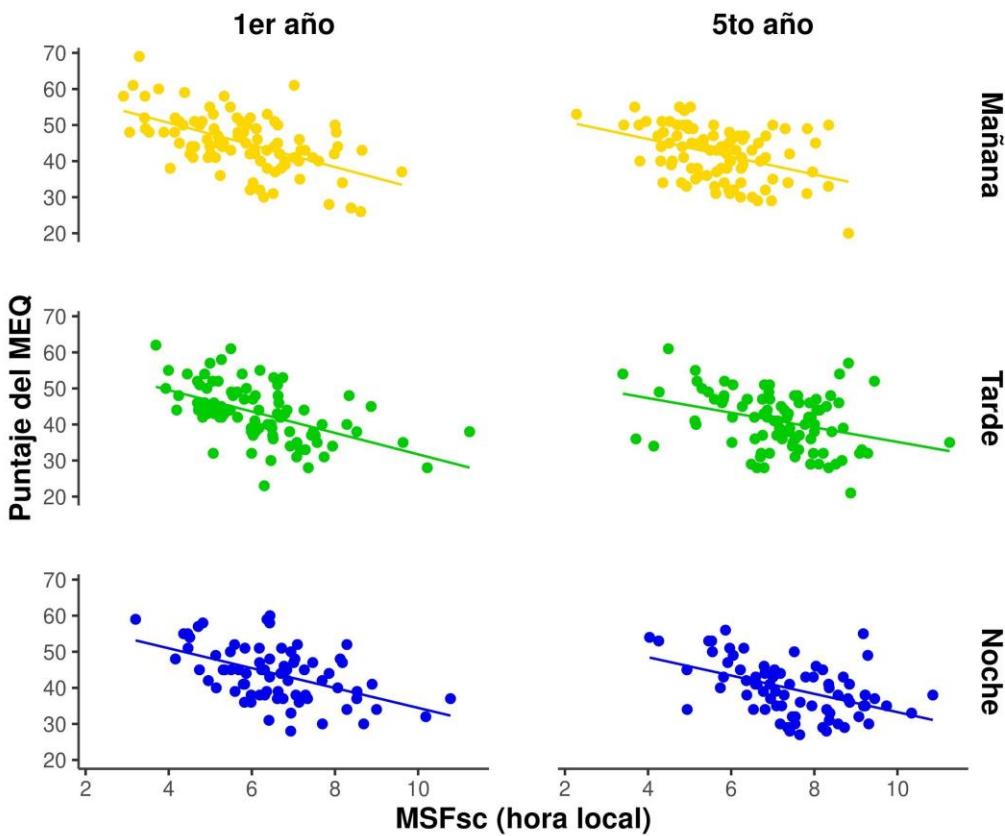


Figura 2.6. Asociación entre el MSFsc y el puntaje del MEQ según el turno y el año escolar. El puntaje del MEQ y el MSFsc correlacionan significativamente en todos los turnos y en ambas edades. Además, la asociación es modulada por el turno escolar y la edad. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (columna de la izquierda) o 5^{to} año (columna de la derecha) escolar. Las líneas representan la pendiente de la asociación entre el MSFsc y el puntaje del MEQ. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

Con el objetivo de estudiar la relación entre el puntaje del MEQ y el MSFsc y como la misma es modulada por la edad y el turno escolar realizamos un modelo lineal mixto. En el modelo incluyó el puntaje del MEQ como variable dependiente y el MSFsc y su interacción con el turno escolar y con la edad (1^{er} y 5^{to} año), la interacción triple entre estas variables y el ID de los estudiantes como un factor random como predictores. Nótese que edad y turno escolar no fueron agregados al modelo como factores principales porque únicamente nos interesa como estos modulan la relación entre el puntaje del MEQ y el MSFsc y no su efecto sobre el puntaje del MEQ que fue previamente estudiado en este capítulo.

El puntaje MEQ se asocia significativamente con el MSFsc ($F_{1,257} = 77.400$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.132, 90% CI = 0.090-0.178) (Figura 2.6). Además, la asociación es modulada por la edad

($F_{1,257} = 25.660$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.087, 90% CI=0.040-0.144) y por su interacción con el turno escolar ($F_{1,256} = 25.660$, $p < 0.0001$, η^2 parcial = 0.087, 90% CI=0.040-0.144) (Tabla del ANOVA y del resumen del modelo en Tabla A11 y Tabla A12, respectivamente). Las pendientes no difieren entre turnos en 1^{er} año, pero si en 5^{to} año (mañana vs. tarde: $t = -3.097$, $p = 0.006$; mañana vs. noche: $t = -2.605$, $p = 0.026$). Específicamente, en estudiantes de 5^{to} año, la pendiente del turno mañana es mayor en magnitud que la de la tarde y la noche (las pendientes son: mañana, -2.92; tarde, -2.44; noche, -2.50). Estos valores indican que por cada hora que el MSFsc es más nocturno el MEQ decrece más en el turno mañana que en el turno tarde y noche: un MSFsc 1h más tardío sería equivalente a un puntaje MEQ 2.92 puntos más bajo en el turno mañana y 2.5 puntos más bajo en el turno noche. Respecto al efecto de la edad, en el turno mañana y noche las pendientes en 5^{to} año (-2.922 y -2.497, respectivamente) presentan una mayor magnitud que en 1^{er} año (mañana: -2.231 y noche: -2.124) (mañana: $t = 5.181$, $p < 0.0001$; noche: $t = 3.004$, $p = 0.003$). Esto implica que por cada 1h que el MSFsc se retrasa (se vuelve más nocturno) el puntaje de MEQ disminuye más (las preferencias son más nocturnas) en 5^{to} año que en 1^{er} año. Esto podría implicar una asociación más fuerte entre comportamiento y preferencias cuando los adolescentes son mayores.

En resumen, tanto el MSF como el puntaje del MEQ correlacionan con el MSFsc pero como era esperable y tal como indican los valores de R^2 de los modelos ($R^2 = 0.825$ y $R^2 = 0.252$ para el modelo de MSF y el del puntaje del MEQ, respectivamente), la asociación entre MSFsc y MSF es más fuerte que la del MSFsc con el puntaje del MEQ score. Esto probablemente se debe a que tanto el MSFsc como el MSF están evaluando el cronotipo en base al comportamiento (asociados específicamente a hábitos de sueño en ambos casos) mientras que el MEQ se basa en preferencias diarias. Dado que esta tesis está centrada en el comportamiento (por ejemplo, hábitos de sueño) de los adolescentes y el efecto de este en su rendimiento de acá en adelante utilizaremos el MSFsc, y en algunas ocasiones el MSF, como *proxies* del cronotipo.

Tal como hipotetizamos para el objetivo 1, nuestros resultados muestran que el cronotipo es modulado por el turno escolar. Sin embargo, queda responder si esta modulación es parcial o completa y, en caso de no ser completa, qué consecuencias tiene para los adolescentes el choque entre sus cronotipos tardíos y un horario de inicio escolar muy temprano.

2.2.2. Jetlag social

El SJL es la discrepancia entre los horarios de dormir en días hábiles y días libres. Por lo tanto, si el cronotipo está completamente alineado con el turno escolar, los niveles de SJL no deberían diferir entre turnos. Por el contrario, si la alineación entre cronotipo y turno escolar no es completa, entonces los niveles de SJL dependerán del turno escolar. Para estudiar esto en las dos edades evaluadas, ejecutamos un modelo de efectos mixtos para SJL incluyendo el turno escolar y la edad como factores fijos y el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en las Tabla A13 y Tabla A14, respectivamente. Además, la Figura 2.7a muestra las medias del SJL según el turno y el año escolar y la Figura 2.7b su distribución.

El horario escolar afecta significativamente al SJL ($F_{2,256} = 97.691$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.433, 90% CI = 0.360-0.496), sin embargo, ni el efecto de la edad ($F_{2,257} = 0.194$, $P = 0.660$, η^2 parcial = 0,001, 90% CI = 0,000-0,016) ni la interacción entre edad y turno escolar ($F_{2,256} = 2.288$, $P = 0.104$, η^2 parcial = 0,018, 90% CI = 0,000-0,048) fueron significativos. En particular, los adolescentes que asisten por la mañana presentan niveles de SJL significativamente más altos (cerca de 3.5h) que sus compañeros que asisten a horarios escolares más tardíos (Figura 2.7a, Tabla A15). Además, los estudiantes que asisten al turno tarde presentan niveles de SJL más elevados que sus compañeros que asisten por la noche (2.18h frente a 1.74h, respectivamente). Esto sugiere que el turno tarde también ejerce presión sobre los horarios de sueño de los adolescentes, aunque es considerablemente menor que la presión ejercida por el turno mañana.

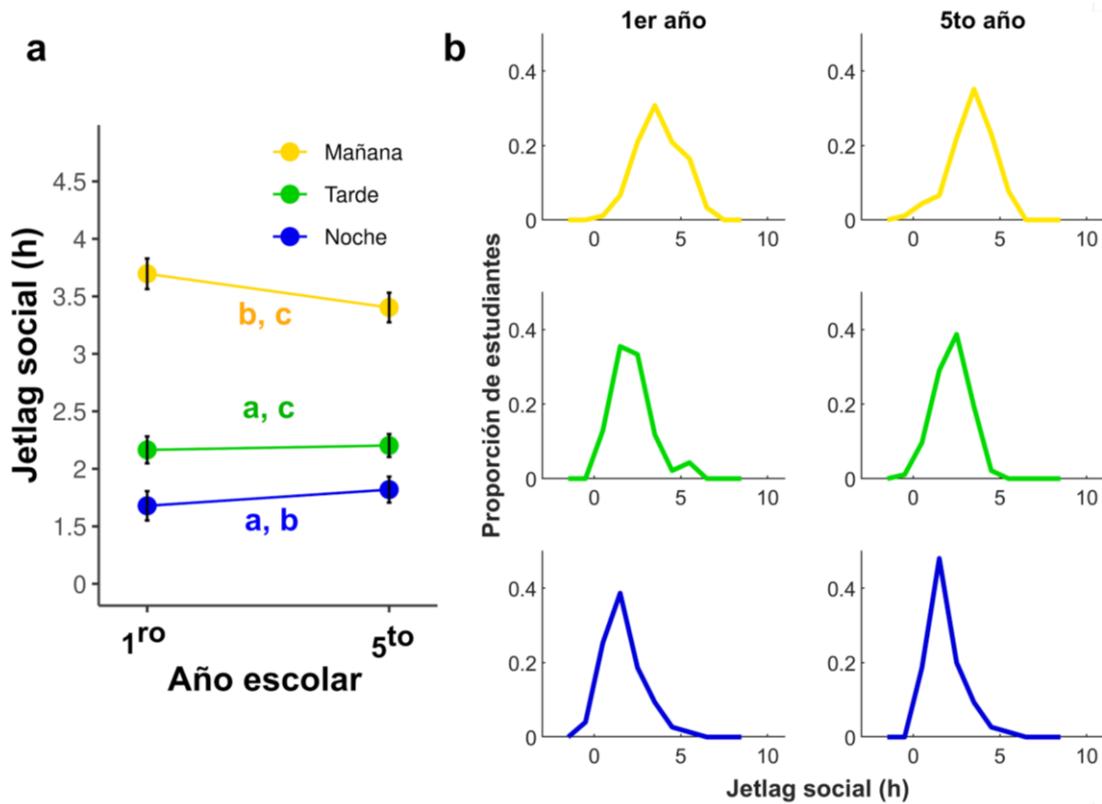


Figura 2.7. El jetlag social (SJL) en función del año escolar y el turno escolar. a. Los niveles de SJL dependen del horario escolar pero no de la edad. En 5^{to} año, los estudiantes que asisten a la escuela por la tarde y por la noche presentan menores niveles de SJL que sus compañeros que asisten por la mañana y, quienes asisten a la noche, presentan menores niveles de SJL que quienes asisten por la tarde. Los datos representan las medias \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < .017$ ($p < .05$ corregida por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar. **b. Distribuciones del SJL para todos los estudiantes según su edad y turno escolar.** Columna de la izquierda: Distribución de SJL para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: Distribución del SJL para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados en horas (hora local). N=259.

Los resultados de esta sección sugieren que la alineación del cronotipo al turno escolar es únicamente parcial, siendo el horario del turno mañana el menos adecuado ya que es el que se asocia con mayores niveles de SJL en adolescentes.

2.2.3. Duración de sueño

Otra variable relevante para entender el efecto del turno escolar en el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes es la duración de sueño. Normalmente se estudia la duración de sueño nocturna (SDw y SDf para días hábiles y libres, respectivamente), pero también es relevante estudiar mecanismos de compensación incluyendo períodos de sueño diurnos, como podrían ser las siestas. Es posible que, por ejemplo, la duración de sueño total (tSDw y tSDf para días hábiles y libres, respectivamente) fuese comparable entre turnos y/o edades si quienes duermen menos durante la noche durmiesen más durante el día.

Además, es interesante comparar la duración de sueño en días hábiles con la de los días libres, ya que la literatura propone que la privación de sueño experimentada en días hábiles suele compensarse extendiendo la cantidad de horas de sueño en días libres.

Entonces, en esta sección estudiaremos tanto la duración de sueño nocturna como la duración total del sueño tanto en días hábiles como en días libres, así como también si las siestas (su frecuencia de ocurrencia y su duración) varían con el turno escolar y la edad.

2.2.3.1. Duración de sueño nocturno

Con el objetivo de estudiar el efecto del turno escolar y la edad en la duración de sueño nocturno (sin incluir siestas) ejecutamos un modelo de efectos mixtos que incluye el horario escolar, la edad y el tipo de día (hábil o libre) como efectos fijos y el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en las Tabla A16 y Tabla A17, respectivamente. Además, la Figura 2.8a muestra las medias de la duración de sueño en días hábiles y libres según el turno y el año escolar y, la Figura 2.8b, los histogramas correspondientes.

Los resultados mostraron un efecto principal significativo del turno escolar ($F_{2,768} = 32.059$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.200, 90% CI = 0.130-0.313), la edad ($F_{2,768} = 35.032$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.044, 90% CI = 0.023-0.070) y el tipo de día ($F_{2,768} = 392.264$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.338, 90% CI = 0.276-0.379). Además, las interacciones entre el tipo de día y la edad ($F_{2,768} = 10.117$, $P = 0.002$, η^2 parcial = 0.013, 90% CI = 0.003-0.029) o el turno escolar ($F_{2,768} = 90.161$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.190, 90% CI = 0.150-0.230) también fueron significativas. Por el contrario, la interacción entre la edad y el horario escolar ($F_{2,768} = 1.998$, $P = 0.136$, η^2 parcial = 0.005, 90% CI = 0.000-0.015) y la triple interacción entre la edad, el horario escolar y el tipo de día ($F_{2,768} = 1.368$, $P = 0.255$, η^2 parcial = 0.004, 90% CI = 0.000-0.012) no fueron significativas.

En los días hábiles, los estudiantes duermen menos cuando son mayores, es decir en su 5^{to} año escolar. En particular, en el turno mañana, los estudiantes en 5^{to} duermen 53min menos que en 1^{ro} y esa diferencia es de 44min y 34min para los estudiantes del turno tarde y noche, respectivamente. Los estudiantes que asisten por la mañana duermen menos que los adolescentes con horarios escolares más tardíos (Figura 2.8a) y no alcanzan el mínimo de 8h recomendadas. Sorprendentemente, en 5^{to} año de turno mañana, la duración media de sueño es menor a 6h por noche ($SD_w = 5.79h$). Además, los estudiantes de 5^{to} año del turno tarde tampoco alcanzan las 8h de sueño ($SD_w = 7.70h$), lo cual también es inesperado considerando que en otras partes del mundo los adolescentes duermen más de 8h en días hábiles inclusive asistiendo al turno mañana (Brandalize et al., 2011; Owens et al., 2017; Wolfson et al., 2007). En cambio, los estudiantes del turno noche duermen más de 8h tanto en 1^{er} año como en 5^{to} año (8.53h y 8.03h, respectivamente) (Tabla A18).

En días libres, la duración de sueño nocturno es similar entre turnos y también entre edades, y varía entre 8.83h y 9.20h (Tabla A18). Además, la SD_f es mayor que la SD_w para todos los turnos y edades, lo que parecería indicar que los estudiantes compensan parte de la privación de sueño experimentada en los días hábiles durmiendo más en los días libres. Sin embargo, resulta importante destacar que los estudiantes del turno mañana están más privados de sueño que los del turno tarde y noche, pero aun así no duermen más en sus días libres. Esto sugiere que la duración de sueño en días libres de los estudiantes que asisten al turno mañana no es suficiente para alcanzar al menos las 8h de sueño promedio por noche. Resta entender cuál es el rol de las siestas en este escenario.

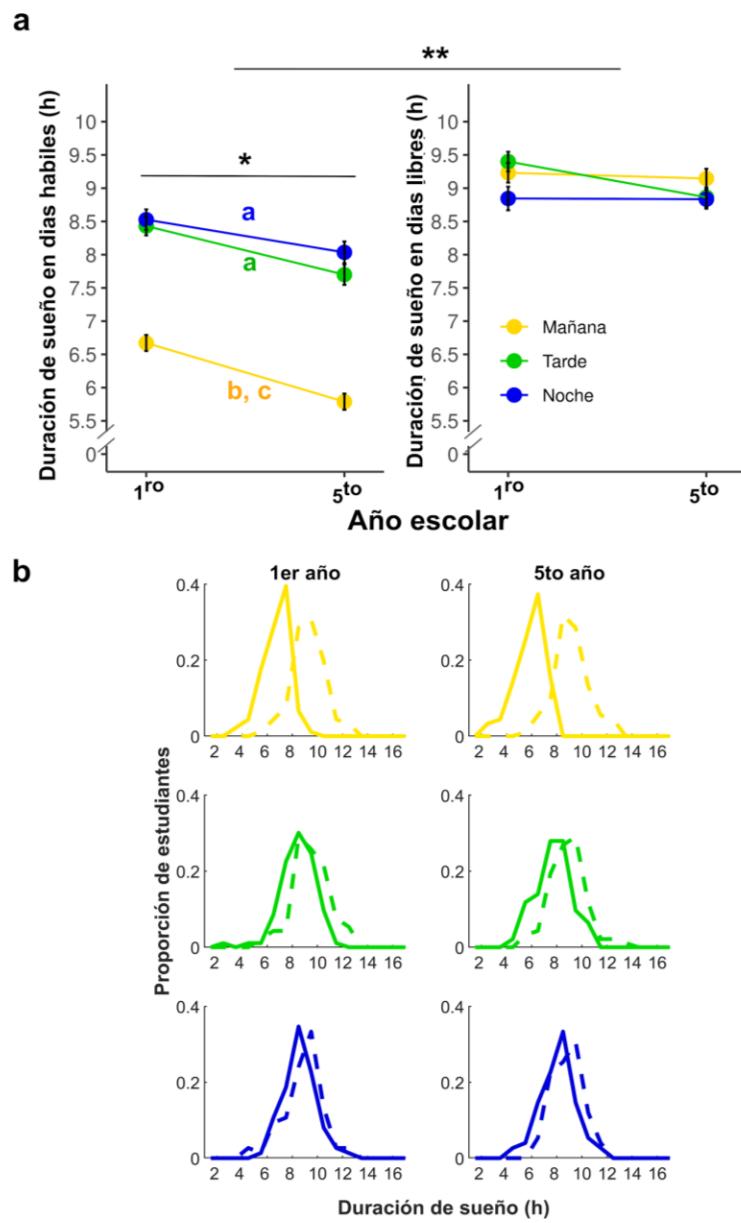


Figura 2.8. Duración de sueño nocturna en función de la edad y el turno escolar. **a.** La duración de sueño depende del tipo de día (hábil o libre), el turno escolar y de la edad. En 5º año, los estudiantes que asisten al colegio por la tarde y por la noche presentan una mayor duración de sueño en días hábiles que sus pares que asisten por la mañana. Durante los días hábiles, los estudiantes duermen más horas en 1º año que en 5º año indistintamente del turno. Además, la duración de sueño es mayor en días libres que en días hábiles. En los días libres no se observan diferencias significativas ni entre turnos escolares ni entre edades. Los datos representan las medias \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < 0.00038$ ($p < 0.05$ corregido por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar. El asterisco (*) indica que existe una diferencia significativa entre 1º y 5º año sin separar por turnos. El doble asterisco (**) indica que hay una diferencia significativa entre días hábiles y libres para todas las edades y todos los turnos **b.** Histogramas de la duración de sueño para todos los turnos (Mañana, Tarde, Noche) en 1º año y 5º año. Los histogramas muestran la proporción de estudiantes (eje vertical, 0-0.4) en función de la duración de sueño (h) (eje horizontal, 2-16). Los histogramas para 1º año (superior) y 5º año (inferior) muestran picos de sueño entre 8 y 10 horas. Los histogramas para los tres turnos (Mañana en amarillo, Tarde en verde, Noche en azul) muestran que la duración de sueño es similar entre turnos para cada año.

estudiantes según el tipo de día, su edad y turno escolar. Las líneas continuas representan los días hábiles y las líneas discontinuas los días libres. Columna de la izquierda: Distribución de SDw y SDf para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: Distribución del SDw y SDf para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados en horas (hora local). N=259.

Los resultados de esta sección también sugieren que la alineación del cronotipo al turno escolar es sólo parcial. Consistentemente, los resultados mostraron que tanto el turno mañana (en 1^{ro} y 5^{to} año) como el turno tarde (en 5^{to} año), se asocian con una duración de sueño menor a las 8h recomendadas, a diferencia del turno noche, donde los alumnos duermen más de 8h en promedio.

2.2.3.2. Siestas

Con el objetivo de estudiar el efecto de la edad y el turno escolar sobre el hábito de dormir la siesta evaluamos si los adolescentes duermen o no la siesta, y -si duermen-, la duración de las mismas en función de las edades y los turnos escolares, utilizando la prueba exacta de Fisher (“*Fisher's exact test*”).

En días hábiles, en el turno mañana y en turno tarde una mayor proporción de estudiantes de 5^{to} año duermen la siesta que en 1^{er} año (turno mañana: $p=0.0001$; turno tarde: $p=0.0004$). Sin embargo, esta diferencia no es significativa en el turno noche ($p=0.121$). En particular, en el turno mañana, 48.35% de los estudiantes en 1^{er} año duermen siesta y esa proporción es de 76.92% en 5^{to} año, mientras que en el turno noche la proporción es de 23.45% y 35.00% para 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente. Por otro lado, en días libres, la proporción de estudiantes que duerme siesta es mayor en 5^{to} año que en 1^{er} año, en todos los turnos ($p = 0.049$, $p = 0.001$ y $p = 0.005$; turno mañana, tarde y noche, respectivamente) (Figura 2.9a). Interesantemente, mientras que en los turnos tarde y noche la proporción de estudiantes que duermen siesta en días hábiles y días libres no difiere significativamente, en el turno mañana se observa que una mayor cantidad de estudiantes duermen la siesta en días hábiles que en días libres ($p<0.0001$). Al comparar entre turnos se observa que la proporción de estudiantes que duerme siesta en días hábiles es mayor en el turno mañana que en los otros dos turnos, tanto en 1^{ro} como en 5^{to} año, (mañana vs. tarde: $p <0.0001$; y mañana vs. noche: $p <0.0001$). En contraste, no se observan diferencias significativas entre turnos en la proporción de estudiantes que duermen siesta en días libres ($p=0.545$ en 1^{er} año y $p=0.441$ en 5^{to} año). En resumen, las siestas son más frecuentes en 5^{to} año

que en 1^{er} año y, además, en el turno mañana la proporción de estudiantes que duerme siesta en días hábiles es mayor en el turno mañana que en los otros dos turnos.

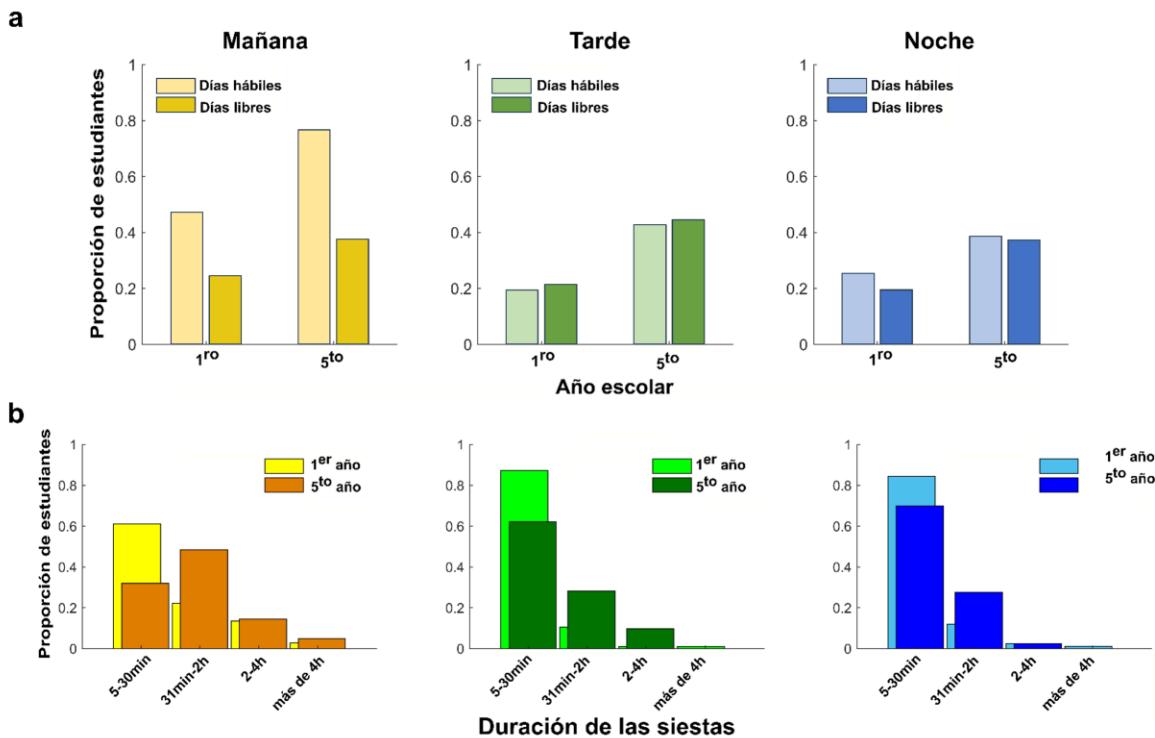


Figura 2.9. Siestas en función del tipo de día, el turno y el año escolar. a. Proporción de estudiantes que duermen la siesta. Durante los días hábiles una mayor proporción de estudiantes del turno mañana duermen la siesta en comparación a los otros dos turnos. Además, en el turno mañana y en días hábiles, la proporción de estudiantes que duermen siesta es mayor en 5^{to} año que en 1^{er} año. Los colores indican el turno y el tipo de día: amarillo para turno mañana y naranja para días hábiles y libres, respectivamente; turno tarde verde claro y oscuro para días hábiles y libres, respectivamente; turno noche, celeste y azul para días hábiles y libres, respectivamente. N=259 en días hábiles y N= 254 en días libres. **b. Duración de las siestas en días hábiles.** En este gráfico solo se incluyen quienes reportaron dormir siestas en días hábiles. Los estudiantes duermen siestas más largas en 5^{to} año que en 1^{er} año, sobre todo en el turno mañana. Una proporción mayor de estudiantes que asisten al turno mañana duermen siestas de más de 30 minutos que aquellos que asisten al turno tarde y noche, sin embargo, esta diferencia no es significativa. Los colores indican el turno y el año escolar: turno mañana amarillo y naranja para 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente; turno tarde verde claro y oscuro para 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente; turno noche, celeste y azul para 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente. N=216.

Con el objetivo de estudiar cómo el turno y la edad modulan la duración de las siestas en días hábiles tomamos únicamente al grupo de estudiantes que reportaron dormir siestas y comparamos la proporción de ellos que duermen 30 minutos o menos con los que duermen más

de 30 minutos (Figura 2.9b). Podemos observar que en turno mañana es mucho más probable que los estudiantes duerman siestas más prolongadas cuando están en 5^{to} año que cuando están en 1^{er} año ($p<0.0001$). Esta diferencia también es significativa en el turno noche ($p=0.044$), aunque la magnitud de la diferencia entre edades es mucho menor que en el turno mañana. En el turno tarde no se observan diferencias significativas en la duración de las siestas entre 1^{ero} y 5^{to} año ($p=0.184$). Por último, aunque la proporción de estudiantes del turno mañana que duermen siestas de más de 30 minutos es mayor que en los otros dos turnos en días hábiles, esta diferencia no llega a ser significativa.

Globalmente, si bien los estudiantes del turno mañana duermen más la siesta y sus siestas son más largas aún no queda claro si estas diferencias son suficientes para que la duración de sueño total (cantidad de horas) sea la misma que para los alumnos del turno tarde y noche.

2.2.3.3. Duración de sueño total

Con el objetivo de estudiar el efecto del turno escolar y la edad en la duración de sueño total (sueño nocturno más siesta) ejecutamos un modelo de efectos mixtos que incluye el turno escolar, la edad y el tipo de día (hábil o libre) como efectos fijos y el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en las Tabla A19 y Tabla A20, respectivamente. Además, la Figura 2.10a muestra las medias de la duración de sueño en días hábiles y libres según el turno y el año escolar y, la Figura 2.10b, los histogramas correspondientes.

Los resultados mostraron un efecto principal significativo del turno escolar ($F_{2,768} = 9.848$, $P<0.0001$, η^2 parcial =0.073, 90% CI=0.026-0.126), la edad ($F_{2,768} =4.173$, $P=0.041$, η^2 parcial =0.006, 90% CI=0.000-0.018) y el tipo de día ($F_{2,768} =235.014$, $P<0.0001$, η^2 parcial =0.238, 90% CI=0.196-0.280). Este último efecto indica que los estudiantes duermen menos en los días hábiles que en los libres inclusive al incluir las horas que duermen de siesta. Además, las interacciones entre el tipo de día y la edad ($F_{2,768} =4.880$, $P=0.028$, η^2 parcial = 0.006, 90% CI = 0.000-0.019) y entre tipo de día y el turno escolar ($F_{2,768} =33.112$, $P<0.0001$, η^2 parcial = 0.081, 90% CI = 0.051-0.112) también fueron significativas. Por el contrario, la interacción entre la edad y el turno escolar ($F_{2,768} =0.636$, $P=0.530$, η^2 parcial =0.006, 90% CI=0.000-0.019) y la triple interacción entre la edad, el turno escolar y el tipo de día ($F_{2,768} =1.373$, $P=0.254$, η^2 parcial =0.004, 90% CI = 0.000-0.012) no fueron significativas. Estos resultados son similares a los obtenidos para la duración de sueño nocturna.

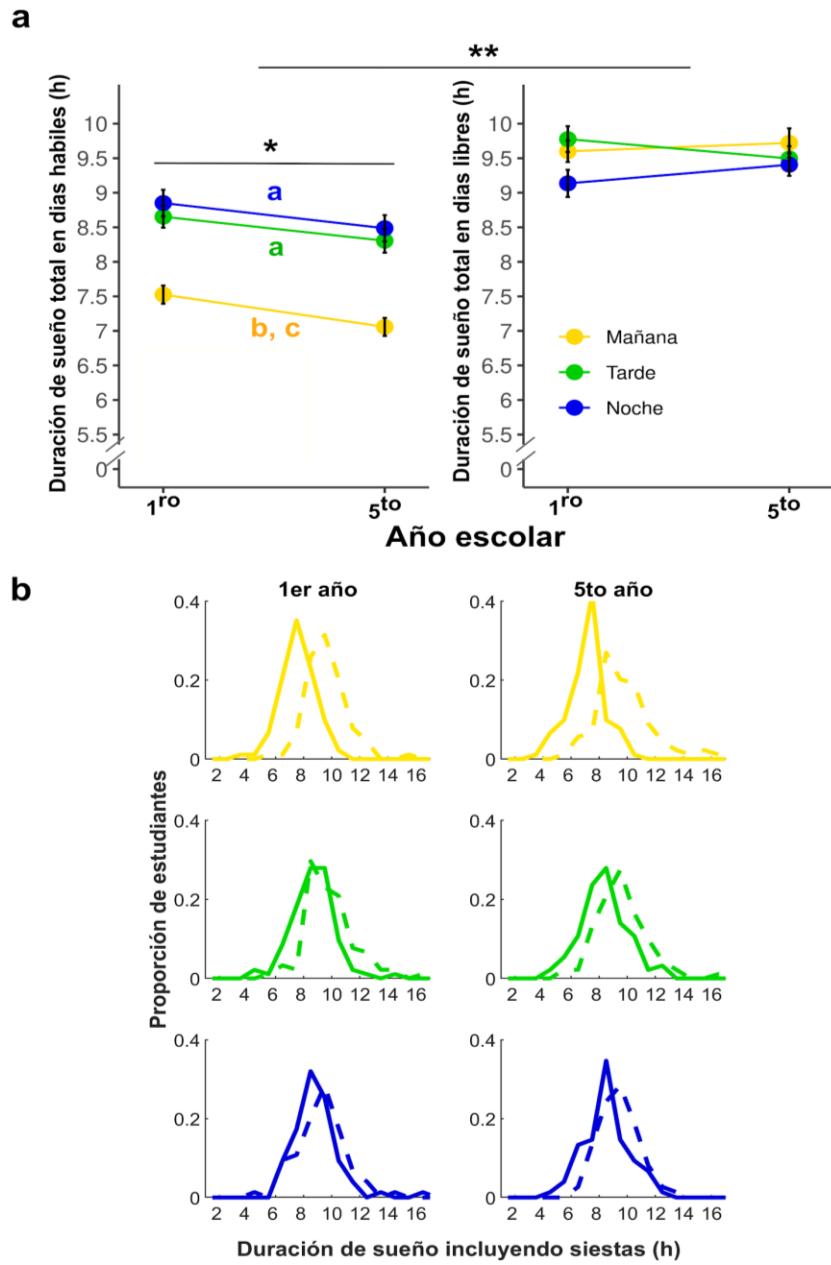


Figura 2.10. Duración de sueño total en días hábiles (tSD_w) y libres (tSD_f) en función de la edad y el turno escolar. a. La duración de sueño total depende del tipo de día (hábil o libre), el horario escolar y de la edad. En 5^{to} año, los estudiantes que asisten al colegio por la tarde y por la noche presentan una mayor duración de sueño total en días hábiles que sus pares que asisten por la mañana. Durante los días hábiles, los estudiantes duermen más horas en 1^{er} año que en 5^{to} año, indistintamente del turno. Además, la duración de sueño es mayor en días libres que en días hábiles y, en días libres, no se observan diferencias entre turnos escolares ni entre edades. Los datos representan las medias \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < 0.00038$ ($p < 0.05$ corregido por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar. El asterisco (*) indica que existe una diferencia significativa entre 1^{er} y 5^{to} año, sin separar por turnos. El doble asterisco (**) indica que hay una diferencia

significativa entre días hábiles y libres para todas las edades y todos los turnos **b. Histogramas de la duración de sueño total, según el tipo de día, su edad y turno escolar.** Las líneas continuas representan los días hábiles y las líneas discontinuas los días libres. Columna de la izquierda: Distribución de tSDw y tSDf para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: Distribución del tSDw y tSDf para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados en horas (hora local). N=259.

En los días hábiles, los estudiantes duermen menos tanto de noche como incluyendo las siestas cuando están en 5^{to} año que cuando están en 1^{er} año. Sin embargo, la magnitud de las diferencias entre ambas edades depende de las siestas. En particular y considerando sólo la duración de sueño nocturna, en el turno mañana los estudiantes en 5^{to} duermen 26min menos que en 1^{ro} y esa diferencia es de 21min y 24min para los estudiantes del turno tarde y noche, respectivamente. Globalmente, los estudiantes que asisten por la mañana duermen menos que los adolescentes con turnos más tardíos (Figura 2.10a). Inclusive considerando las siestas, los estudiantes del turno mañana no alcanzan el mínimo de 8h de sueño recomendadas (7.49h y 7.05h para 1^{er} y 5^{to} año respectivamente) en los días hábiles (Tabla A18).

Si bien la duración total de sueño en días libres es mayor que en días hábiles para todos los turnos y edades, en días libres, la duración de sueño total no difiere entre turnos y edades (rango: 9.18h a 9.83h) (Tabla A18). Es decir que, los estudiantes del turno mañana están más privados de sueño que los del turno tarde y noche y, sin embargo, no duermen más en sus días libres. Esto sugiere que, aun teniendo en cuenta las siestas, los alumnos de turno mañana no logran dormir tanto como sus pares de turnos escolares más tardíos e inclusive los estudiantes de 5^{to} año del turno mañana duermen menos de 8h por día en promedio en una semana ($SD_{promedio} = 7.81h$).

Los resultados de duración de sueño nocturno y total -incluyendo las siestas- también apuntan a que la alineación del cronotipo con el turno escolar es únicamente parcial, ya que en el turno mañana los estudiantes están privados de sueño durante la semana.

Si bien es esperable que el efecto del turno escolar sobre la duración de sueño dependa principalmente de un efecto sobre el horario de despertar en días hábiles, no es tan claro cuál es el efecto sobre la hora de dormir en días hábiles y, menos aún, qué sucede con los horarios de dormir en días libres. En la siguiente sección estudiaremos el efecto del turno y la edad en los horarios de dormir en días hábiles y libres.

2.2.4. Horarios de sueño

Tanto la duración de sueño como los niveles de SJL están determinados por los horarios de sueño: el horario en que la persona se queda dormida y el horario en que se despierta. Por lo tanto, para comprender en mayor profundidad cómo el turno escolar y la edad impactan en el comportamiento de los adolescentes estudiaremos cómo estas variables modulan sus horarios de dormir y despertar. Además, los adolescentes argentinos presentan horarios de dormir considerablemente más nocturnos que los reportados en la mayoría de la literatura disponible (Tabla 2.1) (Carvalho-Mendes et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Roenneberg et al., 2004), por lo que el efecto del turno escolar y la edad sobre los horarios de dormir podría ser diferente a lo reportado en otros lugares del mundo.

Tabla 2.1. Horario de dormir y despertar en días hábiles y días libres, según turno y año escolar.
Los valores representan horas locales (hh:mm, M \pm SD). N=259.

Turno	Días hábiles			
	1er año		5to año	
	Hora de despertar	Hora de dormir	Hora de despertar	Hora de dormir
Mañana	06:19 \pm 00:22	23:39 \pm 01:09	06:25 \pm 00:30	00:38 \pm 01:14
Tarde	08:31 \pm 01:02	00:05 \pm 01:08	09:12 \pm 01:16	01:30 \pm 01:13
Noche	09:15 \pm 01:21	00:44 \pm 00:92	09:58 \pm 01:25	01:55 \pm 01:13

Turno	Días libres			
	1er año		5to año	
	Hora de despertar	Hora de dormir	Hora de despertar	Hora de dormir
Mañana	11:18 \pm 01:47	02:04 \pm 01:43	11:30 \pm 01:41	02:22 \pm 01:23
Tarde	11:10 \pm 01:32	01:46 \pm 01:29	11:59 \pm 01:31	03:08 \pm 01:20
Noche	11:05 \pm 01:37	02:15 \pm 01:16	12:11 \pm 01:32	03:21 \pm 01:25

2.2.4.1. Hora de dormir

Para estudiar el efecto del turno escolar y la edad en la hora de dormir ejecutamos un modelo de efectos mixtos con el horario escolar, la edad y el tipo de día (hábil o libre) como efectos fijos y

el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en las Tabla A22 y Tabla A23, respectivamente. Además, la Figura 2.11a muestra las medias de la hora de dormir en días hábiles y libres según el turno y el año escolar y, la Figura 2.11b, los histogramas correspondientes.

Los resultados muestran un efecto principal significativo del turno escolar ($F_{2,768} = 17.612$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.121, 90% CI = 0.062-0.182), la edad ($F_{2,768} = 270.886$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.261, 90% CI = 0.219-0.302) y el tipo de día ($F_{2,768} = 721.659$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.484, 90% CI = 0.446-0.520). Este último efecto indica que los estudiantes se van a dormir más temprano en los días hábiles que los libres. Además, las interacciones entre el tipo de día y la edad ($F_{2,768} = 4.849$, $P = 0.028$, η^2 parcial = 0.006, 90% CI = 0.006-0.037), el tipo de día y el turno escolar ($F_{2,768} = 7.606$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.020, 90% CI = 0.0130-0.053) y entre la edad y el turno escolar ($F_{2,768} = 12.281$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.031, 90% CI = 0.013-0.053) también fueron significativas. Por el contrario, la interacción triple entre la edad, el turno escolar y el tipo de día ($F_{2,768} = 2.628$, $P = 0.073$, η^2 parcial = 0.006, 90% CI = 0.000-0.018) no fue significativa.

En días hábiles, los estudiantes se acuestan más tarde cuando son mayores, en particular, en el turno mañana los estudiantes en 5^{to} se acuestan 59min más tarde que en 1^{ro} y esa diferencia es de 85min y 71min para los estudiantes del turno tarde y noche, respectivamente. Los estudiantes que asisten por la mañana se acuestan más temprano que los estudiantes del turno tarde y los del turno tarde más temprano que los del turno noche (Figura 2.11a) (Tabla A24).

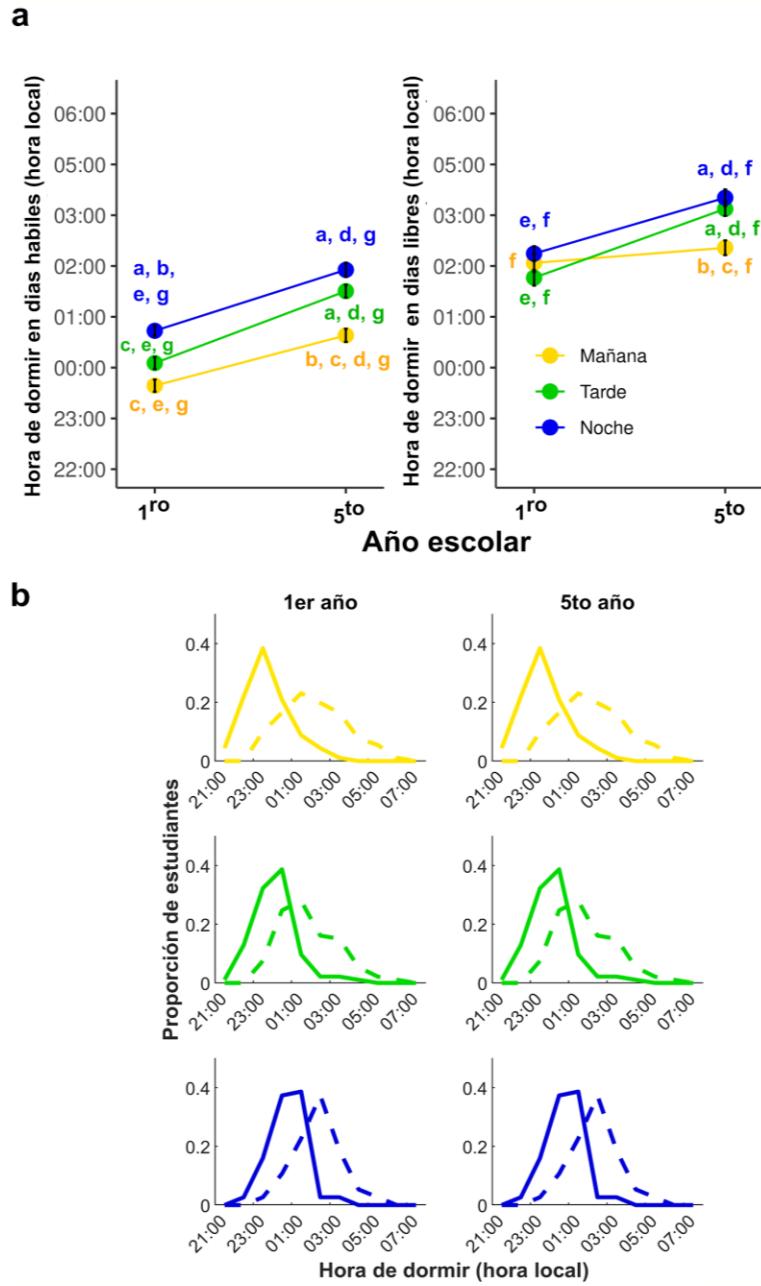


Figura 2.11. Hora de dormir en días hábiles (Son_w) y libres (Son_f) en función de la edad y el turno escolar. a. La hora de dormir depende del tipo de día (hábil o libre), el horario escolar y de la edad. La hora de dormir se retrasa de 1^{er} a 5^{to} año en todos los grupos excepto en días libres para los estudiantes del turno mañana. En días hábiles los horarios de dormir son progresivamente más tarde cuanto más tarde es el turno escolar, es decir los estudiantes del turno mañana se duermen más temprano que los de la tarde que, a su vez, se duermen más tarde que los del turno noche. En días libres sólo se observaron diferencias entre turnos en 5^{to} año, donde los estudiantes que asisten a la mañana presentan horarios de dormir más tempraneros que los estudiantes de los otros dos turnos. La hora de dormir es más tarde en días libres que en hábiles para todos los grupos. Los datos representan la media \pm error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < 0.00021$ ($p < 0.05$ corregido por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con

la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar. d, en comparación con 1^{er} año del mismo turno escolar; e, en comparación con 5th año del mismo turno escolar; f, en comparación con días hábiles, del mismo año y turno escolar; g, en comparación con días libres, del mismo año y turno escolar; **b. Histogramas de la hora de dormir para todos los estudiantes según el tipo de día, su edad y turno escolar.** Las líneas continuas representan los días hábiles y las líneas discontinuas los días libres. Columna de la izquierda: histogramas de Son_w y Son_t para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: histogramas del Son_w y Son_t para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados como horario local. N=259.

En días libres y en 1^{er} año, la hora de dormir no difiere entre turnos y edades. Sin embargo, en 5^{to} año los alumnos del turno tarde y noche se duermen más tarde que los del turno mañana en días libres. Esto se debe principalmente a que mientras que los estudiantes del turno tarde y noche retrasan significativamente su hora de dormir de 1^{ro} a 5^{to} año, los del turno mañana mantienen una hora de dormir similar en ambas edades (Figura 2.11a, Tabla A24). Resulta interesante notar que, si bien es esperable que el horario escolar module el comportamiento en días hábiles, nuestros resultados muestran que también lo está haciendo en días libres. En particular, el turno mañana está modulando el efecto de la edad sobre los horarios de dormir, impidiendo que los adolescentes retrasen su hora de dormir en días libres. Esto es consistente con el hecho de que los cronotipos en el turno mañana prácticamente no se retrasan con la edad.

Al comparar días hábiles y días libres observamos que, sin importar el turno o la edad, todos los grupos se acuestan más tarde en días libres. Esto implica que las obligaciones sociales que están presentes en la semana afectan inclusive a quienes entran al colegio después de las 17:00. Esto podría deberse a que al menos dos veces por semana los estudiantes tienen que asistir a actividades escolares en contra turno (educación física, clases de idioma extranjeros y un taller a su elección), además de otras posibles actividades extracurriculares y horas de estudio.

2.2.4.1. Hora de despertar

Con el objetivo de estudiar el efecto del turno escolar y la edad en la hora de despertar ejecutamos un modelo de efectos mixtos que incluye el horario escolar, la edad y el tipo de día (hábil o libre) como efectos fijos y el ID de los estudiantes como efecto aleatorio. El ANOVA y el resumen del modelo se encuentran en las Tabla A25 y Tabla A26, respectivamente. Además, la Figura 2.12a muestra las medias de la hora de dormir en días hábiles y libres según el turno y el año escolar y, la Figura 2.12b, los histogramas correspondientes.

Los resultados muestran un efecto principal significativo para el turno escolar ($F_{2,768} = 79.594$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.383, 90% CI = 0.308-0.449), la edad ($F_{2,768} = 72.768$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.087, 90% CI = 0.057-0.119) y el tipo de día ($F_{2,768} = 2123.885$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.734, 90% CI = 0.712-0.755). Este último efecto indica que los estudiantes se despiertan más temprano en los días hábiles que los libres. Además, las interacciones entre el tipo de día y el turno escolar ($F_{2,768} = 165.502$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.301, 90% CI = 0.258-0.342) y entre la edad y el turno escolar ($F_{2,768} = 10.285$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.026, 90% CI = 0.010-0.046) también fueron significativas. Por el contrario, la interacción entre el tipo de día y la edad ($F_{2,768} = 2.148$, $P = 0.003$, η^2 parcial = 0.003, 90% CI = 0.000-0.012) y la interacción triple entre la edad, el turno escolar y el tipo de día ($F_{2,768} = 0.357$, $P = 0.700$, η^2 parcial = 0.001, 90% CI = 0.000-0.006) no fueron significativas.

El horario de despertar se retrasa con la edad, tanto en días hábiles como en libres, en los turnos tarde y noche, pero no en el turno mañana. Esto último era esperable dado que el SST no cambia de 1^{ro} a 5^{to} pero no era tan claro que sucedería en días libres. Otra vez, se observa entonces que las claves sociales presentes en días hábiles modifican el comportamiento de los estudiantes en días libres (Figura 2.12a) (Tabla A27). Igualmente, y como era de esperarse, el efecto es mucho mayor en días hábiles, donde la diferencia entre la hora de despertar media en el turno mañana y los turnos tarde y noche es de entre 2h y 3.5h. En cambio, en 1^{er} año y en días libres, no se observan diferencias significativas entre turnos, mientras que en 5^{to} año solo el turno mañana y noche difieren en la hora de despertar por aproximadamente 40min.

Como puede verse, la diferencia en la hora de despertar en días libres al comparar turnos es mucho mayor que la diferencia previamente observada en la hora de dormir, lo que explica por qué los alumnos de turno mañana duermen menos horas durante la noche que los del turno tarde y noche. Además, sugiere que los alumnos del turno mañana no consiguen flexibilizar lo suficiente su hora de dormir como para alcanzar las 8h de sueño diarias, a pesar de experimentar altos niveles de privación de sueño, lo que tampoco logran compensar aún durmiendo más (y más largas) siestas.

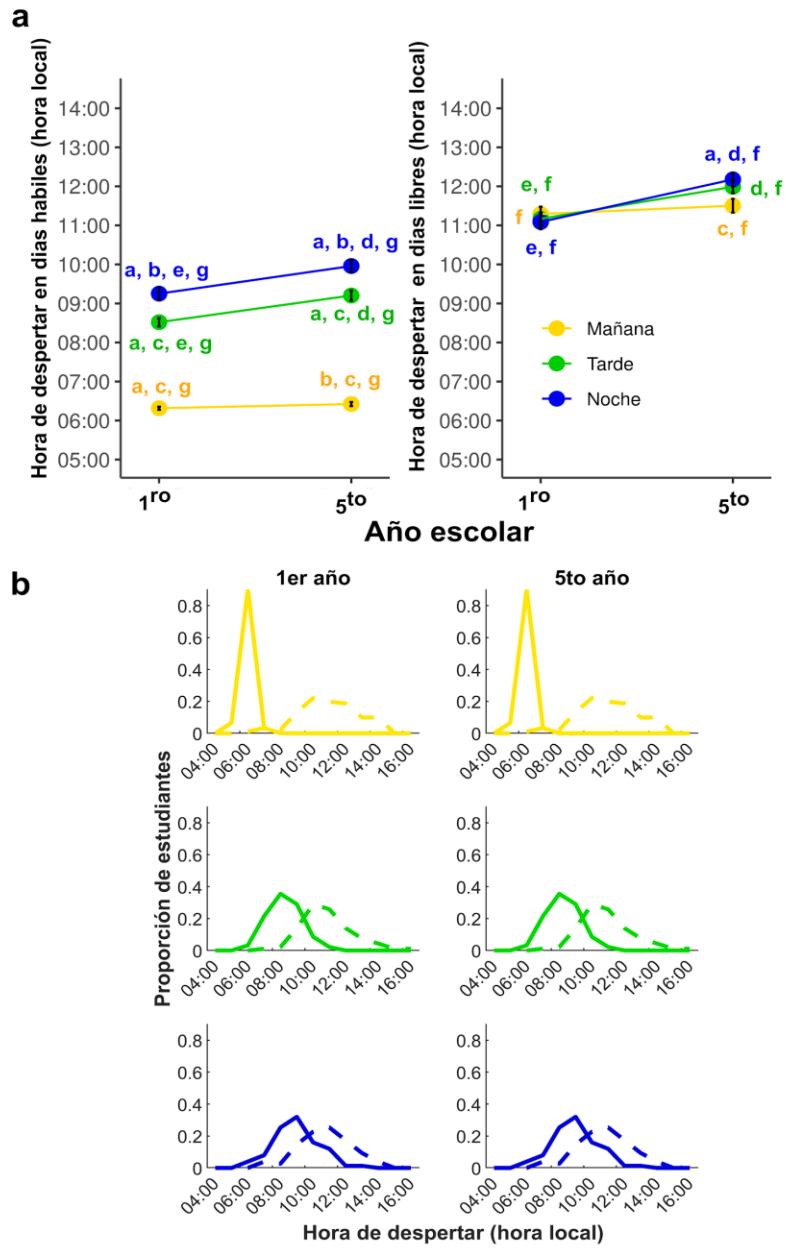


Figura 2.12. Hora de despertar en días hábiles (Soff_w) y libres (Soff_f) en función de la edad y el turno escolar. a. La hora de despertar depende del tipo de día (hábil o libre), el horario escolar y de la edad. La hora de despertar se retrasa de 1^{er} a 5^{to} año en días hábiles y libres en los estudiantes del turno tarde y noche pero no para los estudiantes del turno mañana. En días hábiles los horarios de despertar son progresivamente más tardíos cuanto más tardío es el turno escolar, es decir los estudiantes del turno mañana se despiertan más temprano que los de la tarde que a su vez se despiertan más temprano que los de la noche. En días libres, sólo existen diferencias entre turnos en 5^{to} año donde los estudiantes del turno mañana presentan horarios de despertar más tempraneros que los estudiantes del turno noche. La hora de despertar es más tardía en días libres que en hábiles para todos los grupos. Los datos representan las medias ± error estándar. Las comparaciones post-hoc fueron consideradas significativas cuando $p < .00021$ ($p < .05$ corregido por Bonferroni) y las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a, en comparación con la mañana del mismo turno escolar; b, en comparación con la tarde del

mismo turno y año escolar; c, en comparación con la noche del mismo turno y año escolar. d, en comparación con 1^{er} año del mismo turno escolar; e, en comparación con 5th año del mismo turno escolar; f, en comparación con días hábiles, del mismo año y turno escolar; g, en comparación con días libres, del mismo año y turno escolar; **b. Histogramas de la hora de despertar para todos los estudiantes, según el tipo de día, su edad y turno escolar.** Las líneas continuas representan los días hábiles y las líneas discontinuas los días libres. Columna de la izquierda: histogramas de $Soff_w$ y $Soff_f$ para estudiantes de 1^{er} año. Columna de la derecha: histogramas del $Soff_w$ y $Soff_f$ para estudiantes de 5^{to} año. Filas 1-3: turnos mañana, tarde y noche, respectivamente. Los datos corresponden al mismo grupo de estudiantes en su 1^{er} y 5^{to} año. Todos los valores están representados en horas (hora local). N=259.

Por otro lado, al igual que lo que observamos en la hora de dormir, en la hora de despertar hay una clara diferencia entre días hábiles y libres en todos los turnos, lo que explica que los estudiantes de todos los turnos experimenten SJL. Sin embargo, como se mostró previamente, los niveles de SJL son excesivamente elevados en el turno mañana, lo cual se explica principalmente por el hecho de que los estudiantes de este turno deben levantarse temprano por la mañana en días hábiles. Esto se deduce de que, por un lado, la diferencia entre la hora de dormir en días hábiles y libres no es muy grande cuando se compara entre turnos, pero la diferencia en horarios de despertar entre días libres y hábiles es considerablemente mayor en el turno mañana que en los otros dos turnos. Por ejemplo, en 1^{er} año del turno mañana los estudiantes se duermen 145min más tarde pero se despiertan 299min más tarde en días libres que en días hábiles, mientras que en el turno tarde estas diferencias son de 101min y 159min respectivamente.

Finalmente, los niveles elevados de privación de sueño y SJL observados en el turno mañana parecen ser explicados fundamentalmente porque los estudiantes deben levantarse muy temprano en los días hábiles. Sumado a esto, en el caso de la privación de sueño parecería que no son capaces de adelantar su hora de dormir lo suficiente como para evitar esta consecuencia negativa. Y esto, por supuesto, es explicado por el cronotipo tardío de los adolescentes.

2.2.5. Calidad de sueño

Con el objetivo de estudiar cómo el turno escolar y el tipo de día modulan la calidad de sueño subjetiva realizamos un tipo de ANOVA no paramétrico, el *Aligned Rank Test ANOVA*. Observamos un efecto principal significativo del turno escolar ($F=9.309$, $p=0.0001$), el tipo de día ($F=696.87$, $p<0.0001$) y su interacción ($F=18.120$, $p<0.0001$) sobre la calidad del sueño (Figura 2.13). Para entender en mayor profundidad estos efectos, comparamos los valores obtenidos para la calidad de sueño en los diferentes turnos escolares, tanto en días hábiles como en días libres usando la prueba de Mann-Whitney. Como se puede ver en la Figura 2.13 y la Tabla 2.2, la calidad del sueño es mejor en los días libres que en los días hábiles en los tres turnos

escolares. Es importante destacar que también observamos que, mientras que en los días libres la calidad del sueño no difiere significativamente entre turnos, en los días hábiles, los estudiantes del turno mañana reportan una menor calidad del sueño que los estudiantes de los otros dos turnos (Tabla 2.2). Los alumnos del turno noche muestran una tendencia a presentar una mejor calidad de sueño que los alumnos del turno tarde, pero esta diferencia no es significativa. En conjunto, estos resultados sugieren por un lado que la calidad de sueño es peor en los días hábiles que en los días libres y, además, que la calidad de sueño en días hábiles que reportan los estudiantes del turno mañana es peor que la de los otros turnos.

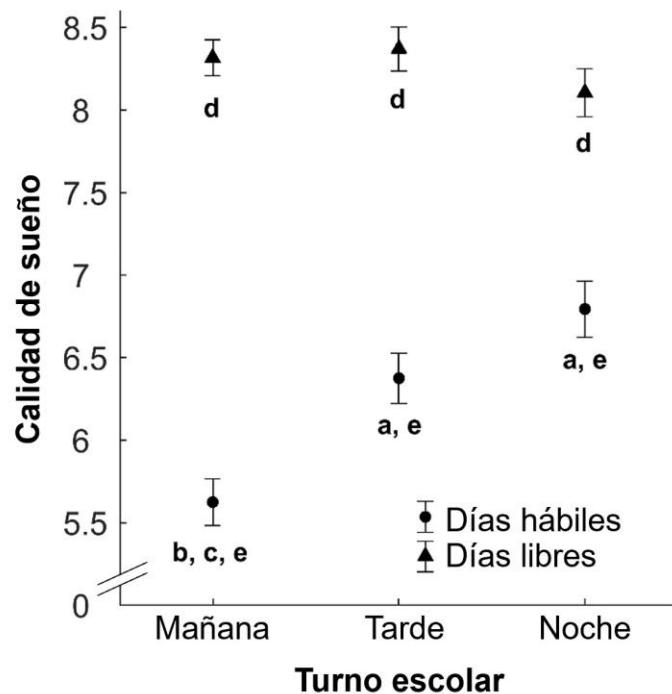


Figura 2.13. Calidad del sueño según el horario escolar y el tipo de día. La calidad de sueño es mayor en días libres que en días hábiles. En los días hábiles, los estudiantes del turno mañana reportan una menor calidad de sueño que los del turno tarde y noche. Los valores representados en esta figura solo corresponden a estudiantes de 5^{to}, ya que los datos de 1^{er} año no pudieron ser incluidos porque la pregunta realizada no fue la misma en los dos años en que se tomaron datos (ver sección 2.4.3 para más detalle). Los datos representan la media \pm Error estándar. Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos: a-comparado con la mañana; b-comparado con la tarde; c-comparado con la noche; d-comparado con los días hábiles; e- comparado con los días libres ($p<0,05$, corregido por Bonferroni). N = 349.

Tabla 2.2. Comparaciones post-hoc para la calidad de sueño según el turno y el tipo de día. P valor ajustado por el método de bonferroni. ES: *Effect Size*. N = 349.

Comparación		z	P Ajustado	ES (r)
Días hábiles	Mañana vs. Tarde	-2.981	0.025	0.192
Días hábiles	Mañana vs. Noche	-4.438	<0.0001	0.295
Días hábiles	Tarde vs. Noche	-1.617	1	0.104
Días libres	Mañana vs. Tarde	0.373	1	0.024
Días libres	Mañana vs. Noche	0.996	1	0.062
Días libres	Tarde vs. Noche	1.354	1	0.086
Mañana	Días hábiles vs. Días libres	-11.457	<0.0001	0.730
Tarde	Días hábiles vs. Días libres	-8.913	<0.0001	0.566
Noche	Días hábiles vs. Días libres	-5.267	<0.0001	0.370

Hasta este punto estudiamos cómo el turno y la edad modulan el cronotipo y variables asociadas al sueño en los adolescentes. Para ello comparamos las medias de las variables en los distintos turnos sin considerar las diferencias en el cronotipo de los estudiantes. Sin embargo, es esperable que diferentes cronotipos dentro de cada turno exhiban diferencias en las distintas variables asociadas al sueño, dependientes del turno escolar al que los estudiantes asistan y de su edad. En la siguiente sección estudiaremos dichas asociaciones y cómo el turno y la edad las modulan.

2.2.6. Relación entre Cronotipo y otras variables asociadas al sueño

Para estudiar la asociación entre el cronotipo y cada una de las diferentes variables asociadas al sueño realizamos un modelo lineal generalizado para cada variable (SJL, SDw, SDf y horarios de dormir) en los que incluimos el MSFsc, su interacción con el turno, su interacción con la edad, y la interacción triple como predictores y el ID de los estudiantes como un factor random. Además, para calcular cuánto de la variabilidad observada en cada variable asociada al sueño es explicada por el MSFsc en cada turno y año escolar, calculamos el R² de cada correlación por

separado (por ejemplo, calculamos el R^2 de la correlación entre el SJL y el MSFsc en el trueno mañana en 1^{er} año).

En el caso de la correlación entre SJL y MSFsc obtuvimos un efecto significativo del cronotipo ($F_{1,257} = 735.062$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.592, 90% CI = 0.551-0.629) y de su interacción con el turno ($F_{1,256} = 367.777$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.730, 90% CI = 0.690-0.763) y con la edad ($F_{1,257} = 13.147$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.089, 90% CI = 0.004-0.763), pero no la interacción triple (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A28 y Tabla A29, respectivamente). Estos resultados indican que la relación entre el cronotipo y el SJL son moduladas por el turno y la edad por separado.

En todos los turnos y edades un cronotipo más tardío está asociado a mayores niveles de SJL (Figura 2.14). Sin embargo, esta asociación es más fuerte en el turno mañana que en los turnos tarde y noche y en 1^{er} año que en 5^{to} año. Mientras que en el turno mañana un cronotipo 1h más tardío está asociado a un aumento del SJL de 0.826h (50min) y 0.783h (47min) en 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente, en el turno tarde y noche las pendientes son menores. En particular, en el turno tarde un cronotipo 1h más tardío se asocia a un aumento en el SJL de 0.530h (32min) y 0.458h (27min) en 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente, mientras que en el turno noche el aumento es de 0.421h (25min) en 1^{er} y 0.385 (23min) en 5^{to}. Además, no solo hay una diferencia en las pendientes de las correlaciones sino también en los R^2 asociados a estas, es decir, en cuanto de la variabilidad observada en los niveles de SJL es explicada por el MSFsc en cada turno y edad. Los R^2 de la asociación entre MSFsc y SJL en los distintos turnos para 1^{er} y 5^{to} año son: turno mañana, 0.83 y 0.70; turno tarde, 0.41 y 0.35; y turno noche 0.30 y 0.21, respectivamente. Por lo tanto, el cronotipo es mucho más relevante para explicar los niveles de SJL observados en el turno mañana que en los turnos tarde o noche, lo cual es esperable teniendo en cuenta que los estudiantes con cronotipos más nocturnos probablemente se vayan a acostar más tarde durante los días hábiles, pero tienen que levantarse a la misma hora que aquellos con cronotipos más matutinos debido a que deben asistir al colegio. Abordaremos la relación del cronotipo con los horarios de dormir un poco más adelante en esta sección.

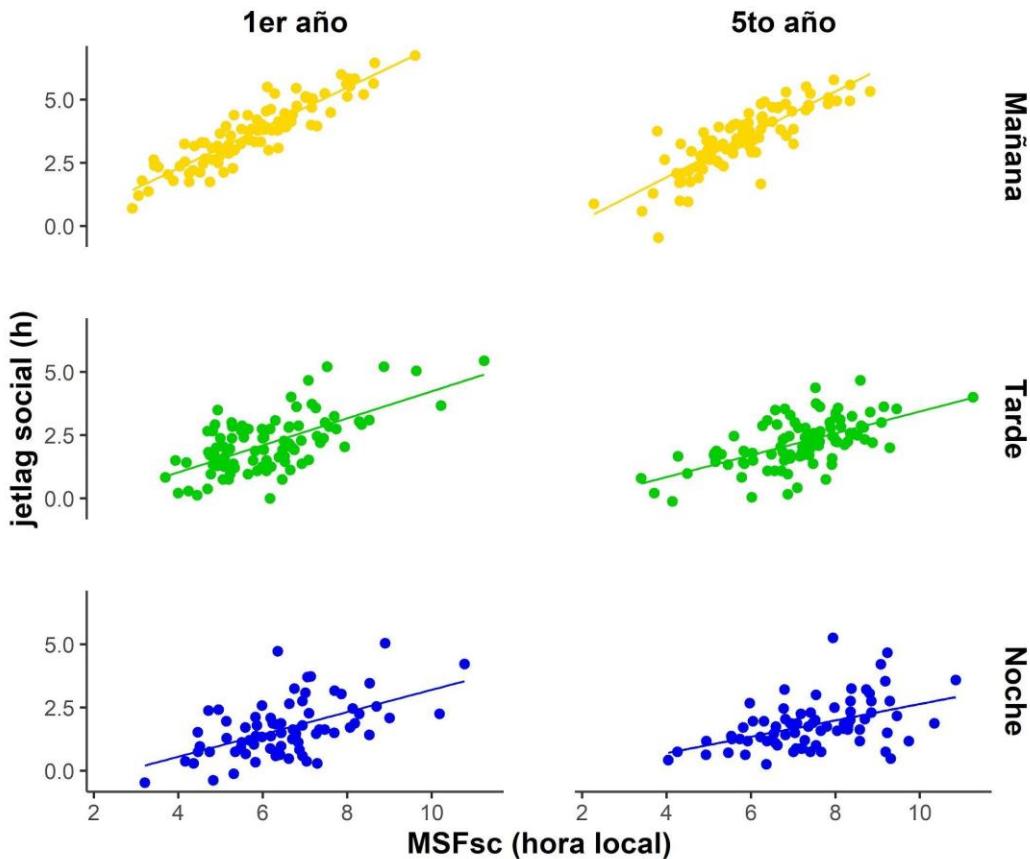


Figura 2.14. Asociación entre MSFsc y SJL según el turno y el año escolar. El SJL y el MSFsc están significativamente asociados en todos los turnos y en ambas edades. Además, la asociación es modulada por el turno escolar, siendo la pendiente mayor para el turno mañana que para el turno tarde y noche ($p < 0.0001$ en ambos casos). Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

En el caso de la correlación entre SDw y MSFsc no obtuvimos un principal significativo del crontípico ($F_{1,257} = 0.916$, $P = 0.339$, η^2 parcial = 0.002, 90% CI = 0.000-0.013), pero si observamos una interacción significativa del crontípico con el turno ($F_{1,256} = 99.574$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.413, 90% CI = 0.343-0.474) y con la edad ($F_{1,257} = 68.043$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.198, 90% CI = 0.133-0.266). La interacción triple no fue significativa (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A30 y Tabla A31, respectivamente). Estos resultados indican que la relación entre el crontípico y el SDw son moduladas por el turno y la edad por separado.

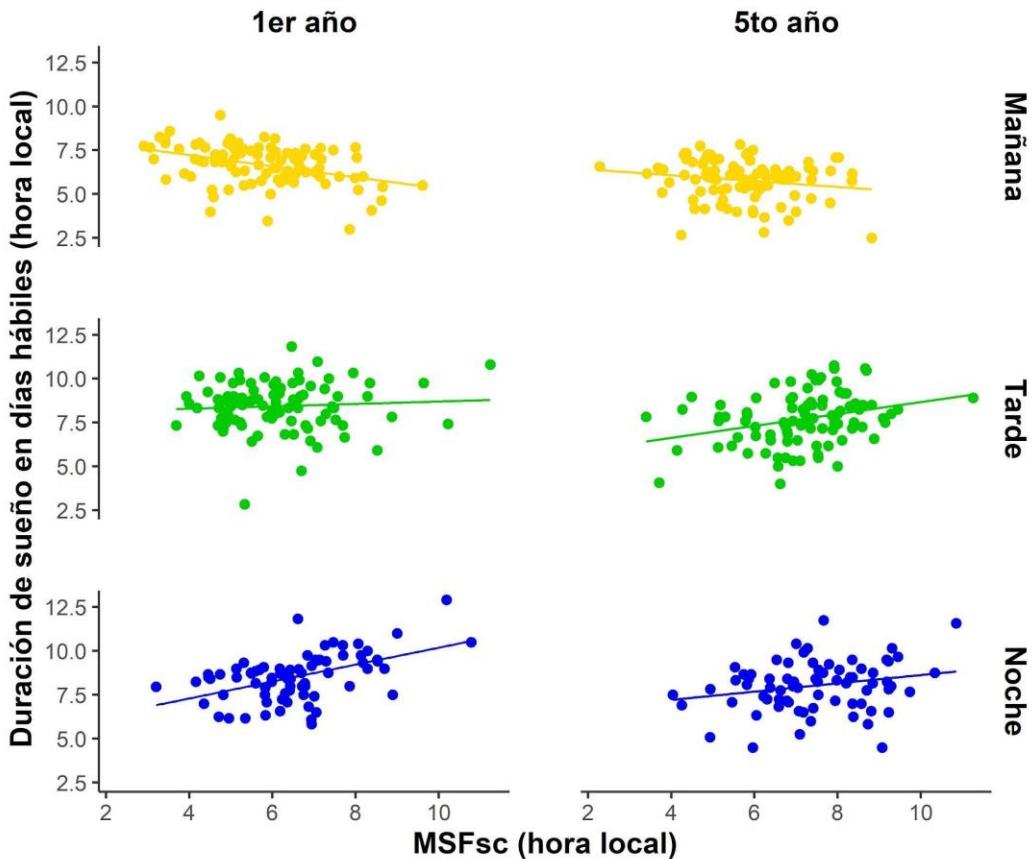


Figura 2.15. Asociación entre el MSFsc y la duración de sueño en días hábiles (SDw) según el turno y el año escolar. La asociación entre la SDw y el MSFsc es modulada por el turno y la edad. Las pendientes no difieren de cero para turno mañana en ambas edades ni para turno tarde en 1^{er} año. Para los alumnos de turno noche y los de 5^{to} año del turno tarde un cronotipo más tardío está asociado a una mayor SDw. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

En el turno mañana, si bien hay una tendencia a que los cronotipos más nocturnos estén asociados a una duración de sueño más corta, las pendientes no difieren de cero (Figura 2.15), es decir no hay una asociación entre cronotipo y SDw. Esto no es consistente con lo esperado, ya que como mencionamos antes es esperable que estudiantes con cronotipos más nocturnos se acuesten más tarde, pero tengan que levantarse a la misma hora que el resto debido a que tienen que ir al colegio. Una posible explicación es que la constante privación de sueño no les permita acostarse mucho más tarde que el resto de sus compañeros. Por otro lado, en el turno tarde y noche, cronotipos más nocturnos se asocian con mayores duraciones de sueño en la semana y las pendientes son menores en 5^{to} que en 1^{er} año. En particular, en 1^{er} año un cronotipo

1h más tarde está asociado a un aumento de la duración de sueño de 15min y 16min en el turno tarde y noche, respectivamente, mientras que en 5^{to} año el aumento fue de 7min en el turno tarde y 10min en el turno noche. Finalmente, los R² asociados a estas correlaciones son considerablemente bajos: en 1^{er} año son 0.15, 0.004 y 0.24 para el turno mañana, tarde y noche, mientras que en 5^{to} son todos menores a 0.1. Estos resultados indican que la asociación entre cronotipo y SDw no es particularmente fuerte en ningún turno escolar. Es probable entonces, que la asociación entre el cronotipo y la hora de dormir y despertar en días hábiles sea de moderada a débil.

En el caso de la hora de dormir en días hábiles, observamos que tanto el efecto principal del cronotipo ($F_{1,257} = 10.776$, $P = 0.001$, η^2 parcial = 0.021, 90% CI = 0.005-0.046) como su interacción con la edad ($F_{1,257} = 143.082$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.345, 90% CI = 0.276-0.412) y con el turno escolar ($F_{1,256} = 13.852$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.090, 90% CI = 0.041-0.144) fueron significativos (Anova y resumen del modelo en Tabla A32 y Tabla A33, respectivamente). En general, vemos que los cronotipos más nocturnos están asociados a horas de dormir más tardías en todos los turnos y edades, pero las pendientes son mayores en 5^{to} que en 1^{er} año y cuanto más tarde es el turno (Figura 2.16). Las pendientes de modelo indican que un cronotipo 1h más tarde en 1^{er} año está asociado con un retraso en la hora de dormir de 8min, 12min y 16min y en 5^{to} con un retraso de 18min, 22min y 24min en los turnos mañana tarde y noche, respectivamente.

Por el otro lado, sobre la hora de despertar en días hábiles observamos que tanto el efecto principal del cronotipo ($F_{1,257} = 8.226$, $P = 0.004$, η^2 parcial = 0.016, 90% CI = 0.003-0.039) como su interacción con la edad ($F_{1,257} = 7.729$, $P = 0.006$, η^2 parcial = 0.027, 90% CI = 0.005-0.067) y el turno escolar ($F_{1,256} = 447.620$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.738, 90% CI = 0.699-0.770) fueron significativos (Anova y resumen del modelo en Tabla A34 y Tabla A35, respectivamente). En general, vemos que los cronotipos más nocturnos están asociados a horas de despertar más tardías en todos los turnos y edades, pero las pendientes son mayores en 5^{to} que en 1^{er} año y cuanto más tarde es el turno (Figura 2.17). Las pendientes de modelo indican que un cronotipo 1h más tarde en 1^{er} año está asociado con un retraso en la hora de despertar de 6min, 27min y 32min y en 5^{to} con un retraso de 7min, 29min y 34min en los turnos mañana tarde y noche, respectivamente. En la Figura 2.17, también podemos ver que el rango de horas de despertar es mucho menor en el turno mañana que en los otros dos turnos, lo que muestra que es el turno, además del cronotipo, el que define la hora de despertar en el caso de los alumnos del turno mañana.

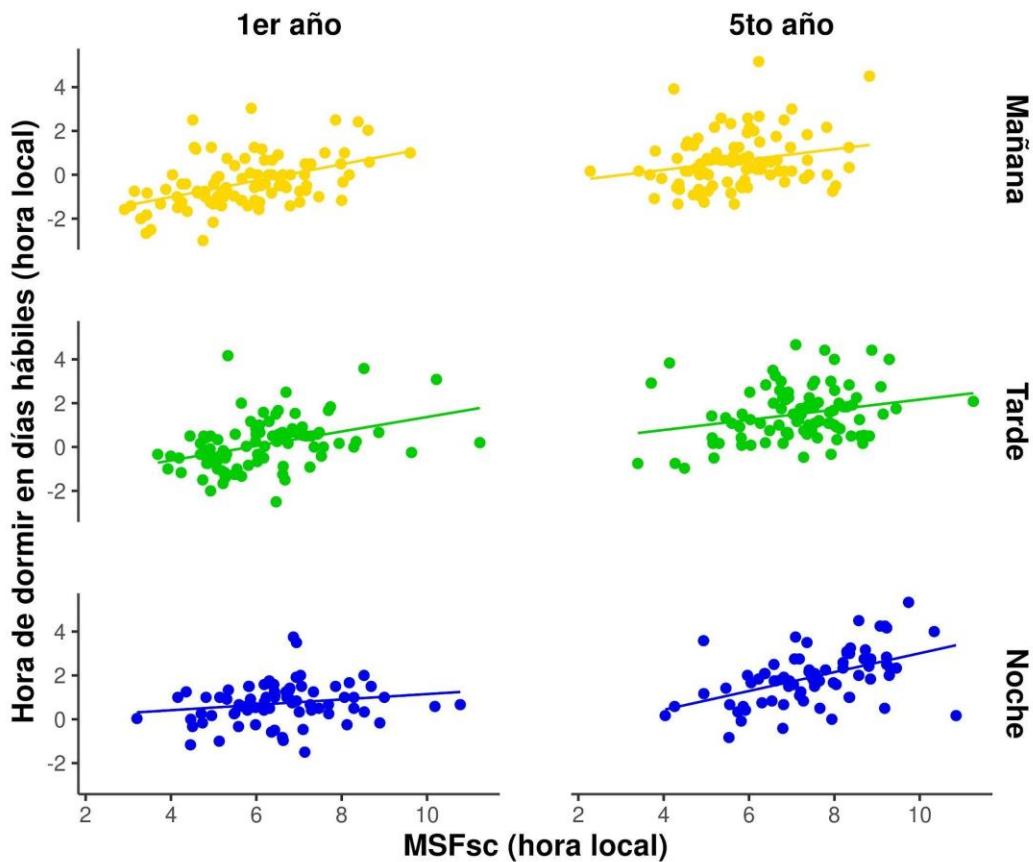


Figura 2.16. Asociación entre el MSFsc y la hora de dormir en días hábiles (Son_w) según el turno y el año escolar. La asociación entre la Son_w y el MSFsc es modulada por el turno escolar y la edad. En general se observa que cronotipos más nocturnos están asociados a horarios de dormir más tardíos, aunque la pendiente no es significativa en el caso del turno noche en 1^{er} año. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

Al comparar el efecto del cronotipo sobre la hora de dormir y despertar en días hábiles podemos ver que el efecto modulador del turno es mucho mayor en la hora de despertar que en la hora de dormir. En particular, vemos que la diferencia entre el turno mañana y los otros dos turnos es mucho mayor. Además, en el turno mañana, el efecto de cronotipo en la hora de dormir y despertar es similar (ambas horas se retrasan similarmente cuando el cronotipo es 1h más tarde), lo cual coincide con que el efecto del cronotipo sobre la duración de sueño en días hábiles no sea significativo.

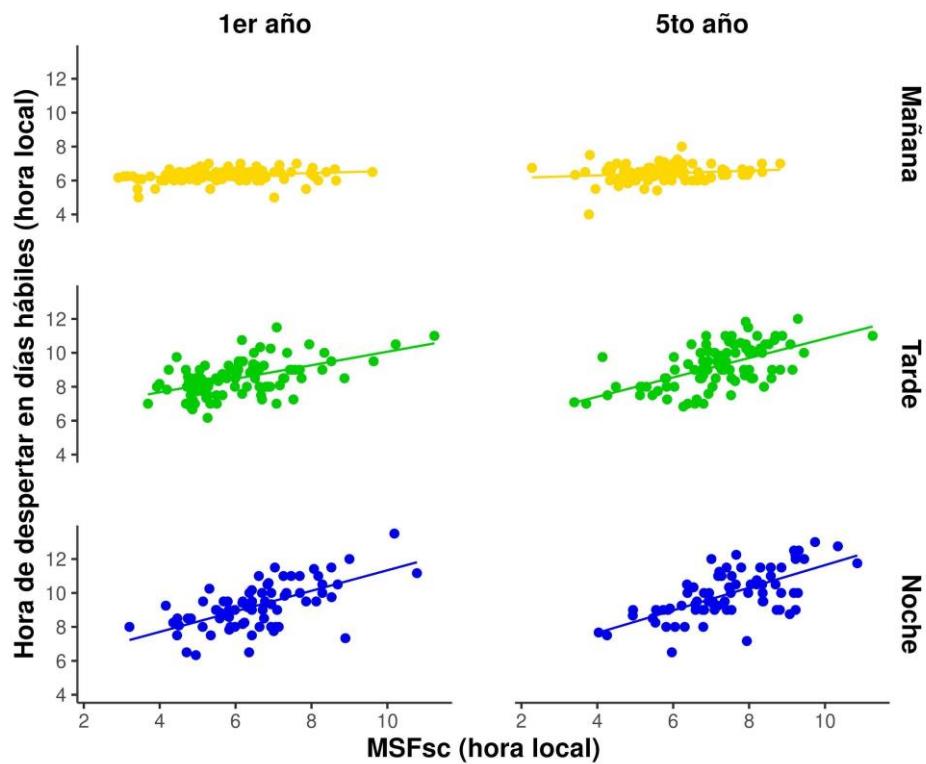


Figura 2.17. Asociación entre el MSFsc y la hora de despertar en días hábiles ($Soff_w$) según el turno y el año escolar. La asociación entre la $Soff_w$ y el MSFsc es modulada por el turno escolar. Se observa que cronotipos más nocturnos están asociados a horarios de despertar más tardíos en días hábiles en los turnos tarde y noche pero no en el turno mañana. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y $Soff_w$. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

Al estudiar el efecto del cronotipo sobre la duración de sueño en días libres observamos únicamente un efecto principal del MSFsc ($F_{1,257} = 14.532$, $P = 0.0002$, η^2 parcial = 0.028, 90% CI = 0.009-0.055) sin interaccionar con el turno o con la edad (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A36 y Tabla A37, respectivamente). Específicamente, observamos que cronotipos más tardíos están asociados a SDfs más cortas, con pendientes que indican que un cronotipo 1h más tarde está asociado a SDfs 12min más cortas (Figura 2.18). Esto probablemente implique que el cronotipo esté asociado diferencialmente con la hora de dormir y de despertar en horas libres.

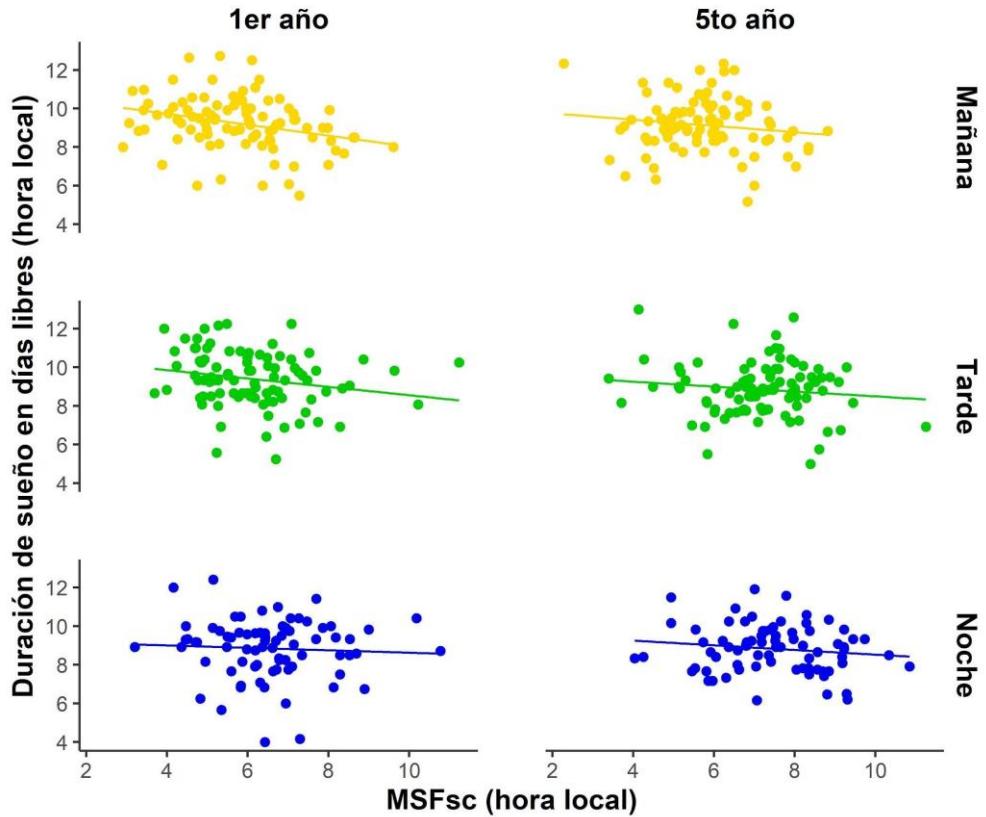


Figura 2.18. Asociación entre el MSFsc y la duración de sueño en días libres (SDf) según el turno y el año escolar. La asociación entre la SDf y el MSFsc no es modulada ni por el turno escolar ni por la edad. Cronotipos más nocturnos están asociados a una menor SDf. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y SDf. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

En este sentido, al evaluar qué ocurre con la hora de dormir en días libres observamos que tanto el efecto principal del cronotipo ($F_{1,257} = 2484.754$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.830, 90% CI = 0.811-0.846) como su interacción con la edad ($F_{1,257} = 49.825$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.153, 90% CI = 0.093-0.218) y el turno escolar ($F_{1,256} = 75.728$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.349, 90% CI = 0.277-0.414) fueron significativos (Anova y resumen del modelo en Tabla A38 y Tabla A39, respectivamente). En general, vemos que los cronotipos más nocturnos están asociados a horas de dormir más tardías en todos los turnos y edades, pero las pendientes son mayores en 5^{to} que en 1^{er} año y son mayores en el turno mañana respecto a los otros dos turnos (Figura 2.19). Sin embargo, todas las pendientes son cercanas a 1 y van desde 0.935 en 1^{er} año del turno tarde hasta 1.10 en 5^{to} año del turno mañana. Esto indica que cronotipos 1h más tardíos están asociados a retrasos en la hora de dormir en días libres de entre 56min y 66min. Además, no

solo las pendientes son cercanas a 1 sino que también los R^2 son altos (van desde 0.79 a 0.95). Todo esto es esperable teniendo en cuenta que el MSFsc como *proxy* de cronotipo se calcula a partir de los horarios de dormir en días libres.

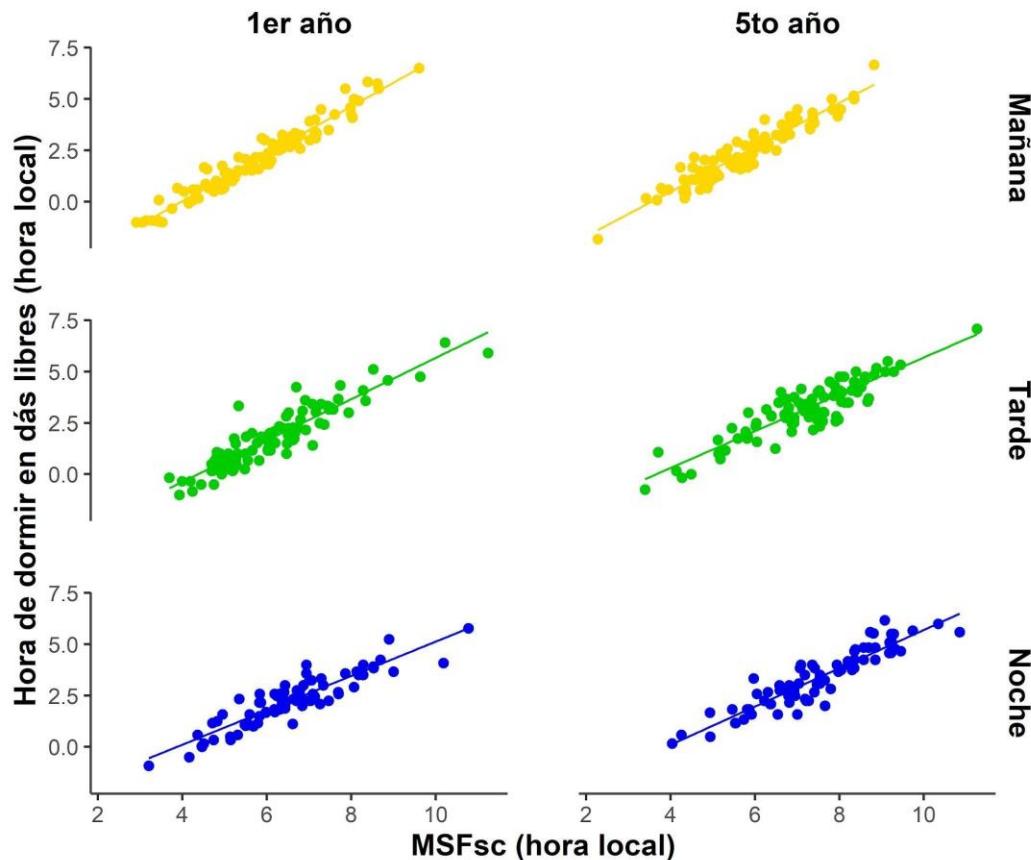


Figura 2.19. Asociación entre el MSFsc y la hora de dormir en días libres (Son_f) según el turno y el año escolar. La asociación entre la Son_f y el MSFsc es modulada por el turno escolar y la edad. Se observa que cronotipos más nocturnos están asociados a horarios de dormir más tardíos en días libres. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

En cuanto a la relación entre la hora de despertar en días libres y el cronotipo, observamos un efecto principal del MSFsc ($F_{1,257} = 346.048$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.404, 90% CI = 0.353-0.452) y un efecto de su interacción con la edad ($F_{1,257} = 7.700$, $P = 0.006$, η^2 parcial = 0.027, 90% CI = 0.004-0.067) y el turno escolar ($F_{1,256} = 13.349$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.086, 90% CI = 0.038-0.139) (Anova y resumen del modelo en Tabla A40 y Tabla A41, respectivamente). En general,

vemos que los cronotipos más nocturnos están asociados a horas de despertar más tardías en todos los turnos y edades, pero las pendientes son mayores en 5^{to} que en 1^{er} año y son mayores en el turno mañana respecto a los otros dos turnos (Figura 2.20). Las pendientes son similares y van desde 0.709 y 0.880. En particular, en el turno mañana cronotipos 1h más tardíos están asociados a retrasos en la hora de despertar en días libres de 52min y 50min en 5^{to} y 1^{er} año respectivamente, mientras que en el turno tarde y noche están asociados a un retraso de entre 46min y 43min. Además, los R^2 son menores que para el horario de dormir en días libres (van desde 0.43 a 0.55). Esto también es esperable, ya que, si bien el MSFsc se calcula utilizando tanto el horario de despertar como el de dormir en días hábiles, la corrección asume que el aumento de la SDf para recuperarse de la privación de sueño experimentada en la semana se da porque se retrasa la hora de despertar y no porque se adelante la hora de dormir. Por lo tanto, el MSFsc suele ser más temprano que el MSF y estar más asociado a la hora de dormir que a la de despertar.

Por último, si bien observamos un efecto del horario escolar sobre la calidad del sueño subjetiva en días hábiles, como mostramos en la sección anterior, sigue sin estar claro si el cronotipo dentro de cada horario escolar afecta a la calidad del sueño durante la semana. Para estudiar esto último, ajustamos una regresión logística ordinal con la calidad del sueño en días hábiles como variable dependiente y el cronotipo, el turno escolar y su interacción como predictores. Nuestros resultados muestran que es más probable que los estudiantes del turno mañana y el turno tarde presenten una peor calidad del sueño cuanto más tardío es su cronotipo. Las chances de que la calidad de sueño sea un punto menor (peor calidad de sueño) por cada hora que el cronotipo es más tardío son de 1.38 y 1.41 en el turno mañana y tarde, respectivamente (Tabla 2.3). En el caso de los estudiantes del turno noche, no observamos una asociación entre la calidad de sueño y el cronotipo, lo que sugiere que el vínculo entre la calidad de sueño y el cronotipo está modulado por el horario escolar. En particular, en un turno escolar lo suficientemente tardío los estudiantes con cronotipos más tardíos no muestran diferencia en su calidad de sueño comparado con aquellos más matutinos y esto último no parece ser porque aquellos con cronotipos más matutinos empeoren su calidad de sueño, ya que la calidad de sueño media es considerablemente superior en el turno noche que en el turno mañana (Figura 2.13).

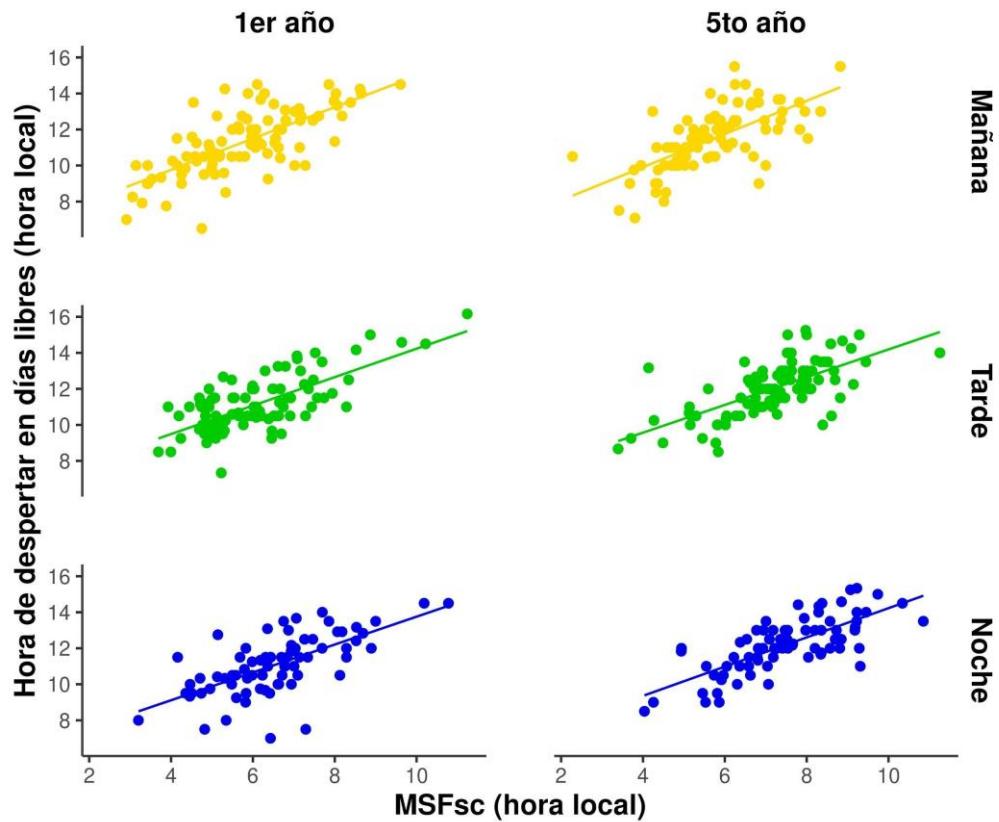


Figura 2.20. Asociación entre el MSFsc y la hora de despertar en días libres (Soff_f) según el turno y el año escolar. La asociación entre la Soff_f y el MSFsc no es modulada ni por el turno escolar ni por la edad. Se observa que cronotipos más nocturnos están asociados a horarios de despertar más tardíos en días libres. Cada punto representa los datos de un estudiante en su 1^{er} (izquierda) o 5^{to} año escolar. Las rectas representan la correlación entre MSFsc y MSF. El color indica el turno, de arriba a abajo: amarillo, turno mañana; verde, turno tarde; azul, turno noche.

Tabla 2.3. MSFsc *odd ratios* asociados a una peor calidad del sueño en días hábiles según el turno escolar. Nivel de significancia: * p<0,05, ** p<0,01. Las letras minúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre los grupos: a- comparado con la mañana; b- comparado con la tarde; c- comparado con la noche. MSFsc = punto medio corregido del sueño en días libres. OR = *odd ratio*. CI = intervalo de confianza. N = 352.

	OR	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
Mañana *	1.377	1.048	1.807
Tarde **, c	1.409	1.132	1.751
Noche ^b	1.012	0.789	1.296

En esta sección, hemos mostrado que un cronotipo más tardío está asociado a niveles más elevados de SJL, horarios de dormir más tardíos tanto en días hábiles como en días libres y que todas estas asociaciones están moduladas por el turno escolar. Si bien nuestros resultados no son completamente consistentes entre sí, de manera general, los efectos negativos asociados a cronotipos más tardíos son más fuertes en el turno mañana que en el turno noche y el efecto para el turno tarde suele encontrarse en algún punto en el medio de los otros dos turnos.

2.3. Discusión

En este capítulo, abordamos principalmente dos objetivos diferentes.

Por un lado, estudiamos cómo el turno escolar interactuando con la edad afectan al cronotipo y los hábitos de sueño en adolescentes. Nos interesaba evaluar si el cronotipo de los estudiantes se sincroniza o alinea a su turno escolar y, en caso de que así fuese, entender si esta sincronización era completa o parcial. De manera consistente con nuestra hipótesis, observamos que el cronotipo es modulado por el turno (los estudiantes de turno mañana presentan cronotipos más matutinos que los estudiantes de turno tarde y noche) pero solo parcialmente, ya que dicha modulación del cronotipo de los estudiantes por el turno no resultó suficiente para que los adolescentes alcancen a dormir un mínimo de 8h o presenten bajos niveles de SJL al asistir a la escuela por la mañana.

Por el otro, estudiamos la relación entre el cronotipo y diferentes variables asociadas al sueño (jetlag social, calidad de sueño y sus horarios y duración de sueño en días hábiles y libres) y su modulación por el turno y la edad de los estudiantes. Generalizando, en el turno mañana la asociación entre cronotipos más tardíos y hábitos de sueño poco sanos (por ejemplo, altos niveles de SJL) fue más fuerte que en el turno noche.

En primer lugar, estudiamos cómo el turno y la edad modulaban diferentes *proxies* de cronotipo y cómo estos *proxies* interactúan entre sí. A partir del MCTQ, un cuestionario sobre hábitos de sueño obtuvimos el MSF y el MSFsc y a partir del MEQ, un cuestionario sobre preferencias diarias, el puntaje que deriva del mismo. Observamos que el efecto del turno y la edad sobre estos tres *proxies* del cronotipo (MSF, MSFsc y puntaje MEQ) es diferente. Brevemente, se observa que los estudiantes en 5^{to} año tienden a presentar cronotipos más tardíos o nocturnos que los de 1^{er}, en los tres *proxies*. Sin embargo, el efecto de edad es modulado por el turno en el caso del MSF y el MSFsc, con los alumnos del turno mañana no retrasando o retrasando levemente su cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año. Además, el puntaje del MEQ no muestra el efecto global del turno escolar que sí se observa en el caso del MSFsc, donde cuanto más tardío sea el turno

escolar más nocturnos son los cronotipos de los estudiantes. Por último y a pesar de cómo el turno y la edad afectan de forma diferente a los distintos *proxies*, observamos que el MSFsc correlaciona tanto con el MSF como con el MEQ, siendo la correlación entre MSF y MSFsc mucho más fuerte.

En cuanto al efecto de la edad, si bien ya se encontraba reportado que el cronotipo se vuelve más tardío durante la adolescencia en varias publicaciones, tanto para el MSFsc y el MSF (Kuula et al., 2018; Roenneberg et al., 2003, 2004) como para el puntaje MEQ (Randler et al., 2017), la mayoría de los estudios previamente publicados provienen de datos transversales. Dado que los resultados presentados en esta tesis son longitudinales nos permitieron estudiar cómo el turno modula el cronotipo y el efecto de la edad sobre el cronotipo. Relacionado con esto y teniendo en cuenta que el efecto de la edad está tan bien establecido, algo particularmente interesante de nuestros resultados es que observamos que el MSFsc y el MSF casi no se retrasaron de 1^{ro} a 5^{to} año en los alumnos del turno mañana. Estos resultados, junto con los mostrados en el estudio previo transversal de nuestro grupo (Goldin et al., 2020), son los primeros reportes donde no se observa un retraso en el cronotipo con la edad durante la adolescencia. Esto podría deberse a que los adolescentes argentinos presentan cronotipos más tardíos que los de otras partes del mundo (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022) y, por lo tanto, el turno mañana podría ser una clave social mucho más restrictiva para estos estudiantes que para estudiantes de otros lugares del mundo, que podría limitar el retraso del cronotipo asociado con la edad. En el siguiente capítulo, justamente estudiaremos estos cambios a nivel individual para intentar comprenderlos en mayor profundidad. En cuanto a la falta de efecto del turno escolar sobre el puntaje MEQ, los resultados previos son menos consistentes, ya que algunos estudios muestran que estudiantes que asisten a horarios escolares más tardíos muestran preferencias diarias más nocturnas (Arrona-Palacios, 2017; Borlase et al., 2013; Milić et al., 2014) mientras que en otros no se observan diferencias en las preferencias entre diferentes horarios de inicio escolar (Dunster et al., 2018; Owens et al., 2017). Es posible entonces que las claves sociales modulen más fácilmente aquellos marcadores asociados al comportamiento (MSF y MSFsc) que los asociados a las preferencias diarias (puntaje MEQ). No obstante, más estudios son necesarios para poder sacar conclusiones al respecto.

Por otro lado, la existencia de la correlación entre el puntaje del MEQ y el MSFsc fue previamente reportada y los resultados fueron similares a los obtenidos en esta tesis tanto en adultos como en adolescentes (Cheung et al., 2022; Fárová et al., 2020; Kitamura et al., 2014; Suh et al., 2018; Zavada et al., 2005). La correlación tiende a presentar una fuerza moderada ya que los

coeficientes de Pearson reportados suelen estar cerca de 0.5. Si bien ambos *proxies* se obtienen en condiciones de “vida real”, la correlación moderada puede explicarse si tenemos en cuenta que evalúan aspectos diferentes de cómo se expresa el tiempo interno, esto es las preferencias o el comportamiento basado en hábitos de sueño. Si bien es esperable que el comportamiento en días libres sea cercano a las preferencias diarias estos no tienen por qué coincidir perfectamente. Por ejemplo, las preferencias podrían estar afectadas por los prejuicios y preconceptos que los adolescentes tengan instaurados o que respondan basados en otros aspectos no relacionados con sus ritmos biológicos. Un caso de esto sería que respondan que prefieren estudiar temprano por la mañana porque quieren tener la tarde libre para hacer otras actividades o descansar. Alternativamente, una persona con preferencias nocturnas podría tener un cronotipo basado en hábitos de sueño más matutino debido a sus condiciones de vida en ese momento (ejemplo: turno mañana y/o exposición a la luz temprano a la mañana). Por este motivo y porque en esta tesis estamos más interesados en evaluar el comportamiento que las preferencias decidimos no utilizar los resultados del puntaje MEQ en el resto de la tesis.

En cuanto al MSFsc y el MSF, era esperable que correlacionen fuertemente, ya que el primero surge de una corrección hecha al segundo (Roenneberg et al., 2003; Roenneberg, Pilz, et al., 2019). Es interesante notar que, tanto en nuestros resultados como en la literatura, justamente por la naturaleza de esta corrección los valores medios de MSFsc son “más matutinos” que los MSF. Esto ocurre porque la corrección asume que los estudiantes no se acuestan más temprano, pero si se despiertan más tarde en días libres para recuperar horas de sueño. De esto se desprende que, el verdadero punto medio de sueño, si no existiese la privación de sueño, se daría más temprano durante la noche que el punto medio observable. Por ende, busca acercar el *proxy* a la verdadera fase del reloj interno y, desde que fue propuesta dicha corrección, el MSFsc es más ampliamente utilizado que el MSF para evaluar el cronotipo (Roenneberg et al., 2003; Roenneberg, Pilz, et al., 2019). Por estos dos motivos y porque ambos *proxies* correlacionan fuertemente entre sí, en esta tesis, decidimos continuar utilizando principalmente MSFsc como indicador del cronotipo de los estudiantes.

Como se introdujo y se presentó previamente, el cronotipo no solo depende del horario escolar sino también de edad y de la interacción entre ambos factores: el punto medio del sueño en días libres (MSFsc) es más tardío en los adolescentes de más edad y en los horarios escolares más tardíos, con mayores diferencias entre los horarios escolares para los adolescentes de más edad. En cuanto al efecto del turno, observamos que los cronotipos de los estudiantes estaban parcialmente alineados con su horario escolar, ya que los estudiantes del turno mañana

presentan cronotipos más matutinos que los otros dos turnos escolares. Es importante destacar que los alumnos fueron asignados al azar a uno de los tres turnos escolares al comienzo de la escuela secundaria y, por lo tanto, el efecto observado no debería estar sesgado por las preferencias de los adolescentes. Además, si bien la magnitud del efecto del turno sobre el cronotipo es alta (la diferencia entre turno mañana y turno noche es de 47min o 104min, dependiendo el año escolar), este mecanismo compensatorio no es suficiente para que los estudiantes del turno mañana se alineen completamente con su horario de inicio escolar y, consistentemente, no sufran SJL y duerman lo suficiente en días hábiles. En particular, basándonos en el hecho de que los estudiantes del turno mañana presentan niveles más elevados de SJL y una SDw más corta que los del turno tarde y noche, concluimos que la modulación del cronotipo es parcial y no total. En particular, nuestros resultados (Figura 2.21) son consistentes con lo propuesto en el escenario C de la Figura 2.1. Al comparar el estudio previo de nuestro grupo (Goldin et al., 2020) y lo observado en los resultados presentados en esta tesis, la mayoría de los resultados fueron coherentes. Esto refuerza nuestra conclusión de que el horario escolar, como una clave social en forma directa o indirecta, modula parcialmente el tiempo interno de los adolescentes.

Como se explicó previamente, el SJL, la duración y los horarios de sueño también son modulados por el turno y/o la edad. En el caso del SJL, en esta tesis observamos un claro efecto del turno escolar, pero no de la edad. Esto difiere de lo descrito en la literatura donde se observa que los niveles de SJL aumentan a lo largo de la adolescencia (Goldin et al., 2020; Roenneberg et al., 2012). La diferencia entre la literatura previa y los resultados presentados en este capítulo pueden deberse a que, en el caso del turno mañana, el cronotipo de los estudiantes no cambia de 1^{er} a 5^{to} año y tampoco lo hace el horario escolar, por lo tanto, no habría motivos para que el SJL aumente. En cambio, en los turnos tarde y noche, dicha diferencia podría explicarse porque los estudiantes tienen más flexibilidad para ajustar sus horarios de dormir en días hábiles ya que sus clases comienzan más tarde que en otros países. Por lo tanto, si su cronotipo se retrasa con la edad probablemente retrasen sus horarios de dormir tanto en días libres como en días hábiles y, consistentemente, se retrasarían su MSF y su MSW (del inglés *midpoint of Sleep on weekdays*, es decir punto medio de sueño en días hábiles). Como el SJL es la diferencia entre el MSF y el MSW, si ambos se retrasan entonces el SJL no se verá tan afectado. Sin embargo, esto último no coincide con lo observado en el estudio previo de nuestro grupo, donde, en el turno tarde y noche, los niveles de SJL aumentaron con la edad (Goldin et al., 2020). Las diferencias observadas con el estudio previo podrían deberse principalmente a dos motivos: 1- en el estudio

previo los adolescentes de 5^º año presentaron cronotipos más tardíos que los estudiantes que participaron en este estudio (26min y 32min más tardíos en turno tarde y noche, respectivamente); 2- el estudio previo es transversal y, por lo tanto, podrían existir diferencias no conocidas entre los estudiantes de 1^{er} y 5^º año, ya que son individuos diferentes. Por otro lado, en los resultados presentados en esta tesis, no solo el turno mañana difirió de los otros dos turnos, sino que los estudiantes del turno tarde presentaron mayores niveles de SJL que los del turno noche, aunque sus cronotipos no difieren significativamente. Esto parece implicar que, a diferencia de lo que ocurre en poblaciones donde los cronotipos son más matutinos (Carvalho-Mendes et al., 2020), en la población bajo estudio, inclusive el turno tarde no comienza lo suficientemente tarde como para evitar consecuencias negativas para los estudiantes (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Finalmente, la mayoría de los estudios realizados en otros países no incluyen datos del turno noche, por lo que no queda claro que ocurriría con los niveles de SJL si los estudiantes fuesen más matutinos pero asistiesen al colegio en el turno vespertino.

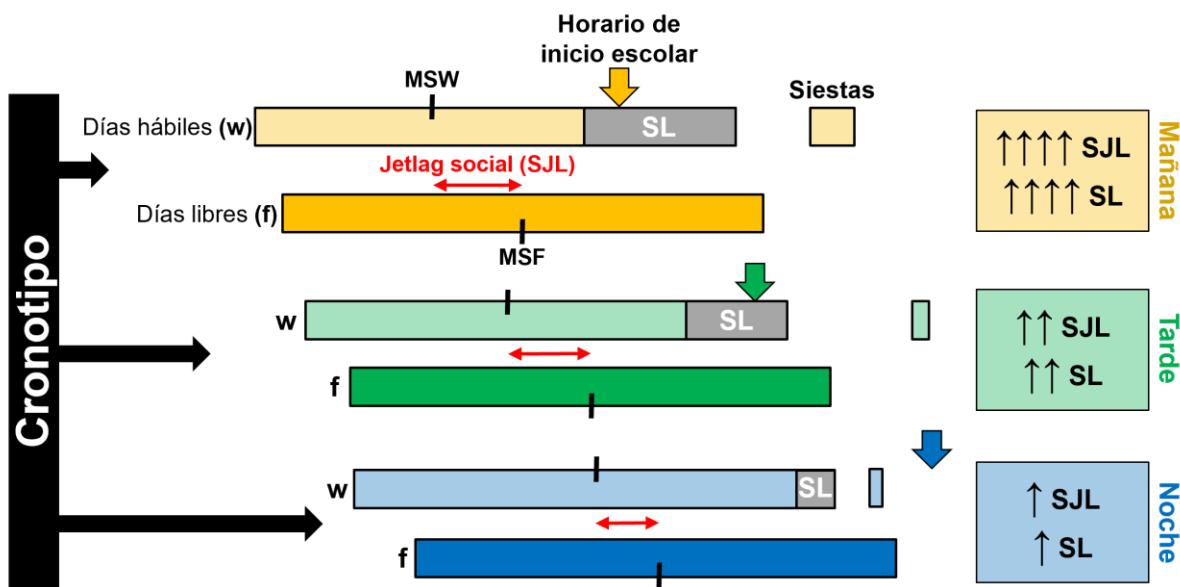


Figura 2.21 Resumen del efecto del turno escolar sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes argentinos. Si bien el cronotipo difiere entre turnos esto no es suficiente para que los estudiantes del turno mañana duerman la misma cantidad de horas y presenten los mismos niveles de SJL que sus compañeros de turnos más tardíos. Inclusive, aunque los estudiantes del turno mañana duermen más horas de siesta que los de los otros turnos no alcanzan las 8h de sueño diarias recomendadas. Todo esto indica que el turno escolar modula de forma parcial y no completa al cronotipo. Las barras de color representan el horario y duración de sueño de los estudiantes de diferentes turnos escolares. SL= deuda de sueño (“sleep loss”). SJL = jetlag social. MSF = Punto medio de sueño en días libres. MSW = Punto medio de sueño en días hábiles.

La duración de sueño en días hábiles está modulada por la edad y el turno, con SDw más cortas en 5^{to} año -en todos los turnos- y en el turno mañana en comparación al turno tarde y noche. Si bien estos resultados son consistentes con la literatura, la SDw de los adolescentes del turno mañana es de las duraciones de sueño más cortas que han sido reportadas previamente en la bibliografía (Carvalho-Mendes et al., 2020; Dunster et al., 2018; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Solo se han observado niveles similares de privación de sueño en Uruguay y algunos países asiáticos como Japón y Corea (Estevan et al., 2020; Koo et al., 2021; Tagaya et al., 2004). A pesar de esto, la duración de sueño en días libres es similar a la observada en otros países (N. Y. Chan et al., 2017; Das-Friebel et al., 2020; Owens et al., 2010; Wolfson et al., 2007) y, por ende, los niveles de privación de sueño también son mayores que los reportados en otros lugares del mundo. Una posibilidad es que una parte de esta privación de sueño sea compensada por siestas durante el día y de hecho eso fue lo que observamos, ya que una gran proporción de estudiantes del turno mañana duerme siesta, especialmente en 5^{to} año. A pesar de esto, ni siquiera considerando las siestas, los estudiantes del turno mañana alcanzan las 8h de sueño diarias recomendadas (Hirshkowitz et al., 2015; Paruthi et al., 2016; Watson Nathaniel F. et al., 2021). Lamentablemente, es difícil saber qué ocurre en otros países y culturas con la siesta ya que los estudios en el tema no suelen considerarlas o reportarlas.

Complementariamente, estudiamos también el efecto del turno escolar sobre la calidad del sueño en días hábiles y libres. En primer lugar, demostramos que la calidad del sueño es mayor en los días libres que en los días hábiles, independientemente del horario escolar. Basándonos en la literatura, este resultado era esperado para los estudiantes que asisten por la mañana debido a la restricción que supone un horario escolar que comienza muy temprano a la mañana para el cronotipo tardío de los adolescentes (Goldin et al., 2020; Owens et al., 2010; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Aun así, teniendo en cuenta que la escuela puede generar cierto estrés en los estudiantes (Kouzma & Kennedy, 2004), no es sorprendente que esta diferencia se observe también en los estudiantes que asisten por la tarde y por la noche. En segundo lugar, tal y como planteamos en nuestras hipótesis, no encontramos diferencias en la calidad del sueño entre los distintos horarios escolares en los días libres. Aunque la relación entre la calidad del sueño en los días libres y el horario escolar no se ha estudiado ampliamente, los resultados obtenidos eran esperables teniendo en cuenta que los estudiantes pueden elegir su horario de sueño más libremente en los días libres. Por último, los estudiantes que asisten por la mañana reportan una calidad de sueño peor en días hábiles que el resto de los estudiantes. Mientras que

algunos estudios informan resultados similares, donde una peor calidad de sueño con un horario escolar más tempranero (Thacher & Onyper, 2016; Zhou et al., 2012), otros no encontraron relación entre esas dos variables (Vollmer et al., 2017). La principal diferencia entre esos estudios y el nuestro es que los horarios comparados están más próximos entre sí y ocurren durante la mañana, lo que podría hacer que el efecto fuera demasiado pequeño para alcanzar niveles significativos. Por otro lado, aunque la calidad de sueño se evalúa de forma heterogénea en la literatura (por ejemplo, actigrafía (Tonetti et al., 2015), cuestionarios estandarizados (Carpenter & Andrykowski, 1998; Zhou et al., 2012) y satisfacción con el sueño (Owens et al., 2017)), nuestro enfoque (una pregunta con una escala Likert del 1 al 10) no ha sido utilizado previamente. Por último, los problemas de calidad de sueño están ampliamente extendidos en la población adolescente (Chung & Cheung, 2008; Vignau et al., 1997) y tienen un fuerte impacto negativo en su bienestar (Pilcher et al., 1997), por lo que resulta muy relevante entender mejor qué factores modulan la calidad del sueño en esta franja etaria. Los resultados aquí presentados muestran que el turno escolar es uno de estos factores.

De acuerdo a lo que se mostró previamente, el choque entre los SST matutinos y los cronotipos tardíos de los adolescentes es una de las causas de los hábitos de sueño poco saludables durante esa etapa del desarrollo. No obstante, aunque quedó expuesto que tanto el cronotipo como variables asociadas al sueño son modulados por el turno y la edad, hasta el momento solo consideramos los valores medios de estas variables. Evaluar cómo el cronotipo se asocia con las variables asociadas al sueño en función del turno y la edad es otra forma de entender si el cronotipo y su interacción con el turno escolar es la causa de los altos niveles de SJL, la SDw corta y la baja calidad de sueño.

Nuestros resultados mostraron que cronotipos más tardíos están asociados a horarios de dormir y despertar también más tardíos, tanto en días hábiles como libres. Sin embargo, la pendiente de la relación entre el cronotipo y la hora de despertar en días hábiles es mucho menor en el turno mañana que en el turno tarde y noche (el rango de horarios de despertar observados también es considerablemente menor). Esto muestra claramente, por un lado, que el turno mañana es mucho más restrictivo que los otros dos turnos para los adolescentes. Por otro lado, las pendientes entre el cronotipo y los horarios de dormir son mayores en días libres que en hábiles, lo cual es consistente con el hecho de que en días libres los adolescentes pueden elegir más libremente sus horarios. Además, el MSFsc es un *proxy* de cronotipo calculado a partir de los horarios de dormir en días libres.

En relación a la asociación del cronotipo con el resto de las variables relacionadas con el sueño (SJL, SDw y SDf), existen reportes previos en la literatura donde los cronotipos más tardíos se han visto asociados a mayores niveles de SJL, SDw más cortas y SDf mayores (esto último se debe a que, como esas personas suelen estar privadas de sueño en días hábiles, recuperan horas de sueño en días libres) (Roenneberg et al., 2003; Wittmann et al., 2006). En nuestros resultados, observamos que el SJL correlaciona con el cronotipo en todos los turnos, pero esta correlación es más fuerte y tiene una pendiente mayor en el turno mañana que en los turnos tarde y noche. Si tenemos en cuenta que el SJL se calcula como la diferencia entre los horarios de dormir en días hábiles y libres (Wittmann et al., 2006), podemos ver que si la rutina de la semana es fija, por ende, quienes (debido a su cronotipo) tengan horarios de dormir más tardíos en días libres presentarán mayores niveles de SJL. Resulta consistente entonces que, en el turno mañana, donde los estudiantes deben despertarse muy temprano por la mañana, la relación entre SJL y MSFsc sea fuerte y por cada hora que el cronotipo es más tardío, el SJL aumente casi en la misma medida. En cambio, en los turnos tarde y noche, donde los estudiantes tienen más flexibilidad para elegir los horarios de dormir en la semana, esta relación es más débil y por cada hora que el cronotipo es más tardío, el SJL aumenta menos de 30min.

Los resultados observados para la asociación del cronotipo con SDw y SDf fueron diferentes a lo esperado. En particular, la SDw no se vio asociada al cronotipo en el turno mañana, es decir que el cronotipo de los estudiantes no se asocia con su SDw. Esto es contrario a lo esperado porque, aunque todos los estudiantes del turno mañana deberían despertarse en horarios similares y muy temprano a la mañana en los días hábiles para ir a la escuela, el horario de irse a dormir -tanto en días hábiles como libres- debería asociarse más al horario que les indique el reloj de cada individuo (Roenneberg et al., 2003, 2004). Esto implicaría que los estudiantes con cronotipos más tardíos se acostarían más tarde. De hecho, si bien efectivamente observamos que cronotipos más tardíos se acuestan más tarde en la semana, esta relación fue bastante débil y, como también se despiertan ligeramente más tarde, esta tendencia no se reflejó en la SDw. El hecho de que la relación entre el cronotipo y la hora de dormir en días hábiles sea débil, mientras que la misma asociación en días libres es fuerte, parece indicar que cuanto más tardío es el cronotipo de los estudiantes, más deben flexibilizar sus horarios de dormir en la semana para acostarse más temprano de lo que dicta su reloj interno. Si bien esto no coincide con la idea más ampliamente aceptada de que la hora de dormir debería depender en gran medida del cronotipo ya que la regulación del sueño depende del sistema circadiano, los resultados son consistentes con reportes que muestran que la hora de dormir se da siempre más temprano en días hábiles

que en días libres (Borlase et al., 2013; Brandalize et al., 2011; Das-Friebel et al., 2020; Meltzer et al., 2021; Owens et al., 2017; Wolfson et al., 2007). Sin embargo, teniendo en cuenta que los adolescentes argentinos presentan una privación crónica de sueño muy alta y considerando el modelo de los dos procesos de la regulación del sueño (A. Borbély, 2022; A. A. Borbély, 1982), es posible que el impacto del proceso homeostático (el que marca la “presión de sueño” asociada a la cantidad de horas que hace que no duerme la persona, independientemente del horario del día) sea consistentemente alto y, por ello, la presión de sueño se sobreponga al sistema circadiano durante los días hábiles. Por otro lado, nuestros resultados muestran que en el turno tarde y noche, un cronotipo más tardío se asocia a una mayor SDw. En este caso, es posible que, por ir al colegio hasta tarde, los estudiantes con cronotipos más matutinos se vayan a dormir más tarde de lo indicado por su reloj interno pero que éste les indique despertarse más temprano a la mañana siguiente que a sus pares más nocturnos. De esta manera, quienes presenten cronotipos más matutinos mostrarían una SDw más corta que los estudiantes con cronotipos más tardíos, quienes pueden dormir hasta más tarde.

Normalmente, los adolescentes con cronotipos más tardíos presentan SDf más largas, ya que necesitan recuperar horas de sueño porque tienden a dormir menos en días hábiles que los que tienen cronotipos más matutinos (Roenneberg et al., 2003). Sin embargo, nuestros resultados muestran que cronotipos más tardíos están asociados a SDf más cortas. Esto puede deberse a la falta de asociación entre SDw y MSFsc en el turno mañana y a que, en los otros turnos, cronotipos más tardíos duermen más en días hábiles, esto quiere decir que estudiantes con cronotipos más nocturnos duermen igual o más que los matutinos (dependiendo del turno) durante la semana. Por ende, los cronotipos más nocturnos no necesitarían recuperar más horas de sueño que los cronotipos más matutinos, aunque es importante mencionar que al menos en el turno mañana todos están privados de sueño. En conjunto, los resultados obtenidos para la asociación entre el cronotipo y la duración de sueño son diferentes a lo reportado en la literatura y se desvían de las hipótesis planteadas. Sin embargo, pueden explicarse debido a que los estudiantes argentinos presentan cronotipos extremadamente tardíos y niveles de privación de sueño muy elevados.

En cuanto a la asociación entre la calidad de sueño y el cronotipo, estudios previos reportaron esta relación en estudiantes universitarios (Vitale et al., 2015) y de secundaria (Vollmer et al., 2017). Sin embargo, poco o nada se sabe sobre cómo este vínculo es modulado por el horario escolar. Aquí, mostramos que el turno al que asisten los adolescentes modula la relación entre el cronotipo y la calidad del sueño en los días hábiles de los adolescentes. En particular, nuestros

resultados indican que, en el caso de los horarios escolares de mañana y tarde, un cronotipo más tardío se asocia con una peor calidad del sueño en días hábiles. En el caso de los alumnos del turno noche, no encontramos ninguna asociación entre estas variables. En línea con lo que observamos para el SJL, estos hallazgos sugieren que no sólo los horarios escolares matutinos sino también el turno tarde puede ser desafiante para los estudiantes argentinos de último año de secundaria, especialmente para aquellos con un cronotipo más tardío.

Los resultados presentados hasta aquí en esta tesis nos permiten concluir que el turno escolar modula solo parcialmente el cronotipo de los adolescentes (alineándose este al horario escolar). Además, nuestros resultados replicaron en gran medida los resultados previos de nuestro grupo permitiendo reforzar y complementar las conclusiones obtenidas. Al mismo tiempo, estos resultados también mostraron que los estudiantes del turno mañana presentan hábitos de sueño poco saludables y que los adolescentes argentinos son más vulnerables que los de otros países debido a sus cronotipos extremadamente nocturnos. Interesantemente, no solo el turno mañana se asocia a consecuencias negativas, sino que también algunas de ellas se dan en el turno tarde. Esto es especialmente relevante en poblaciones que presentan cronotipos particularmente tardíos, como los adolescentes de Argentina, Uruguay y España (Estevan et al., 2020; Randler, 2008b). Esto último, subraya la importancia de realizar estudios locales para comprender mejor cómo el horario escolar puede afectar la vida de los estudiantes locales, así como también, de trabajar al unísono con autoridades escolares y los responsables de las políticas educativas para generar medidas efectivas para evitar hábitos de sueño poco saludables y sus consecuencias en la salud y el bienestar de los adolescentes.

2.4. Procedimientos

2.4.1. Participantes

Este trabajo es de carácter longitudinal ya que se buscó evaluar a los mismos estudiantes en su primer y último año de secundaria. Se tomaron datos a principios de junio de 2015 y julio de 2019 en una escuela secundaria de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina (34° 60' S, 58° 38' O). Por lo tanto, los datos se recolectaron luego de tres/cuatro meses de comenzadas las clases. Se invitó a participar en el estudio a todos los estudiantes que asistieron a la escuela el día correspondiente a la recolección de datos y que estuvieran en 1^{er} año en 2015 y en 5^{to} año en 2019. El porcentaje de asistencia fue superior al 75% en cada horario y año escolar (2015: mañana, 97,50%; tarde, 90,24%; noche, 87,01%. 2019: mañana, 75,35%; tarde, 79,11%; noche, 91,23%) y ningún alumno se negó a participar. Los estudiantes que participaron fueron 436 y 352 en 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente. En aquellos análisis que incluyen resultados sólo se incluyeron aquellos estudiantes que participaron en el estudio en ambos años, que mantuvieron su horario

escolar original y con datos completos en ambos años (n=259). Dicha muestra de estudiantes está equilibrada en género (50,97% mujeres) y es homogénea en edad (1er año: media (M)=13,49 años, desvío estándar (SD)=0,33; 5^{to} año: M=17,58 años, SD=0,33).

El análisis de calidad de sueño incluyó únicamente a los estudiantes de 5^{to} año que presentaron suficiente información para ser incluidos (n=349 alumnos). La edad media de los mismos era 17,59 años (SD=0,37) y 123 alumnos asistían al turno mañana, 124 al turno tarde y 102 al turno noche. El criterio de exclusión fue la información incompleta sobre la calidad del sueño, el cronotipo o el turno escolar. La distribución por género autopercibido fue 49,0% mujeres, 48,2% varones y 2,8% otros.

2.4.2. Aspectos éticos

Todos los procedimientos incluidos en este trabajo de tesis se llevaron a cabo de acuerdo con las directrices y normativas pertinentes, incluidas las recomendaciones éticas para la investigación cronobiológica humana (Portaluppi et al., 2010) y las normativas nacionales argentinas. El estudio no fue invasivo de la integridad de los participantes y los datos (cuestionarios) se recogieron durante el horario escolar habitual. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética institucional de la Universidad Nacional de Quilmes (Veredicto #4/2017) y por la autoridad máxima de la Institución educativa de nivel secundario de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Escuela Superior de Comercio Carlos Pellegrini), quien firmó un acuerdo con el equipo de investigación dando su consentimiento informado. Los alumnos dieron su consentimiento informado de forma oral para participar.

2.4.3. Protocolo

Un aspecto crucial de nuestro trabajo es que el turno escolar (mañana, 07:45-12:05; tarde, 12:40-17:00; noche, 17:20-21:40) de cada estudiante se asigna al azar por medio de un sorteo antes de comenzar su primer año. Además, los estudiantes mantienen el mismo turno escolar durante toda la secundaria. Este sistema presenta algunas pocas excepciones. Si un estudiante tiene un hermano/a que ya asistía a la misma secundaria puede elegir asistir al mismo turno que este, pero en su momento su hermano/a fue asignado al azar a su propio turno. Por otro lado, hay un número reducido de estudiantes que cambian de turno por motivos personales, dichos estudiantes no fueron incluidos en el análisis longitudinal.

En junio de 2015 los estudiantes de 1^{er} año completaron un cuestionario que incluía información demográfica (fecha de nacimiento y género autodefinido), una versión en español del MCTQ (Roenneberg et al., 2003) y del MEQ (Horne & Östberg, 1976). El MCTQ incluye preguntas sobre hábitos de sueño en días hábiles y libres mientras que el MEQ incluye preguntas respecto a las preferencias diarias (Apéndice B). La recolección de datos se realizó durante el horario escolar habitual de los alumnos (mañana, tarde y noche) y ni la recolección ni el análisis de los datos se realizaron a ciegas respecto a qué grupo de edad y turno. Luego, en julio de 2019, los estudiantes fueron invitados a completar el cuestionario por segunda vez. Si bien se procedió de manera similar tanto en junio de 2015 (durante su primer año escolar) como en julio de 2019 (durante su último año escolar), el cuestionario utilizado presentó algunas modificaciones menores. Por

ejemplo, además de las preguntas ya mencionadas incluía preguntas acerca de actividades extracurriculares. También se modificó la pregunta sobre calidad de sueño, ya que durante la toma de datos de 2015 las investigadoras notaron que los estudiantes no comprendían qué era lo que se les estaba preguntando. Esta dificultad no surgió en 2019 con la nueva versión de la pregunta (Apéndice C). Lo anterior explica por qué se incluyen resultados sobre calidad de sueño solo de los estudiantes de 5^{to} año y por qué no se pudo estudiar el efecto de la edad en la calidad de sueño.

2.4.4. Variables evaluadas

A partir de las respuestas del MCTQ (Roenneberg et al., 2003) se obtuvieron los horarios de despertar en días hábiles y libres ($Soff_w$ y $Soff_f$, respectivamente) de cada estudiante en 1^{er} y 5^{to} año. Se calcularon los horarios de dormir en días hábiles y libres (Son_w y Son_f , respectivamente) a partir del horario de acostarse y de cuántos minutos tarda cada estudiante en quedarse dormido. Utilizando estos horarios se calculó la duración de sueño en días hábiles y libres (SDw y SDf , respectivamente) como la cantidad de horas que hay entre el horario de dormir y despertar en cada tipo de día. A partir de todos estos valores se calculó el punto medio de sueño en días hábiles y libres (MSW y MSF , respectivamente), el MSF corregido por deuda de sueño ($MSFsc$) y el jetlag social (SJL) de la siguiente forma:

$$MSW = Son_w + (SDw/2)$$

$$MSF = Son_f + (SDf/2)$$

$$S JL = MSF - MSW$$

$$MSFsc = MSF - 0,5 * (SDf - SD_{promedio})$$

$SD_{promedio}$ es la duración de sueño promedio por día teniendo en cuenta la duración de sueño en días de semana y días libres. Se asume que la semana de los estudiantes tiene 5 días hábiles y 2 días libres, por lo que $SD_{promedio}$ se calcula a de la siguiente manera:

$$SD_{promedio} = (5 * SDw + 2 * SDf) / 7$$

Es importante tener en cuenta que $MSFsc$ es un horario local y es un *proxy* de crontípico, donde horarios más tempranos (es decir, valores bajos) indican crontípicos matutinos y horarios tardíos (es decir, valores altos) indican crontípicos nocturnos (Roenneberg et al., 2003).

El cuestionario utilizado también incluyó preguntas acerca de si se duerme o no siesta en días hábiles y libres y acerca de su duración en caso de que efectivamente se duerma siesta. Las categorías de duración eran: "5 a 30 min", "31 a 59 min", "1 a 2 hs" y "Más de 2 hs". Utilizando esta información se calculó la duración total de sueño. Para ello se asumió que si los estudiantes respondían que dormían siestas entonces lo hacían todos los días (ya sea en hábiles o libres, dependiendo del caso) y que la duración de las mismas era el valor medio de la categoría elegida (por ejemplo, si se elige la categoría "1 a 2 hs" entonces se asume que la siesta duraba 1.5 horas). Por lo tanto, la duración de sueño total, tanto en días hábiles y libres ($tSDw$ y $tSDf$,

respectivamente), se calculó como la suma entre la duración de sueño durante la noche y la duración promedio reportada para las siestas.

La calidad de sueño subjetiva se obtuvo solo para los estudiantes de 5^{to} año. La respuesta a esta pregunta es de tipo categórica ordinal tomando valores del 1 al 10.

El MEQ es un cuestionario sobre preferencias diarias de 19 preguntas a partir de las cuales se calcula un puntaje que puede tomar valores entre 16 y 86 (Horne & Östberg, 1976). Valores más bajos indican cronotipos más nocturnos y valores más altos cronotipos más matutinos. Se calculó este puntaje para todos aquellos estudiantes que respondieron el MEQ de manera completa.

2.4.5. Análisis estadísticos

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando R (v.4.0.2; R Core Team, 2020).

2.4.5.1. Efecto del turno escolar y la edad en el cronotipo y variables asociadas al sueño

Se realizaron modelos lineales mixtos para determinar si el turno escolar (como factor: mañana, tarde o noche) y la edad (como factor: 1^{er} o 5^{to} año) se asocian con diferentes proxies de cronotipo (MSF, MSFsc y MEQ) y con el SJL. En el caso de la duración del sueño y los horarios de dormir y despertar, los modelos lineales mixtos incluyeron el tipo de día de la semana (como factor: días hábiles o libres), el turno escolar (como factor: mañana, tarde o noche) y la edad (como factor: 1^{er} o 5^{to} año). El mismo análisis se realizó para la duración total del sueño (sueño nocturno + siestas). El ID de los estudiantes se incluyó como efecto aleatorio en todos los modelos. Los P valores se calcularon utilizando el paquete lmerTest (Kuznetsova et al., 2017).

La normalidad de los residuos de los modelos se comprobó mediante pruebas de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizaron pruebas de tipo t de Student para realizar comparaciones post-hoc por pares para variables categóricas. Se utilizó un nivel alfa de 0.05 para todas las pruebas estadísticas. En caso de corresponder, se utilizó la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples (P corregida < 0.05). Los tamaños del efecto η^2 parciales se calcularon utilizando el paquete sjstats versión 0.18.0.

Para evaluar el efecto de la edad sobre las siestas comparamos la proporción de estudiantes que dormían siestas en cada turno utilizando la prueba exacta de Fisher (“*Fisher's exact test*”), que permite comparar tablas de contingencia. Para estudiar el efecto del turno hicimos lo mismo en cada año escolar. Por último, para estudiar si la duración de las siestas variaba entre turnos y edades consideramos únicamente a aquellos estudiantes que respondieron que dormían la siesta. Luego, utilizando la misma prueba, comparamos si la proporción de estudiantes que dormía 30 minutos o menos difería entre grupos.

2.4.5.2. Asociación entre cronotipo y variables asociadas al sueño según turno y año escolar

Se realizaron modelos lineales mixtos para determinar si el cronotipo (MSFsc) interactuando con el turno escolar (como factor: mañana, tarde o noche) y la edad (como factor: 1^{er} o 5^{to} año) sobre el SJL, SDw, SDf, Son_w, Son_f, Soff_w y Soff_f. El modelo contiene al MSFsc, a su interacción con el turno escolar y con la edad y la interacción triple entre estas variables como predictores. El ID de los estudiantes se incluyó como efecto aleatorio en todos los modelos. Los P valores se calcularon utilizando el paquete ImerTest (Kuznetsova et al., 2017). Además, para calcular cuánto de la variabilidad observada en cada variable asociada al sueño en cada turno y año escolar es explicada por el MSFsc calculamos el R² de la correlación entre MSFsc y cada variable.

2.4.5.3. Efecto del turno escolar y el cronotipo en la calidad de sueño

El análisis se dividió en dos etapas diferentes. En primer lugar, para estudiar si el horario escolar, el tipo de día (como factor: días hábiles o libres) y su interacción afectan a la calidad del sueño, realizamos un ANOVA no paramétrico (*Aligned Rank Transformation ANOVA*) (Wobbrock et al., 2011). A continuación, realizamos comparaciones individuales entre grupos utilizando el *test* de Mann-Whitney U también conocido como *Wilcoxon Rank Sum Test* sobre los datos originales, corrigiendo por la cantidad de comparaciones (método de bonferroni) tal y como describen Wobbrock et al. (Wobbrock et al., 2011). Para cada comparación, el tamaño del efecto se calculó como Z/\sqrt{N} , donde Z es el valor del z-test y N es la suma del tamaño de la muestra de los grupos comparados.

En segundo lugar, para evaluar el efecto del cronotipo y del horario escolar sobre la calidad del sueño en días laborables, ajustamos un modelo de regresión ordinal con la calidad del sueño como variable dependiente y el MSFsc, el horario escolar y su interacción predictores. A continuación, calculamos los chances (*odd ratio*) de experimentar una peor calidad de sueño en días hábiles asociados a MSFsc (OR_{MSFsc}) para cada horario escolar. El OR_{MSFsc} es el cociente entre la probabilidad (*odds*) de un alumno con un valor específico de MSFsc (por ejemplo, 07:00) y la probabilidad de otro alumno con un MSFsc 1h más temprano (por ejemplo, 07:00-1h=06:00) de presentar una calidad del sueño 1 punto inferior (es decir, $OR_{MSFsc} = odds_{MSFsc+1}/odds_{MSFsc}$). Es decir, si el OR es mayor que 1, el estudiante con un cronotipo 1h más tardío presentaría mayores probabilidades de experimentar una menor calidad del sueño en días hábiles.

3. El cambio en el cronotipo asociado a la edad depende del cronotipo basal y el turno escolar³

3.1. Introducción

3.1.1. Inestabilidad del cronotipo a lo largo de la adolescencia

El cronotipo se vuelve progresivamente más nocturno en promedio durante la adolescencia (Goldin et al., 2020; Roenneberg et al., 2010). Sin embargo, estudios recientes encontraron una estabilidad de baja a moderada en el cronotipo a lo largo de la adolescencia a nivel individual (Bai et al., 2021; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018), es decir en el cambio en el cronotipo de cada individuo desde un punto de la adolescencia a otro (Δ Cronotipo). Este resultado significa que, aunque la media poblacional del cronotipo se retrase, el Δ Cronotipo no es necesariamente el mismo para todos los adolescentes y las trayectorias pueden no ser iguales (específicamente, no necesariamente todos los adolescentes retrasan progresivamente su cronotipo). Los factores que explican esta variabilidad en el Δ Cronotipo se desconocen.

En esta tesis nos propusimos estudiar algunos de estos posibles factores, ya que debido al carácter longitudinal de los datos con los que estamos trabajando es posible calcular el cambio que cada adolescente experimenta en su cronotipo desde el comienzo hasta el final de la secundaria (Δ Cronotipo = $MSFsc_{5^{\text{to}}}$ - $MSFsc_{1^{\text{ro}}}$, es decir, la variación en el cronotipo que se produce de 1^{ro} a 5^{to} año). Nuestra hipótesis es que este cambio no sólo está modulado por el horario escolar -como mostramos previamente-, sino que también está asociado a el cronotipo basal (es decir, el cronotipo de cada alumno en 1^{er} año). La relación entre estos dos predictores conduce a cuatro escenarios posibles y alternativos, en los que la magnitud y/o la dirección del Δ Cronotipo está asociada con el turno escolar y/o con el cronotipo basal de cada adolescente (Figura 3.1). El primer escenario sería que solo el turno escolar es capaz de modular al Δ Cronotipo. En este caso, si bien el Δ Cronotipo cambiaría con el turno, la pendiente de la asociación entre el Δ Cronotipo y el cronotipo basal serían igual a cero en todos los turnos (Figura 3.1a). En el segundo escenario, el Δ Cronotipo dependería únicamente del cronotipo basal y, por lo tanto, la pendiente de la asociación entre estas dos variables sería diferente a cero, sin diferencias en la ordenada al origen ni en la pendiente entre turnos escolares (Figura 3.1b). En

³ Los resultados de este capítulo fueron publicados en Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., Sigman, M., & Leone, M. J. (2022). Chronotype at the beginning of secondary school and school timing are both associated with chronotype development during adolescence. *Scientific Reports*, 12(1), 8207.

el tercer escenario, el Δ Cronotipo dependería de ambas variables de manera aditiva (sin interacción). Por lo tanto, la pendiente de la asociación entre el Δ Cronotipo y el cronotipo basal sería cero, pero la ordenada al origen cambiaría con el turno escolar (ya que el Δ Cronotipo medio cambia con el turno) (Figura 3.1c). En el cuarto y último escenario, el Δ Cronotipo dependería de la interacción del turno escolar con el cronotipo basal. En este caso, no solo las ordenadas al origen sino también las pendientes de la asociación entre el Δ Cronotipo y el cronotipo basal serían diferentes entre turnos escolares.

Estos escenarios alternativos implican la existencia de límites al retraso del cronotipo que se da en la adolescencia (Bai et al., 2021; Crowley et al., 2007; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004) (asumiendo claves ambientales similares entre los grupos que se están comparando, por ejemplo, el ciclo luz-oscuridad). Estos límites podrían estar dados, por un lado, por los cambios en el cronotipo asociados a la pubertad (Carskadon et al., 1993; Hagenauer et al., 2011). En particular, se observó que cuanto más avanzados se encuentran los/as adolescentes en la pubertad, más tarde es su cronotipo, lo cual sugiere que hacia el final de la adolescencia se podría estar alcanzando el límite superior de los cronotipos posibles (Roenneberg et al., 2004). Por otro lado, los límites al rango de posibles cronotipos podrían estar dados por los límites impuestos por el mecanismo intrínseco del reloj circadiano (Reinberg & Ashkenazi, 2008; Roenneberg et al., 2010; Sack et al., 1992; Skeldon et al., 2017), dado que, si bien el sistema circadiano es flexible, esta flexibilidad no es absoluta. Esto se evidencia en el hecho de que a pesar de que existe un rango amplio de cronotipos los humanos seguimos siendo mayormente una especie diurna. Es decir que, bajo un determinado ciclo de luz-oscuridad, el rango de comportamientos observables (por ejemplo, horarios de dormir) no cubrirá las 24hs del día. En otras palabras, los individuos no se adaptarán al entorno fuera de estos límites teóricos (superior e inferior) del cronotipo: su fisiología y comportamiento no mostrará patrones estables y no presentarán ritmos de 24hs, o bien estos no serán coherentes entre sí.

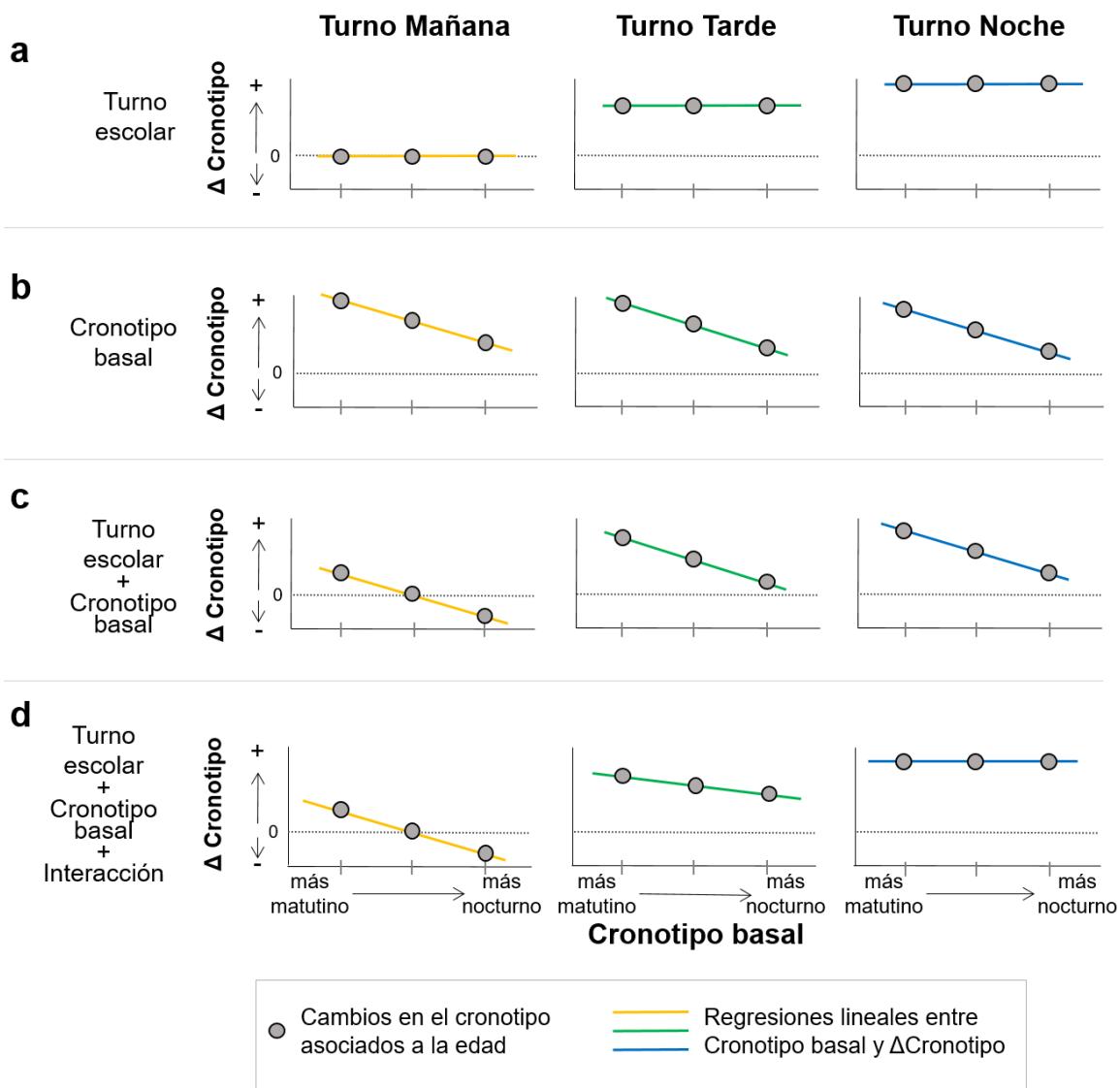


Figura 3.1. Cuatro escenarios teóricos de la asociación del turno escolar y el cronotipo basal (en 1^{er} año de secundaria) con el Δ Cronotipo ($MSFsc_{5^{\text{to}}} - MSFsc_{1^{\text{ro}}}$). Los esquemas de cada escenario representan el cambio esperado en el cronotipo asociado al desarrollo (es decir, Δ Cronotipo) en función del cronotipo basal (es decir, $MSFsc$ de 1^{er} año) para cada turno escolar. **a.** El Δ Cronotipo sólo se asocia al horario escolar. **b.** El Δ Cronotipo sólo se asocia al cronotipo basal. **c.** El cronotipo basal y el horario escolar se asocian de forma aditiva para explicar el Δ Cronotipo. **d.** El cronotipo basal y el horario escolar interactúan para explicar el Δ Cronotipo. Un valor cero en el eje vertical indica que no ha habido cambios en el cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año. Los valores positivos o negativos indican que el cronotipo se retrasa o adelanta, respectivamente, en 5^{to} en comparación con 1^{er} año. Cada línea de color representa la relación lineal entre el Δ Cronotipo y cronotipo basal para cada turno escolar. Los puntos grises representan el Δ Cronotipo para tres cronotipos basales representativos (matutino, intermedio y tardío).

Si bien el valor exacto del límite superior se desconoce y podría depender de distintos factores ambientales y sociales (por ejemplo, la exposición a la luz, la longitud o latitud geográfica, la cultura, etc.), es importante destacar que el cronotipo no puede tomar cualquier valor dentro de las 24 horas, sino que tendrá límites asociados a la existencia de sincronización con el entorno específico. Más allá de esto, dependiendo del valor límite, la magnitud y/o la dirección del cambio del cronotipo con la edad de los adolescentes se verá (o no) afectada. Por ejemplo, un límite superior extremadamente tardío no tendrá ningún efecto sobre el cronotipo de los adolescentes (porque los adolescentes no alcanzarán ese límite superior, ni siquiera al final de la escuela secundaria). Los cuatro escenarios alternativos surgen cuando se consideran los límites superiores anteriormente mencionados, aunque estos límites no pueden ser evaluados de forma directa podemos estudiar cuál de los escenarios es el más plausible. Para ello, incluimos el horario escolar y el cronotipo basal como variables independientes en un modelo lineal que predice la magnitud y/o la dirección de los cambios del cronotipo durante la adolescencia. Por lo tanto, los mecanismos que llevan a cada uno de los cuatro escenarios previamente planteados podrían explicarse de la siguiente manera (Figura 3.2):

- a. El horario escolar afecta a la magnitud (pero no a la dirección) del Δ Cronotipo independientemente del cronotipo basal de cada alumno (Figura 3.1a). Cuanto más temprano sean los horarios escolares más presión ejercerán sobre el cronotipo de los adolescentes y, por lo tanto, en el retraso asociado a la edad del mismo. Así, la magnitud del Δ Cronotipo será menor en los alumnos que asisten al turno mañana que en los alumnos de los otros horarios escolares. Nótese que en este escenario el cambio esperado asociado a la edad no supera el límite superior teóricamente posible del cronotipo (Figura 3.2a).
- b. Sólo el cronotipo basal, y no el horario escolar, está relacionado con la magnitud (pero no con la dirección) del Δ Cronotipo (Figura 3.1b). Los alumnos con cronotipos basales más tardíos alcanzarán el límite superior del rango de cronotipos posibles antes que sus compañeros con cronotipos basales más matutinos. En consecuencia, independientemente del turno escolar, la magnitud del Δ Cronotipo será menor en los alumnos con cronotipos basales más tardíos. Además, a medida que los alumnos se hagan mayores, los cronotipos se retrasarán en todos los turnos escolares. Nótese que en este escenario el límite superior teórico tiene que ser más bajo que en el escenario a, afectando al Δ Cronotipo de los alumnos (Figura 3.2b).

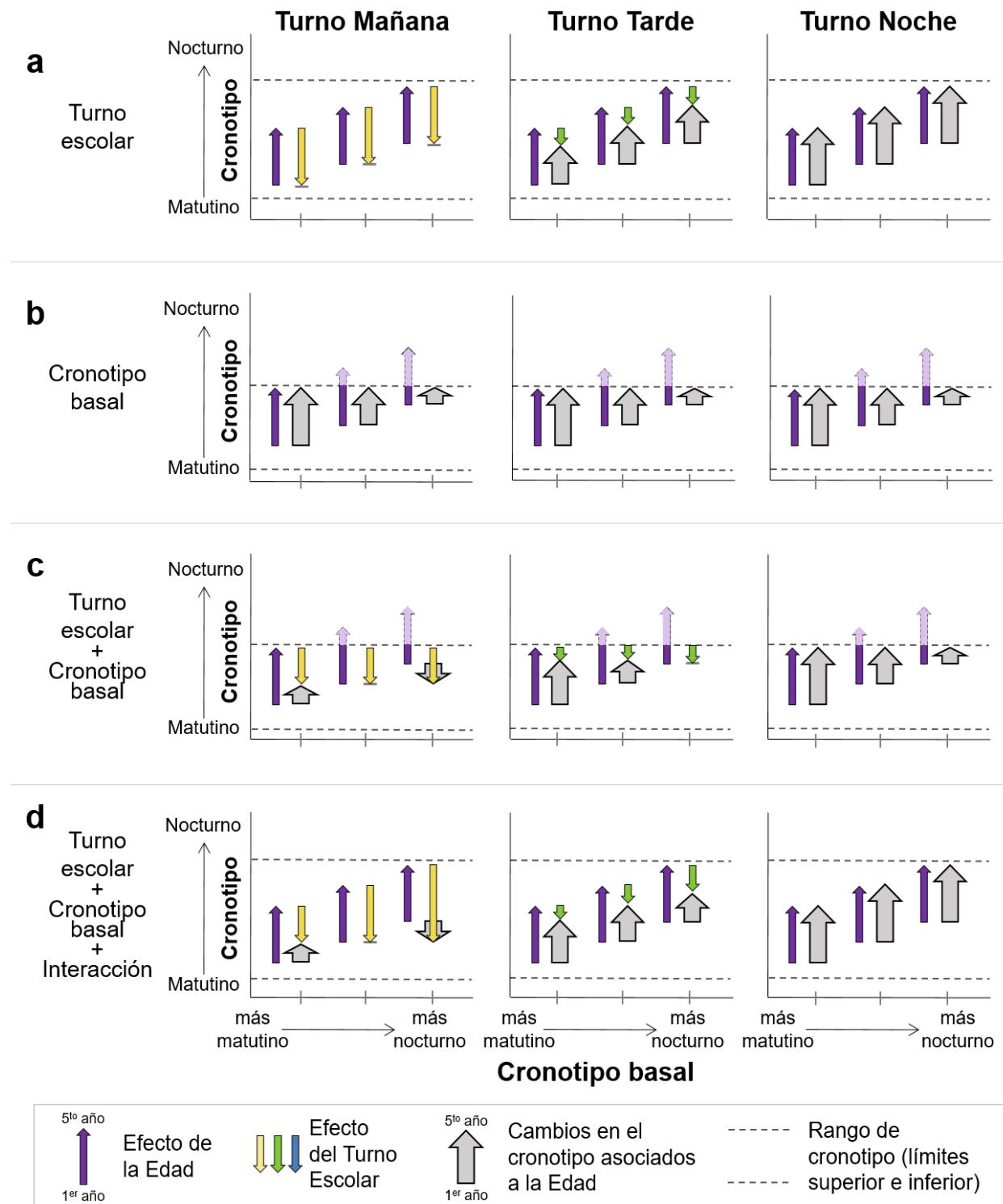


Figura 3.2. Posibles mecanismos subyacentes a los escenarios teóricos propuestos del efecto del horario escolar y el cronotipo basal (en 1^{er} de secundaria) sobre el Δ Cronotipo ($MSFsc_{5^{\text{to}}} - MSFsc_{1^{\text{ro}}}$). Cada escenario incluye esquemas del Cronotipo en función del cronotipo basal, donde la base de las flechas grises y anchas representa el cronotipo de los estudiantes en su 1^{er} año (es decir, el cronotipo basal) y las puntas de las flechas representan el cronotipo de los estudiantes en su 5^{to} año. Las flechas

angostas de color violeta oscuro representan el cambio esperado en el cronotipo asociado con la edad. Las flechas invertidas y angostas de color (amarillo, verde y azul) representan el efecto esperado de cada turno escolar en el cronotipo de los alumnos (mañana, tarde y noche, respectivamente). Obsérvese que la suma de la flecha invertida (que representa el efecto del turno) y la de color violeta oscuro (que representan el efecto de la edad) da como resultado la flecha ancha gris, que representa el cambio en el cronotipo. Por eso, cuando la flecha violeta oscuro es igual a la flecha invertida de color, no hay flecha gris ancha. Las líneas punteadas horizontales delimitan el rango donde los cronotipos serían estables. Al tratarse de un rango teórico, se desconocen los valores exactos de los límites. Así, diferentes posiciones de estos límites en conjunción con el turno escolar se asocian con distintos efectos esperados y, consecuentemente, diferentes escenarios con distintos efectos sobre el Δ Cronotipo. En particular, en los escenarios (a) y (d), el límite no afecta al Δ Cronotipo, pero en los escenarios (b) y (c) sí lo hace. Si el cambio esperado en el cronotipo relacionado con la edad excede los límites de sincronización, las flechas violetas oscuro asociadas a este cambio se convierten en flechas violeta clara al cruzar el límite superior, lo que representa que el retraso extra del cronotipo no será efectivo debido a la existencia del límite superior. **a. Sólo el horario escolar tiene efecto.** Como clave social, el turno escolar influye en los cronotipos tardíos de los adolescentes. En concreto, un horario escolar más temprano ejerce más presión que un horario escolar más tardío y, por lo tanto, se asociará con un Δ Cronotipo menor. La presión ejercida por el horario escolar no depende del cronotipo basal y, en consecuencia, todos los cronotipos basales se ven igualmente afectados por cada horario escolar. Como resultado, las pendientes de la relación lineal entre Δ Cronotipo y cronotipo basal serán cero, con ordenadas al origen cada vez más altas a medida que el turno escolar es más tardío. **b. Sólo el cronotipo basal tiene un efecto.** Como el rango de posibles cronotipos es limitado, si el cambio esperado relacionado con la edad en el cronotipo excediera estos límites, el Δ Cronotipo observado sería menor de lo esperado. Dado que la adolescencia se asocia a un retraso progresivo en el cronotipo, nuestra hipótesis es que los alumnos con cronotipos basales más tardíos alcanzarán el límite superior mencionado más rápidamente que los alumnos con cronotipos más matutinos. Esta situación conduce a un mayor cambio en el cronotipo para los cronotipos más matutinos, lo que resulta en una pendiente similar y negativa sin diferencias entre los horarios escolares (ni en la pendiente, ni en la ordenada al origen). **c. El cronotipo basal y el turno escolar tienen efectos aditivos.** Se trata de una combinación de los dos escenarios descritos anteriormente: el Δ Cronotipo se ve afectado de forma independiente tanto por el cronotipo basal como por el turno escolar. Se esperan pendientes similares y negativas para todos los horarios escolares (es decir, efecto del cronotipo basal), pero ordenadas al origen cada vez mayores (es decir, efecto del turno escolar) a medida que el horario escolar es más tardío. **d. Interacción entre el cronotipo basal y el turno escolar.** Este último escenario sólo es posible si los cambios esperados en la edad y el horario escolar se encuentran dentro del rango de los cronotipos estables. En este escenario, la magnitud del efecto del turno escolar será mayor cuando el cronotipo basal sea más tardío para los turnos escolares mañana y tarde, mientras que el turno noche será lo suficientemente tardío como para no ejercer presión, independientemente del cronotipo basal.

c. El horario escolar y el cronotipo basal están asociados con la magnitud y la dirección del Δ Cronotipo (Figura 3.1c). En este caso, ambos predictores actúan de forma conjunta, pero independiente. Por un lado, los adolescentes con cronotipos basales más tardíos experimentarán un Δ Cronotipo menor debido a que alcanzarán el límite superior del rango de posibles cronotipos. Por otro lado, el horario escolar también afectará al Δ Cronotipo: los horarios escolares más tempranos ejercerán una mayor presión y, en consecuencia, los estudiantes que asistan más

temprano a la escuela experimentarán un Δ Cronotipo menor. Obsérvese que el efecto del turno escolar tendría lugar considerando la existencia del límite superior y, en los casos más extremos, conduciría a un Δ Cronotipo negativo (es decir, los alumnos que asisten por la mañana y presentan cronotipos basales tardíos no retrasarán (o incluso adelantarán) su cronotipo, experimentando un cronotipo más matutino en 5^{to} año que en 1^{er} año (Figura 3.2c).

d. Tanto el horario escolar, el cronotipo basal, como su interacción están asociados con la magnitud y la dirección del Δ Cronotipo (Figura 3.1d). En este escenario, el cambio esperado en el cronotipo asociado a la edad se encuentra dentro del rango de cronotipos posibles. Cada turno escolar afecta diferencialmente al Δ Cronotipo dependiendo del cronotipo basal. En particular, mientras que la magnitud de la presión ejercida por el turno mañana es mayor para los cronotipos más tardíos, el turno noche es lo suficientemente tardío como para no ejercer ninguna presión, independientemente del cronotipo basal (Figura 3.2d).

En esta tesis estudiaremos cuál de los escenarios alternativos es más probable dados los datos de los que disponemos, con el objetivo de evaluar la contribución del turno escolar y del cronotipo basal en el cambio que ocurre en el cronotipo de los distintos individuos durante la adolescencia.

3.1.2. Objetivos e hipótesis específicos

En este capítulo se abordan los siguientes objetivos en una población de adolescentes de la ciudad de Buenos Aires:

1. Estudiar si el cronotipo basal, ya sea interactuando (o no) con el turno escolar, explica los cambios individuales observados en el cronotipo a lo largo de la adolescencia.
2. Estudiar si los cambios individuales del cronotipo asociados con la edad se relacionan con los cambios en la duración del sueño y el SJL.

Los cuatro escenarios alternativos presentados en la Figura 3.1 refieren al objetivo 1. Si bien en principio los cuatro escenarios serían posibles, sabemos que: 1- los adolescentes argentinos presentan cronotipos más tardíos que los adolescentes de otros países (Dewald et al., 2010; Estevan et al., 2018; Preckel et al., 2011; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004; Zerbini & Merrow, 2017), y sus cronotipos basales son particularmente tardíos, por lo que es plausible que alcancen el límite superior del rango de posibles cronotipos (compatible con lo planteado en los escenarios B y C); y 2- se ha demostrado que el horario escolar, como clave social, modula el cronotipo (Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020). En consecuencia, hipotetizamos que la

asociación independiente tanto del horario escolar como del cronotipo basal explicará mejor los cambios en el cronotipo relacionados con la edad (es decir, el escenario C).

En relación al objetivo 2, nuestra hipótesis es que los cambios en el jetlag social y la duración del sueño de cada individuo estarán asociados con el Δ Cronotipo e influenciados por el horario escolar. Esto es esperable porque el choque entre los cronotipos tardíos y los SSTs tempranos durante la adolescencia ha sido propuesto como la causa de los hábitos de sueño poco saludables y sus consecuencias (por ejemplo, corta SD y alto SJL) (Carskadon, 2011b; Dewald et al., 2010; Haraszti et al., 2014; Preckel et al., 2011; Santhi et al., 2013; Touitou, 2013; Zerbini & Merrow, 2017). En particular, predecimos que un mayor Δ Cronotipo en los estudiantes que asisten al turno mañana se asociará con un mayor SJL y una menor SDw en 5^{to} año, en comparación con otros horarios escolares.

En resumen, esperamos que tanto el horario escolar como el cronotipo basal se asocien con la magnitud y la dirección del Δ Cronotipo que, a su vez, se asociará con cambios en los niveles de SJL y SDw durante la adolescencia.

3.2. Resultados

3.2.1. El cronotipo basal modula el cambio en el cronotipo asociado a la edad

Previamente mostramos que los cambios medios en el cronotipo dependen de la edad y del horario escolar. Sin embargo, nuestros resultados muestran la asociación entre los cronotipos de los mismos estudiantes en 1^{er} y 5^{to} año es de baja a moderada en todos los horarios escolares (mañana: $t=3.462$, $p=0.001$ $r=0.344$, 95% CI=0.149-0.514; tarde: $t=1.769$, $p=0.080$ $r=0.182$, 95% CI=-0.022-0.372; noche: $t=4.439$, $p<0.0001$ $r=0.461$, 95% CI=0.261-0.623). Justamente, en la Figura 3.3 se puede ver cómo cambia el cronotipo de cada individuo desde 1^{er} a 5^{to} año y se observa que no todos cambian en la misma dirección y/o en la misma magnitud. En esta sección estudiamos si el cronotipo basal (es decir, el cronotipo de 1^{er} año) está relacionado con esta falta de estabilidad. Consecuentemente, contrastamos los cuatro escenarios descritos previamente (Figura 3.1) para evaluar si el cronotipo basal y el turno escolar están relacionados con los cambios en el cronotipo asociados al desarrollo (es decir, cambios en el cronotipo relacionados con la edad, o Δ Cronotipo).

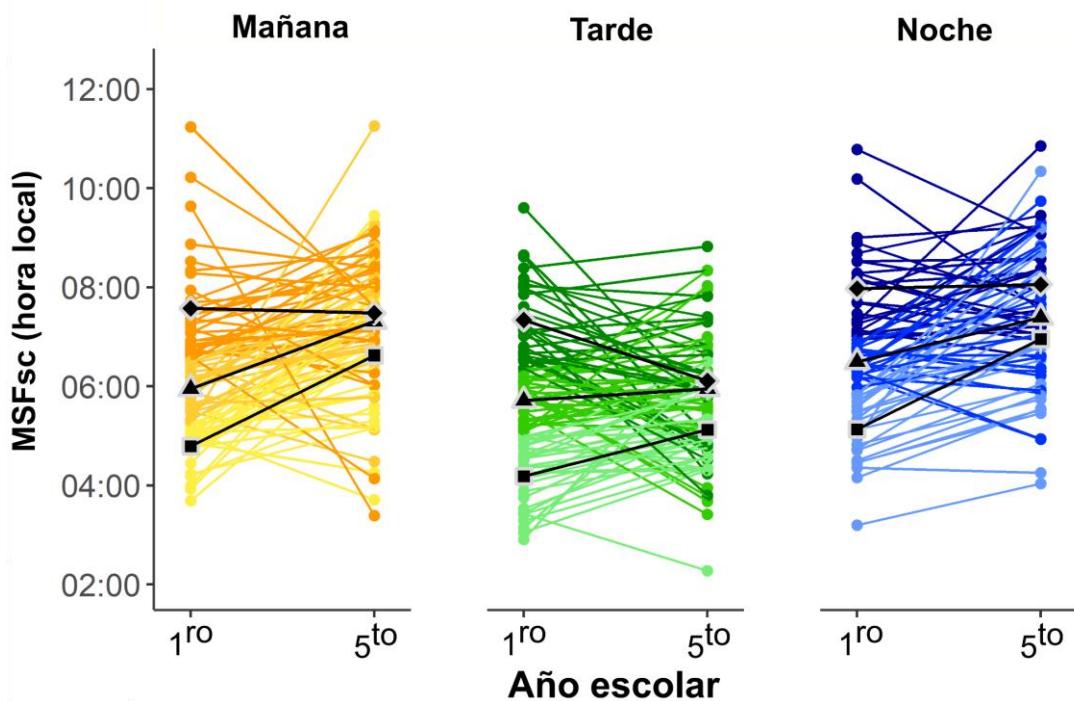


Figura 3.3. Cambio en el cronotipo individual durante la adolescencia. La intensidad del color indica el tercil de MSFsc en 1^{er} año, cuanto más oscuro el color más tarde el tercil de cronotipo basal. Las formas negras representan la media de MSFsc para cada año y tercil de MSFsc basal (□: tercil matutino, △: tercil intermedio y ◇: tercil nocturno).

Como primer abordaje a este objetivo dividimos a los estudiantes según su cronotipo (MSFsc) basal en terciles (temprano, intermedio o tardío) y realizamos un modelo lineal mixto con Cronotipo como variable dependiente. Como predictores incluimos el tercil de cronotipo basal, el turno escolar, la edad y sus interacciones. Como se muestra en la Figura 3.4, el cronotipo depende de la edad ($F_{1,250}=59.117$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.191, 90% CI = 0.124-0.262), el turno escolar ($F_{1,250}=63.008$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.335, 90% CI = 0.258-0.404) y la interacción entre el turno escolar y el año escolar ($F_{2,250}=16.343$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.116, 90% CI = 0.058-0.177). Obviamente, el cronotipo depende del tercil de cronotipo en 1^{er} año ($F_{1,250}=145.940$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.539, 90% CI = 0.473-0.594), lo cual es trivial porque los terciles fueron definidos en función del cronotipo basal. Lo que es importante señalar es que el cronotipo está modulado por la interacción entre el tercil de cronotipo en 1er año y la edad ($F_{2,250}=46.072$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.269, 90% CI = 0.193-0.339) (Figura 3.3 y Figura 3.4a), lo que indica que la trayectoria (magnitud y/o dirección) del Δ Cronotipo depende del punto de partida inicial del cronotipo de los adolescentes. Independientemente del turno escolar, el cronotipo cambia

significativamente con la edad en todos los terciles, pero la dirección y la magnitud del cambio difieren. El cronotipo se hace más tarde cuando los adolescentes de mayor edad, tanto para los terciles más matutinos (1.53h; 1^{ro} vs. 5^{to} año: $t_{250}=-10.454$, $P<0.0001$) como para los intermedios (0.83h; 1^o vs. 5^o año: $t_{250}=-5.591$, $P<0.0001$). En el tercil más tarde, en cambio, el cronotipo se adelanta 0.41h con la edad (1^{ro} vs. 5^{to}: $t_{250}=2.868$, $p=0.014$). El efecto de la edad sobre el cronotipo no depende de la interacción entre el tercil de cronotipo en 1^{er} año y el turno escolar ($F_{4,250}=0.571$, $p=0.68$, η^2 parcial=0.009, 90% CI = 0.000-0.021), es decir que ambos factores modulan de forma independiente los cambios relacionados con la edad sobre el cronotipo. En general, el cambio en el cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año es mayor para el tercil más matutino, mientras que para el tercil más tarde, el cambio es menor o incluso negativo (para todos los horarios escolares). Si bien este abordaje facilita la comprensión y visualización del efecto del cronotipo basal sobre el cambio del cronotipo asociado al desarrollo, tiene también dos limitaciones. Por un lado, la variable dependiente es el cronotipo y no el Δ Cronotipo. Por el otro, estamos discretizando al cronotipo basal en tres niveles (terciles matutino, intermedio y nocturno). Por ello a continuación realizamos un modelo que incluye al Δ Cronotipo como variable dependiente y al cronotipo basal como variable continua.

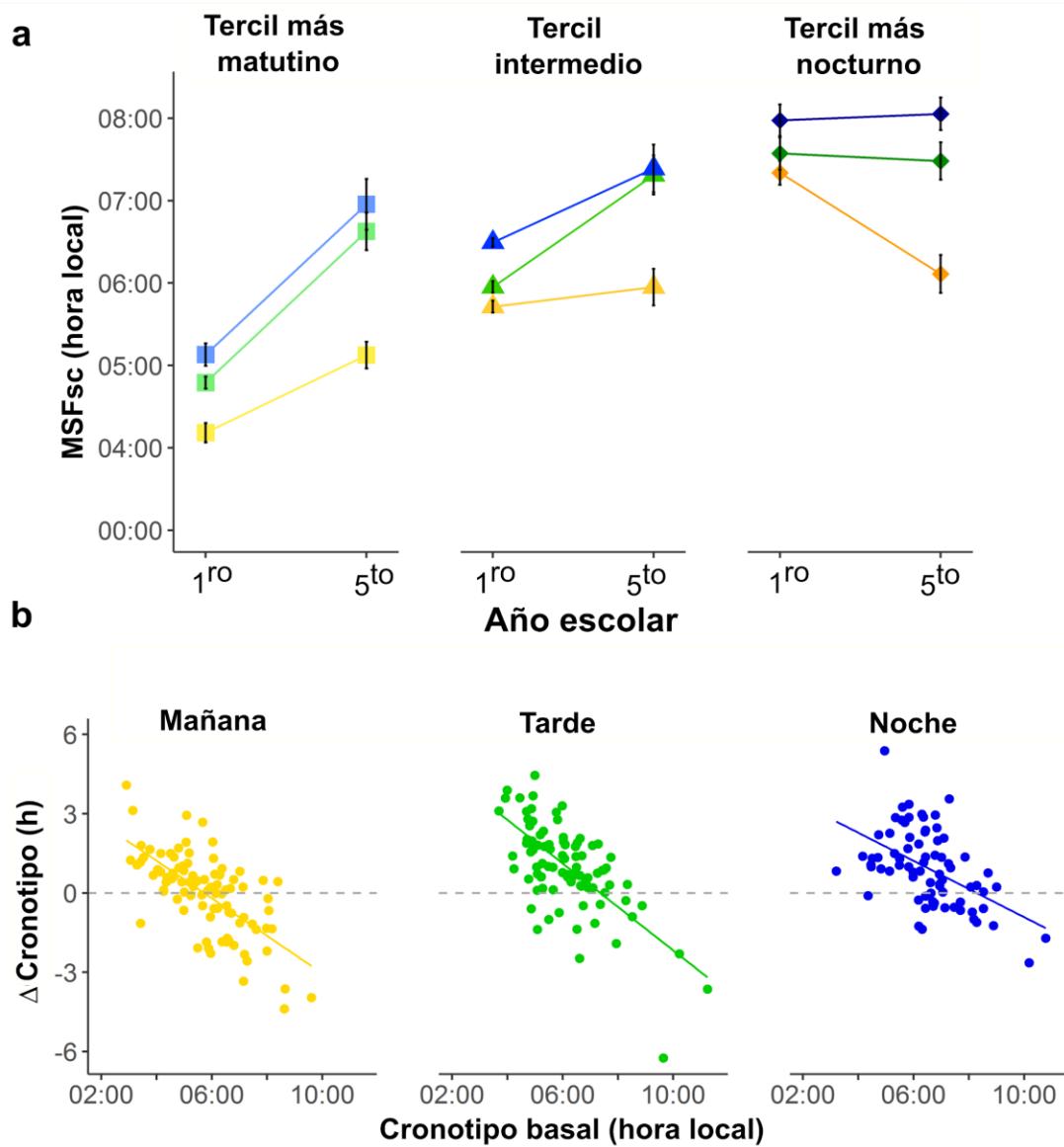


Figura 3.4. Los cambios en el cronotipo asociados al desarrollo (Δ Cronotipo) durante la adolescencia se asocian tanto con el horario escolar como con el cronotipo basal de los estudiantes. a- El tercil de cronotipo basal afecta al cambio en el Cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año. Los estudiantes en el tercil más matutino retrasaron su cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año, independientemente del horario escolar (de 04:11 a 05:08, de 04:47 a 06:38, de 05:08 a 06:58, para los estudiantes que asisten por la mañana, por la tarde y por la noche respectivamente). Los alumnos del tercil más nocturno de MSFsc, en cambio, no retrasaron o incluso adelantaron sus cronotipos (de 07:20 a 06:07, de 07:34 a 07:29, de 07:59 a 08:03, para los alumnos que asistían por la mañana, por la tarde y por la noche, respectivamente). b- El Δ Cronotipo se asocia con el cronotipo basal y el horario escolar. Los estudiantes con un MSFsc basal más tardío experimentan un cambio de cronotipo menor de 1^{er} a 5^{to} año. En particular, la pendiente de la relación entre Δ Cronotipo y cronotipo basal indica que, cuando el cronotipo basal es 1 hora más tardío, los cambios en el cronotipo relacionados con la edad son menores: 43min (Intervalo de confianza -CI- 95%=-53 a -32min), 49min (CI 95%=-61 a -38min) y 32min (CI 95%=-44 a -20min) para los estudiantes que asisten por la mañana, por la tarde y por la noche, respectivamente. N = 259. Δ Cronotipo = MSFsc 5^{to} año - MSFsc 1^{er} año. Cronotipo basal = MSFsc en 1^{er} año. El color indica el horario escolar: amarillo, verde y azul para mañana, tarde y noche, respectivamente.

Con el objetivo de estudiar cuál de los cuatro escenarios presentados en la Figuras 3.1 y 3.2 es más plausible utilizamos un modelo de regresión lineal con Δ Cronotipo (MSFsc 5^{to} año - MSFsc 1^{ro} año) como variable dependiente, y tanto el turno escolar como el cronotipo basal y su interacción, como predictores (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A42 y C43). El Δ Cronotipo se asocia tanto con el turno escolar ($F_{2,253} = 19.678$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.135, 90% CI = 0.073-0.198) como con el cronotipo basal ($F_{1,253} = 160.343$, $P < 0.0001$, η^2 parcial = 0.388, 90% CI = 0.314-0.455). El Δ Cronotipo fue menor para los cronotipos basales más tardíos que para los más matutinos, lo que significa que el cronotipo se retrasa menos con la edad para los cronotipos basales más tardíos (Figura 3.4b). Para todos los turnos escolares, las pendientes de la relación entre el Δ Cronotipo y el cronotipo basal difieren de cero (Mañana: $b = -0.711$, 95% CI = -0.888 a -0.534, $t = -7.909$, $P < 0.0001$; Tarde: $b = -0.823$, 95% CI = -1.009 a -0.637, $t = -8.717$, $P < 0.0001$; Noche: $b = -0.533$, 95% CI = -0.738 a -0.327, $t = -5.109$, $P < 0.0001$). Sin embargo, la interacción entre el cronotipo basal y el turno escolar no fue significativa ($F_{2,253} = 2.150$, $P = 0.119$, η^2 parcial = 0.017, 90% CI = 0.000-0.037), lo que indica que las pendientes son similares entre los diferentes turnos escolares. Así pues, la relación entre la magnitud del Δ Cronotipo y el cronotipo basal es similar para los tres turnos escolares. Por ejemplo, un alumno de 1^{er} año que asiste al colegio por la tarde y tiene un cronotipo basal igual al cronotipo medio de ese turno escolar (MSFsc=06:07) retrasaría su cronotipo 61 minutos cuando llegase a 5^{to} año. Sin embargo, un compañero de la misma clase con un cronotipo basal de 07:07 (1h más tardío) sólo lo retrasaría 12min (es decir, la diferencia entre el Δ Cronotipo de estos alumnos es de 49min, que es la pendiente del modelo para el turno tarde).

Nuestros resultados son consistentes con el escenario C de la Figura 3.1: tanto el horario escolar como el cronotipo basal se asocian de forma aditiva (sin interaccionar entre ellos) con el Δ Cronotipo durante la adolescencia. Aunque los alumnos que asisten por la mañana experimentan, en promedio un menor retraso en su cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año (en comparación con sus compañeros que asisten por la tarde y por la noche), en general, los alumnos con cronotipos basales más matutinos mostraron mayores retrasos y los que tenían cronotipos más tardíos mostraron menores retrasos (o hasta avances), independientemente de su turno escolar.

2.2.2. Relación entre el cambio en el cronotipo y el cambio en variables asociadas al sueño

En trabajos previos se ha visto que los cronotipos más tardíos se asocian con mayores niveles de jetlag social (SJL) y una menor duración del sueño en días hábiles (SDw), especialmente cuando se asiste a la escuela por la mañana (Carskadon, 2011b; Dewald et al., 2010; Haraszti et al., 2014; Preckel et al., 2011; Santhi et al., 2013; Touitou, 2013; Zerbini & Merrow, 2017). En el caso de los datos aquí presentados, también observamos que mayores niveles de SJL están asociados a cronotipos más nocturnos (en todos los turnos y en ambos años escolares -1^{er} y 5^{to} año-) (Figura 2.14). Sin embargo, en el caso de la SDw en no se observó una asociación con el cronotipo en el turno mañana y, tanto en el turno tarde como a la noche, cronotipos más nocturnos se asociaron con una mayor SDw (en ambos años escolares) (Figura 2.15).

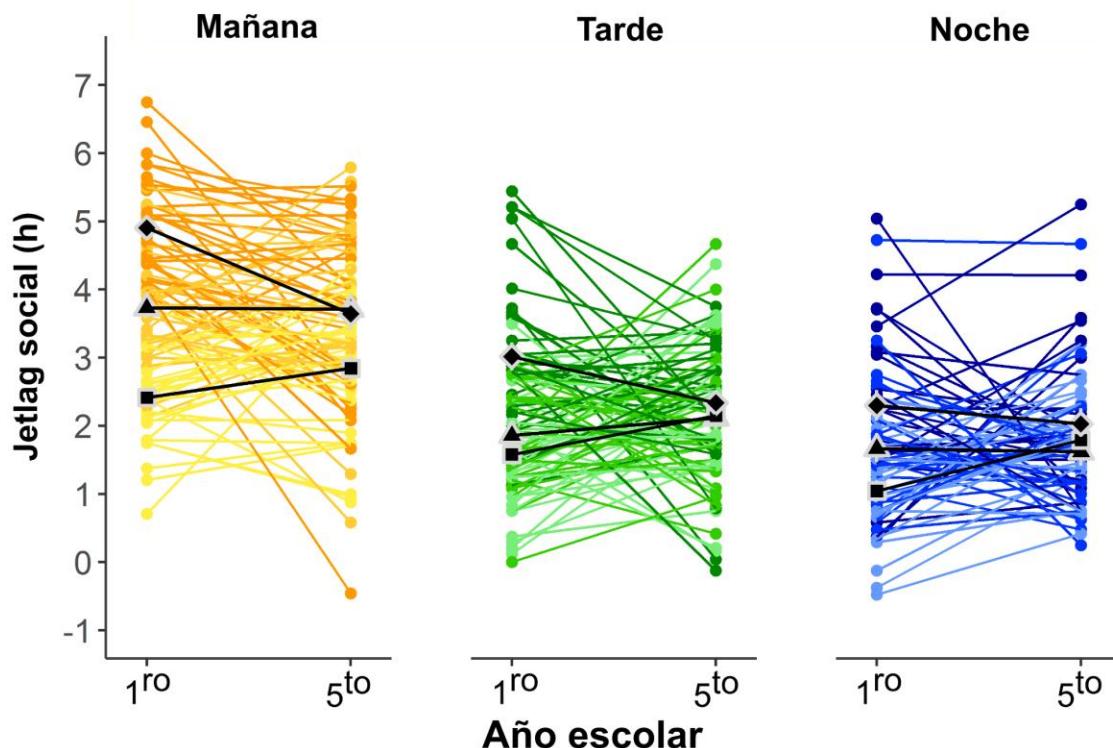


Figura 3.5. Cambios individuales en el jetlag social durante la adolescencia. La intensidad del color indica el tercilio MSFsc en 1^{er} año, cuanto más oscuro el color más tardío el tercilio de cronotipo basal. Las formas negras representan la media de SJL para cada año y tercilio de MSFsc basal (\square : tercilio matutino, \triangle : tercilio intermedio y \diamond : tercilio nocturno).

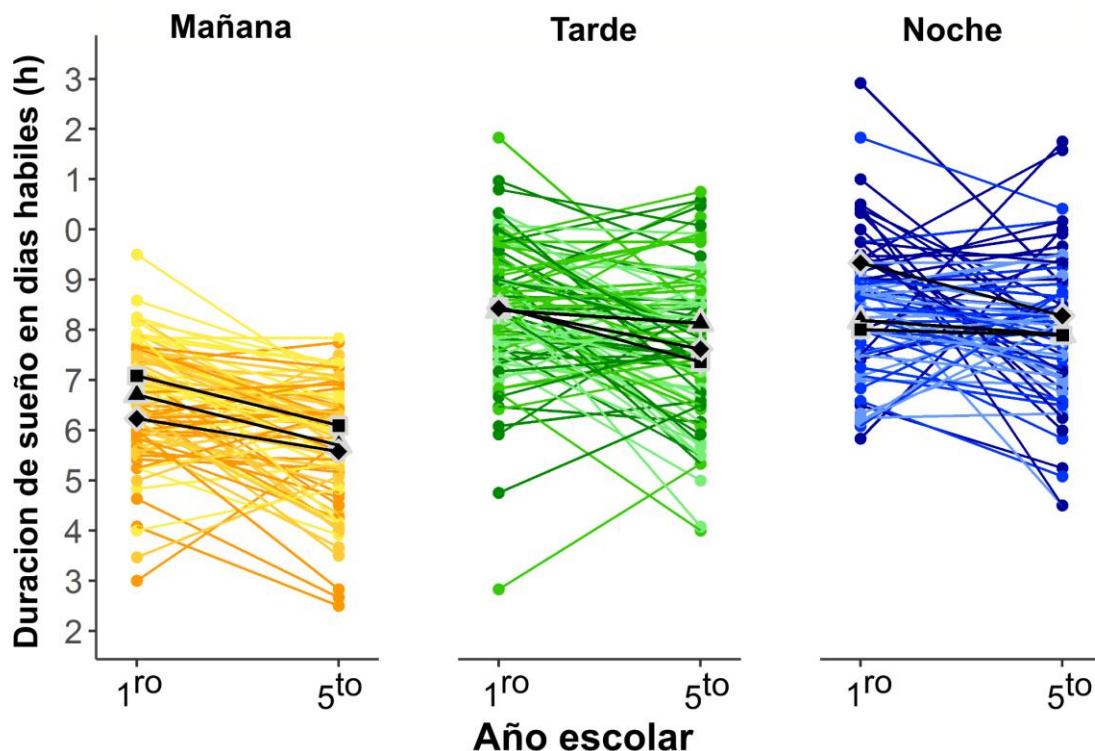


Figura 3.6. Cambios individuales en la duración del sueño durante la adolescencia. La intensidad del color indica el tercilio MSFsc en 1st año, con colores más oscuros para los terciles de cronotipos basales más tardíos. Las formas negras representan la media de SDw para cada año y tercilio de MSFsc basal (□: tercilio matutino, △: tercilio intermedio y ◇: tercilio nocturno).

En función de los resultados previos, nos falta aún comprender si los cambios individuales en SJL y SDw durante la adolescencia (Δ SJL - Figura 3.5 - y Δ SDw -Figura 3.6 -) dependen del cambio en el cronotipo (Δ Cronotipo) y/o del turno escolar.

Con el objetivo de entender cómo se relacionan los cambios en el SJL y el cronotipo a durante la adolescencia utilizamos un modelo de regresión lineal con el Δ SJL (SJL 5th año - SJL 1st año) (Figura 3.5) como variable dependiente y el Δ Cronotipo y el turno escolar como predictores (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A44 y Tabla A45). Los resultados mostraron un efecto principal significativo tanto del horario escolar ($F_{2,253} = 4.493$, $P=0.012$, η^2 parcial = 0.034, 90% CI = 0.004-0.075) como del Δ Cronotipo ($F_{2,253} = 235.795$, $P<0.0001$, η^2 parcial = 0.482, 90% CI = 0.413-0.543). En resumen, cuanto más se retrasa el cronotipo de 1st a 5th año, mayor es el cambio en SJL. Por ejemplo, si un estudiante hipotético que asiste por la tarde presenta un Δ Cronotipo igual al promedio de su turno escolar (Δ Cronotipo=61min, por ejemplo, de 05:00 a 06:01), su SJL aumentará sólo 2min. Sin embargo, otro estudiante, con un Δ Cronotipo 1h mayor

a la media (por ejemplo, de 05:00 a 07:01, es decir, 121min), aumentaría su SJL en 35min a lo largo de la secundaria. Es importante destacar que la interacción entre Δ Cronotipo y horario escolar fue significativa ($F_{2,253} = 7.021$, $P=0.001$, η^2 parcial = 0.053, 90% CI =0.014-0.100). La asociación entre Δ SJL y Δ Cronotipo es progresivamente más débil cuanto más tarde comienza el turno escolar, aunque la comparación entre los horarios escolares de tarde y noche no llega a ser significativa (Figura 3.7a, Tabla A46). Los alumnos que asisten por la mañana muestran mayores cambios en SJL para un Δ Cronotipo dado, en comparación con sus compañeros que asisten por la tarde y por la noche (comparación de pendientes: mañana vs. tarde: $t=2.767$, $P=0.017$; mañana vs. a noche: $t=3.552$, $P=0.001$).

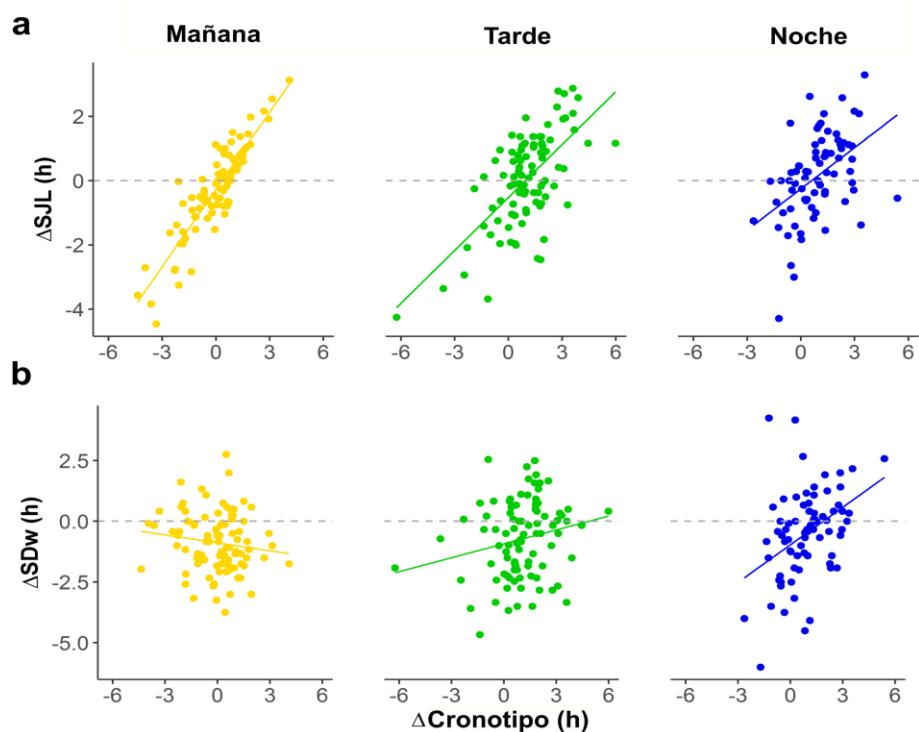


Figura 3.7. Los cambios en el jetlag social y la duración del sueño en días hábiles relacionados con la edad se asocian con los cambios del cronotipo en el desarrollo. a - Δ SJL (SJL 5^{to} año - SJL 1^{er} año) está altamente correlacionado con Δ Cronotipo (MSFsc 5^{to} año - MSFsc 1^{er} año). Mayores incrementos en los niveles de SJL se asocian con mayores retrasos en el cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año (es decir, las pendientes son mayores): los alumnos que asisten por la mañana, por la tarde y por la noche experimentan un aumento de 48min (95% CI: 40-56min), 33min (95% CI: 26-40min) y 26min (95% CI: 16-35min), respectivamente, en los niveles de SJL por cada hora que se retrasa su cronotipo. **b -** La asociación de Δ SDw (SDw 5^{to} año - SDw 1^{er} año) con Δ Cronotipo depende del horario escolar. Para los alumnos que asisten por la mañana, la pendiente (aunque no difiere significativamente de cero) indica que un retraso de 1h en el cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año conduce a una disminución de 7min (95% CI=-19-6min) en SDw. Esta tendencia se invierte para los estudiantes que asisten por la tarde y por la noche, que incrementan su sueño en 11min (CI 95%=-1-22min) y 31min (CI 95%=-17-45min), respectivamente, por cada hora de retraso de su cronotipo. N=259.

Aunque los cambios en la media de la SDw de 1^{er} a 5^{to} año fueron similares entre turnos (Figura 2.8), los cambios en la SDw relacionados con la edad también mostraron diferencias interindividuales (Figura 3.6). Con el objetivo de entender la relación entre los cambios en la SDw y el cronotipo a nivel individual utilizamos un modelo de regresión lineal con Δ SDw (SDw 5th año - SDw 1st año) como variable dependiente, y Δ Cronotipo y turno escolar como predictores (ANOVA y resumen del modelo en Tabla A47 y Tabla A48). Como se esperaba, el efecto principal del turno escolar no fue significativo ($F_{2,253} = 1.433$, $P=0.241$, η^2 parcial =0.011, 90% CI =0.000-0.037), lo que indica que la SDw cambia de forma similar en diferentes horarios escolares (Figura 2.8). Los resultados mostraron un efecto principal significativo de Δ Cronotipo ($F_{1,253} = 8.196$, $P=0.0046$, η^2 parcial =0.031, 90% CI = 0.006-0.075) y, lo que es más importante, una interacción significativa entre Δ Cronotipo y turno escolar ($F_{2,253} = 7.852$, $P<0.001$, η^2 parcial =0,058, 90% CI=0,017-0,108), lo que indica que el horario escolar modula el efecto del Δ Cronotipo sobre los cambios relacionados con la edad en la SDw. En particular, en el turno tarde y noche los estudiantes que retrasaron más su cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año muestran una menor disminución, o incluso un aumento, de su SDw que aquellos que con menores Δ Cronotipo (tarde: $b=0.191$, 95% CI=0.013-0.369, $t=2.108$, $P=0.036$; noche: $b=0.515$, 95% CI =0,278-0.756, $t=4.281$, $P<0.0001$) (Figura 3.7b). A modo de ejemplo, un estudiante que asiste por la tarde (Δ Cronotipo=61min) disminuiría su SDw en 44min, mientras que un compañero con un Δ Cronotipo 1h mayor (es decir, 121min) disminuiría su SDw en 32min. Obsérvese que la pendiente correspondiente es la diferencia entre 44min y 32min, es decir 12min por cada hora que cambie el Δ Cronotipo. Por otro lado, en el turno mañana quienes retrasaron más su cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año, mostraron una tendencia a disminuir más su SDw, aunque la pendiente no fue diferente de cero ($b=-0.109$, 95% CI=-0.310-0.093, $t=-1.062$, $P=0.289$). A pesar de que las pendientes para los turnos tarde y noche sí difieren de cero, sólo las pendientes de la tarde y la mañana difieren significativamente entre sí (mañana frente a tarde: $t=-3.950$, $P<0.001$) (Tabla A49). Aunque es esperable que los retrasos del cronotipo relacionados con la edad en aquellos adolescentes que asisten por la mañana estuvieran fuertemente asociados con un aumento comparable de la SJL y una disminución de la SDw (Estevan et al., 2020; Martínez-Lozano et al., 2020; Tzischinsky & Shochat, 2011; Vitale et al., 2015; Wittmann et al., 2006), nuestros resultados muestran que el SJL aumenta en consecuencia con el retraso del cronotipo, pero la SDw no disminuyó tanto como se esperaba. Estos resultados son consistentes con lo que observamos previamente al estudiar la relación del cronotipo en cada turno y edad con el SJL y la SDw: en el turno mañana, tanto el cronotipo como su cambio durante la secundaria parece ser tener más relación con los niveles de SJL que con los de SDw.

3.3. Discusión

En este capítulo, demostramos que la magnitud y la dirección del cambio en el cronotipo asociado a la edad está relacionado tanto con el horario escolar como con el cronotipo basal (es decir, el cronotipo de los adolescentes en su 1^{er} año de secundaria), lo que concuerda con el escenario C de la Figura 3.1. Además, propusimos un mecanismo que permite explicar los resultados (es decir, la existencia de un límite superior), aunque nuestros datos no son suficientes para estimar cuál es este límite o si, adicionalmente, interviene algún otro mecanismo. En segundo lugar, descubrimos que los cambios en el cronotipo asociados al desarrollo están relacionados con los cambios asociados a la edad tanto en el jetlag social como en la duración del sueño.

Es importante destacar que nuestro diseño longitudinal nos permitió analizar más a fondo la estabilidad baja a moderada del cronotipo que ocurre durante la adolescencia, la cual fue reportada en estudios longitudinales previos (Bai et al., 2021; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018). Nuestros resultados mostraron que el Δ Cronotipo de los estudiantes durante la adolescencia depende de su MSFsc basal. Esta relación no se había explorado previamente y podría explicar, al menos parcialmente, la estabilidad moderada del cronotipo mencionada anteriormente. Un estudio previo muestra que el cambio del cronotipo asociado con la edad es modulado por la interacción entre la edad y las preferencias circadianas (Kuula et al., 2018). En particular, los resultados de dicho trabajo muestran que a medida que avanza la adolescencia, la diferencia en el MSF es mayor entre quienes fueron categorizados como matutinos, intermedios o nocturnos en sus preferencias diarias (estas categorías se definieron en la adolescencia tardía de los participantes). Aunque, al igual que nosotras, estudiaron el punto medio del sueño en días libres durante la adolescencia en relación con el cronotipo medido en un momento concreto de la adolescencia, su objetivo y su interpretación de los resultados son muy diferentes de los presentados en este trabajo. En primer lugar, no relacionan sus resultados con la baja estabilidad observada en el punto medio del sueño en días libres. En segundo lugar, como ellos comentan, sólo evalúan las preferencias diarias durante la adolescencia tardía y, en consecuencia, desconocen si esta medida es estable en el tiempo. En tercer lugar, a diferencia de nosotros, ellos utilizaron preferencias diurnas como *proxy* de cronotipo y lo evaluaron como una variable categórica cuando el cronotipo es un continuo entre matutinidad y vespertinidad (Adan et al., 2012; Roenneberg et al., 2015; Roenneberg, Pilz, et al., 2019). Por lo tanto, creemos que el enfoque y los resultados presentados aquí son novedosos y contribuyen a comprender cómo cambia el cronotipo durante la adolescencia.

Si bien existen trabajos anteriores que han estudiado cómo el cronotipo se ve afectado por el horario escolar (Arrona-Palacios, 2017; Borlase et al., 2013; Estevan et al., 2018; Goldin et al., 2020; Martin et al., 2016) o por la edad (Crowley et al., 2007; Hagenauer et al., 2011; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004) durante la adolescencia, aquí analizamos estos dos factores en conjunto y longitudinalmente. Nuestros resultados concuerdan con nuestra predicción de que el cronotipo basal y el horario escolar se asocian de forma independiente y aditiva con el cronotipo de los adolescentes (Figura 3.1 y 3.2, Escenario C): 1- los horarios escolares más tardíos están relacionados con los cronotipos más tardíos, con una asociación más fuerte en los adolescentes de más edad, y 2- los cronotipos basales más matutinos experimentan un mayor Δ Cronotipo. Según nuestro modelo, un estudiante que asiste por la mañana con un cronotipo basal igual a las 05:46 (es decir, el cronotipo basal medio para este horario escolar) prácticamente no cambia su cronotipo durante la escuela secundaria. En cambio, quienes tienen un cronotipo basal 1 hora más tarde (es decir, 06:46) avanzarían su cronotipo 45min de 1^{er} a 5^{to} año. Por lo tanto, los adolescentes que asisten por la mañana y que tienen cronotipos basales tardíos al comienzo de la escuela secundaria podrían experimentar retrasos menores o incluso adelantar su cronotipo con la edad. Como se resume en el Escenario C, hacerse mayor no se asocia necesariamente con cronotipos más tardíos.

Aquí proponemos un mecanismo que incluye la existencia de límites al Δ Cronotipo durante la adolescencia. En particular, un límite superior asociado con la etapa de desarrollo alcanzada al final de la escuela secundaria (Carskadon et al., 1993; Hagenauer et al., 2011) o con el mecanismo de sincronización del reloj circadiano (Roenneberg et al., 2010) podría explicar la asociación tanto del horario escolar como del cronotipo basal con el Δ Cronotipo. Trabajos anteriores demostraron que la variabilidad interindividual del cronotipo depende de distintos factores, como la genética, la cultura, la exposición a la luz, los horarios y la edad (Casiraghi et al., 2010; Crowley et al., 2007; Goldin et al., 2020; Leone et al., 2020; Patke et al., 2017; Roenneberg et al., 2004; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Skeldon et al., 2017; Stothard et al., 2017). Por un lado, estadios más avanzados de la pubertad se han asociado con cronotipos más tardíos (Carskadon et al., 1993; Hagenauer & Lee, 2012). Entonces, los alumnos con cronotipos basales más tardíos podrían ser los que presentaran los estadios puberales más avanzados al inicio de la secundaria. En este caso, estos estudiantes terminarían de pasar por los cambios asociados a la pubertad antes que sus compañeros, que empezaron la secundaria en estadios puberales menos avanzados. En consecuencia, estos estudiantes podrían alcanzar el límite superior impuesto al cronotipo antes que sus compañeros, mostrando un retraso menor en el

cronotipo entre 1^{er} y 5^{to} año. Por otra parte, el límite superior podría estar asociado al mecanismo de sincronización del reloj circadiano. Para adaptarse al ciclo externo de luz-oscuridad de 24h, los seres humanos tienen que estar expuestos a la luz en momentos específicos del día (Roenneberg et al., 2010; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Skeldon et al., 2017). En consecuencia, si bien existe variabilidad interindividual, tiene límites y el rango de cronotipos no cubre las 24h (es decir, algunos cronotipos teóricamente posibles podrían no sincronizarse con el ciclo de luz-oscuridad) (Roenneberg et al., 2010). Aunque las personas pueden invertir su ciclo de sueño-vigilia para estar activos por la noche y dormir durante el día, como los individuos que trabajan en turnos nocturnos, los ritmos circadianos de esas personas no muestran una sincronización estable (Reinberg et al., 1988; Reinberg & Ashkenazi, 2008; Sack et al., 1992). Como el cronotipo se retrasa a lo largo de la adolescencia (Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004), los estudiantes con cronotipos basales más tardíos alcanzarían el límite superior que aún permite una sincronización estable (van der Vinne et al., 2015) (bajo condiciones de luz-oscuridad específicas) antes que sus compañeros con cronotipos basales más matutinos. Además, este escenario es especialmente plausible en la muestra de este trabajo, porque los adolescentes argentinos presentan cronotipos basales particularmente tardíos (Carissimi et al., 2016; Goldin et al., 2020; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004; van der Vinne et al., 2015). Basándonos en nuestros datos, no podemos desambiguar si el límite superior del cronotipo depende de la etapa de desarrollo y/o de los mecanismos de sincronización de los relojes circadianos. Una posible preocupación asociada a la asociación entre los cambios observados en el MSFsc y su valor basal es que podría explicarse parcial/totalmente por la regresión hacia la media (Bland & Altman, 1994). Este efecto se produce porque existen errores aleatorios cuando se evalúa una variable más de una vez para los mismos sujetos. Así, si la medición inicial fuera un valor extremo es muy probable que la próxima vez que evaluemos la misma variable en el mismo sujeto el valor se acerque más a su media real. Esto podría dar lugar a una asociación artificial entre los valores basales y el cambio observado en la variable. Consistentemente, la magnitud del efecto depende de la magnitud de la variabilidad intra-sujeto y de la precisión del instrumento de medida utilizado. Aunque reconocemos que este artefacto podría estar influyendo en nuestros resultados (especialmente teniendo en cuenta que existe escasa literatura que valide el MCTQ en adolescentes), el efecto de la regresión hacia la media, de estar presente, sólo afectaría parcialmente a nuestros resultados y no les resta validez. En primer lugar, el MCTQ es un instrumento fiable para evaluar el cronotipo de los adolescentes: se obtuvieron resultados similares (magnitud y dirección) asociados a la edad y al horario escolar utilizando el MCTQ (Borisenkov et al., 2010; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Jankowski,

2015; Roenneberg et al., 2004) y otros instrumentos (por ejemplo, DLMO, actigrafía, MEQ, etc.) (Carskadon et al., 1998; Dunster et al., 2018; Jankowski, 2015; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018; Randler et al., 2017; Russo et al., 2007). En segundo lugar, la fiabilidad *test-retest* del MCTQ es buena cuando se evalúa a adolescentes y adultos jóvenes (Cheung et al., 2022) y el Δ Cronotipo no cambia cuando los adolescentes son evaluados y reevaluados con un año de diferencia. Aún más, no se encontraron diferencias entre los individuos categorizados como matutinos y nocturnos, lo que suma evidencia a que el efecto observado aquí tiene que ver con los cambios asociados a la edad y no únicamente un efecto asociado a respuestas extremas (Saxvig et al., 2021). Resumiendo, la variabilidad intra-sujeto parece ser baja cuando hay poco tiempo entre el *test-retest*. Además, consistentemente con lo expuesto aquí, otros trabajos previos encontraron que cuando el periodo entre la primera evaluación y la reevaluación durante la adolescencia es más largo, el punto medio de sueño derivado de la actigrafía mostró una mayor variabilidad dentro de los sujetos (Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018). En conjunto, estos hallazgos apoyan la idea de que nuestros resultados se deben a un efecto del desarrollo que se construye durante la adolescencia y no a una regresión hacia la media derivada de la falta de fiabilidad del MCTQ. Por último, informamos de una diferencia de casi 2 horas en el Δ Cronotipo al comparar los cronotipos más matutinos y más tardíos en diferentes turnos escolares (Figura 3.4a). Esta magnitud es biológicamente significativa y es muy improbable que se observe sólo debido a la regresión hacia la media, especialmente cuando los efectos bien establecidos que actúan sobre el cronotipo durante la adolescencia, como los efectos de la edad y el horario escolar, rara vez alcanzan esta magnitud (Carskadon et al., 1998; Dunster et al., 2018; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Karan et al., 2021; Kuula et al., 2018; Roenneberg et al., 2004). Por supuesto, es necesario trabajo futuro para comprender plenamente las causas de la asociación que encontramos entre el cronotipo basal y el cronotipo durante la adolescencia.

Es importante destacar que nuestros resultados muestran no sólo que el Δ Cronotipo se vio asociado con el cronotipo basal y el horario escolar, sino también que el Δ Cronotipo se asocia con los cambios relacionados con la edad en SJL y SDw (Δ SJL y Δ SDw). Como era de esperar, retrasos de mayor magnitud en el cronotipo se asociaron con un aumento mayor en SJL y esta asociación se hizo progresivamente más débil a medida que el turno es más tarde (desde mañana a noche). Este resultado era de esperar: el horario (la fase) del sueño en los días libres (es decir, MSFsc) se retrasó con la edad, pero durante los días hábiles este retraso estuvo limitado por los horarios escolares, lo que condujo a un aumento de SJL. Por el contrario, un retraso en el cronotipo se asoció con un aumento de SDw tanto en el turno tarde como en el

turno noche, con una asociación más pronunciada para este último, y no encontramos ninguna asociación por la mañana. Si el horario escolar fuese muy temprano para el cronotipo de los alumnos (turno mañana) (Carskadon, 2011a), se esperaría que la SDw sea más corta cuando se retrase el MSFsc (es decir, los alumnos se acostarían más tarde pero aún tendrían que despertarse a la misma hora). Sin embargo, sólo observamos una tendencia no significativa en esa dirección por la mañana: un retraso de 1h en el cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año se asoció con un acortamiento de sólo 7min en la SDw. Esto, probablemente se deba a lo discutido en el capítulo anterior, donde mostramos que, en el turno mañana, la hora de dormir en días hábiles se asocia sólo débilmente con el cronotipo y la SDw ni siquiera se asocia significativamente a este. Por el contrario, un retraso en el cronotipo se vio asociado a un aumento de la SDw tanto por la tarde como por la noche, con una asociación más pronunciada en este último caso. Este resultado no se esperaba, pero no es sorprendente, sobre todo teniendo en cuenta los resultados mostrados en el capítulo anterior. Mientras que por la mañana se esperaba que los adolescentes con cronotipos más tardíos durmieran menos debido a que se acostarían más tarde (por tener un horario interno más tardío) pero se levantarían a la misma hora (por tener un horario escolar que comienza más temprano), los adolescentes que asisten al turno noche con cronotipos más matutinos podrían retrasar su hora de acostarse debido a que terminan tarde el horario escolar, pero se despertarían antes debido a su reloj interno. En consecuencia, los estudiantes que asisten por la tarde y que experimentaron mayores retrasos de 1^{er} a 5^{to} año, probablemente tendrán su tiempo interno mejor alineado a su horario escolar en 5^{to} año, y, en consecuencia, tendrán una SDw más larga en 5^{to} que en 1^{er} año. Así pues, un mejor ajuste entre el horario interno de los adolescentes y el horario escolar parece ser beneficioso en términos de duración del sueño para los adolescentes que asisten por la tarde y por la noche, pero no para sus compañeros que asisten por la mañana. Esto último fue sorprendente porque, aunque la mayoría de los adolescentes acortan su SDw de 1^{er} a 5^{to} año, la diferencia en SDw no depende de su Δ Cronotipo. Una posible explicación para este resultado es que los estudiantes del turno mañana ya estaban privados de sueño en su 1^{er} año y, en consecuencia, no fueron capaces de acortar aún más su SDw por razones homeostáticas. Así pues, el efecto de un retraso en el cronotipo de los alumnos que asisten por la mañana es “absorbido” principalmente por un aumento de los niveles de SJL y no por un acortamiento de la SDw.

Por último, la asociación entre el cronotipo basal y la magnitud y dirección del Δ Cronotipo que aquí se informa va en contra de la noción más parsimoniosa e intuitiva de que todos los adolescentes retrasarían de forma similar su cronotipo. El cronotipo no se retrasa

necesariamente durante la adolescencia y, si se retrasa, la magnitud se asocia con el cronotipo basal y el horario escolar. Estos resultados podrían modificar las políticas públicas sugeridas en el pasado para mejorar el ajuste entre el horario escolar y el horario interno de los adolescentes. Por ejemplo, la asignación del horario escolar basada únicamente en el cronotipo basal podría no ser tan beneficiosa como se esperaba para la salud del sueño y el rendimiento académico de los adolescentes (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Estevan et al., 2018, 2020; Goldin et al., 2020). Por supuesto, se necesitan más pruebas para arrojar luz sobre este asunto y comprender sus implicancias prácticas, pero este novedoso hallazgo añade conocimientos al campo y abre un nuevo abanico de posibilidades y preguntas. Explorar los mecanismos subyacentes que explican los efectos tanto del horario escolar como del cronotipo basal sobre la forma en que el cronotipo cambia durante la adolescencia nos llevará a comprender mejor cómo podemos ayudar a los adolescentes a alcanzar hábitos de sueño más saludables. En particular, la estabilidad baja a moderada observada en el cronotipo durante la adolescencia sugiere que el cronotipo es un objetivo maleable (Arora & Taheri, 2015; Bai et al., 2021; Borisenkova et al., 2019; Haynie et al., 2018; Karan et al., 2021; Malone et al., 2016; Schlarb et al., 2014; Taylor & Hasler, 2018), lo que en el futuro podría tener interesantes aplicaciones prácticas. Entender que los cronotipos basales más matutinos están asociados a mayores retrasos en el cronotipo, nos proporciona nuevos conocimientos para ayudar a diseñar intervenciones destinadas a mejorar la salud y los hábitos de sueño de los adolescentes.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Participantes, protocolo y comité de ética

Los participantes, el protocolo y el comité de ética son los mismos que el capítulo anterior. Brevemente, 259 estudiantes de una secundaria de Buenos Aires completaron un cuestionario sobre hábitos (el MCTQ) (Roenneberg et al., 2003) durante las horas habituales de clases, en su 1^{er} y 5^{to} año. Los estudiantes asisten a uno de tres turnos diferentes: mañana, tarde o noche, al que son asignados aleatoriamente al comienzo de la escuela secundaria. El estudio no fue invasivo y se les informó a los estudiantes que la participación no era obligatoria y que podrían abandonar la actividad sin ningún perjuicio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética institucional de la Universidad Nacional de Quilmes (Veredicto #4/2017) y por la autoridad máxima de la escuela, quien firmó un consentimiento informado.

3.4.2. Variables evaluadas

A partir de los datos obtenidos del MCTQ, se calculó el MSFsc, el SJL y la SDw. Para cada individuo calculamos el cambio experimentado en su cronotipo (Δ Cronotipo), su SDw (Δ SDw) y su SJL (Δ SJL) de 1^{er} año a 5^{to} año utilizando los valores de MSFsc, SDw y SJL calculados previamente de la siguiente manera:

$$\Delta\text{Cronotipo} = \text{MSFsc}_{5\text{to}} - \text{MSFsc}_{1\text{ro}}$$

$$\Delta\text{SDw} = \text{SDw}_{5\text{to}} - \text{SDw}_{1\text{ro}}$$

$$\Delta\text{SJL} = \text{SJL}_{5\text{to}} - \text{SJL}_{1\text{ro}}$$

Nótese que un Δ Cronotipo negativo implica un adelanto del cronotipo, es decir, un cronotipo más tardío en 1^{er} que en 5^{to} año. Por el contrario, un valor positivo implica un retraso del cronotipo. Un Δ SDw negativo implica que la duración de sueño disminuye de 1^{er} a 5^{to} año y un Δ SDw positivo implica que SDw aumenta de 1^{er} a 5^{to} año. Lo mismo vale para Δ SJL.

3.4.3. Análisis estadísticos

Se utilizó un modelo lineal generalizado para comprobar si el cambio observado desde 1^{er} a 5^{to} año en el cronotipo (Δ Cronotipo) depende del horario escolar (como factor: mañana, tarde o noche) y del cronotipo basal (es decir, el cronotipo en 1^{er} año). Luego, realizamos modelos generalizados para evaluar si los cambios relacionados con la edad en SJL y SDw dependen del horario escolar (como factor: mañana, tarde o noche) y del Δ Cronotipo (como variable continua).

4. Efecto de la interacción del turno escolar, la edad y el cronotipo en el logro académico de los adolescentes⁴

4.1. Introducción

4.1.1. Logro académico y cronotipo

La escuela secundaria comienza muy temprano por la mañana para la mayoría de los estudiantes de todo el mundo. Los cronotipos de los estudiantes se retrasan progresivamente durante la adolescencia hasta alcanzar su pico más tardío al final de esta etapa (Carskadon, 2011a; Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004). Este desajuste entre el cronotipo biológico y las obligaciones sociales es la razón principal por la que muchos adolescentes presentan un deterioro del rendimiento cognitivo (Carskadon, 2011a; Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022). Aunque la evidencia disponible no es aún concluyente (Biller et al., 2021), algunas intervenciones en las que retrasaron el horario de inicio escolar mostraron una mejora del rendimiento académico de los adolescentes (Dunster et al., 2018; Kelley et al., 2017), lo que sugiere que una mejor alineación del reloj interno de los adolescentes y los horarios escolares podría ser beneficiosa. En la misma línea, se ha observado que los cronotipos más tardíos se asocian a un menor rendimiento académico.

Interesantemente, esta asociación entre cronotipos tardíos y un peor rendimiento académico parece ser más fuerte para las asignaturas relacionadas con las matemáticas y las ciencias que para los idiomas, donde el efecto suele ser menor (Goldin et al., 2020; Preckel et al., 2013) o incluso inexistente (Zerbini et al., 2017). En el estudio llevado a cabo por Zerbini et al., se encontró una asociación entre los cronotipos tardíos y un menor rendimiento académico en matemáticas, química, biología y geografía, pero no en holandés, inglés, historia y física (Zerbini et al., 2017). Una posible explicación de estos resultados es que las asignaturas científicas se basan principalmente en la inteligencia fluida, mientras que las lingüísticas y humanísticas se basan más en la inteligencia cristalizada (Goldstein et al., 2007; Hasher et al., 2005). Así, el efecto diferencial según la asignatura escolar podría explicarse por el hecho de que, cuando se evalúa por la mañana, la inteligencia fluida, pero no la cristalizada, muestre una asociación negativa con cronotipos más tardíos.

⁴ Los resultados de este capítulo fueron publicados en Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., Sigman, M., & Leone, M. J. (2023). A better alignment between chronotype and school timing is associated with lower grade retention in adolescents. *npj Science of Learning*, 8(1), 21.

La asociación entre cronotipos tardíos y un menor rendimiento académico probablemente no sea la misma en regiones diferentes, ya que el cronotipo también varía entre países. La figura 4.1 muestra una comparación especialmente relevante que incluye datos de tres poblaciones diferentes con cronotipos medios gradualmente más tardíos para comparar el efecto sobre el rendimiento académico. Como explicamos anteriormente, los estudiantes argentinos presentan cronotipos extremadamente tardíos (MSFsc medio para estudiantes de 13-14 años: 05:49; MSFsc medio para estudiantes de 17-18 años: 06:10) (Goldin et al., 2020) especialmente en comparación con los adolescentes holandeses (MSFsc medio para 11-16 años: 04:16) (Zerbini et al., 2017) pero también con la cohorte rusa (MSFsc medio para 10-18 años: 05:04) (Kolomeichuk et al., 2016). Los cronotipos más tardíos se asocian con calificaciones más bajas en los tres estudios, pero la magnitud del efecto difiere entre países: un cronotipo 1h más tardío se asocia con una reducción de las calificaciones de 0.338, 0.282 y 0.124 en los estudiantes de Argentina, Rusia y Países Bajos, respectivamente (calificaciones escaladas de 1 a 10) (Figura 4.1). Aunque esta comparación de magnitudes es interesante e ilustrativa, debe analizarse con cautela porque los tres estudios presentan importantes diferencias entre sí. Por ejemplo, los modelos lineales que incluyen las calificaciones y el cronotipo incluyen distintas covariables entre los estudios y, en el estudio ruso, las calificaciones fueron reportadas por los estudiantes y oscilaron entre 1 y 5 (el coeficiente informado anteriormente se ha corregido para permitir la comparación). Además, las calificaciones incluidas en estos tres estudios corresponden a diferentes asignaturas escolares: en el caso de Argentina y los Países Bajos, los valores presentados aquí corresponden únicamente a matemática, mientras que en el caso de Rusia es el promedio de varias asignaturas escolares diferentes. Así, teniendo en cuenta que matemática es una de las materias escolares donde se ha informado que el efecto del cronotipo es más fuerte (Goldin et al., 2020; Preckel et al., 2013; Zerbini et al., 2017) el resultado reportado en la muestra rusa podría estar subestimado. En consecuencia, se necesitan más evidencias para aclarar si la relación entre el cronotipo y el rendimiento académico es más fuerte para las poblaciones de estudiantes que asisten a la escuela por la mañana y exhiben cronotipos más tardíos.

Lamentablemente, la magnitud del efecto no se puede comparar fácilmente entre países latinoamericanos porque el cronotipo fue evaluado de formas diferentes en los estudios de esta región. Por ejemplo, mientras que un estudio de Argentina (Goldin et al., 2020) obtuvo los cronotipos utilizando el MCTQ (Roenneberg et al., 2003) (un cuestionario basado en hábitos de sueño), un estudio de Uruguay (Estevan et al., 2018) y otro de México (Arrona-Palacios & Díaz-

Morales, 2018) utilizaron el MEQ (Horne & Östberg, 1976) y el MESC (Carskadon et al., 1993), respectivamente, que se basan ambos en preferencias diurnas.

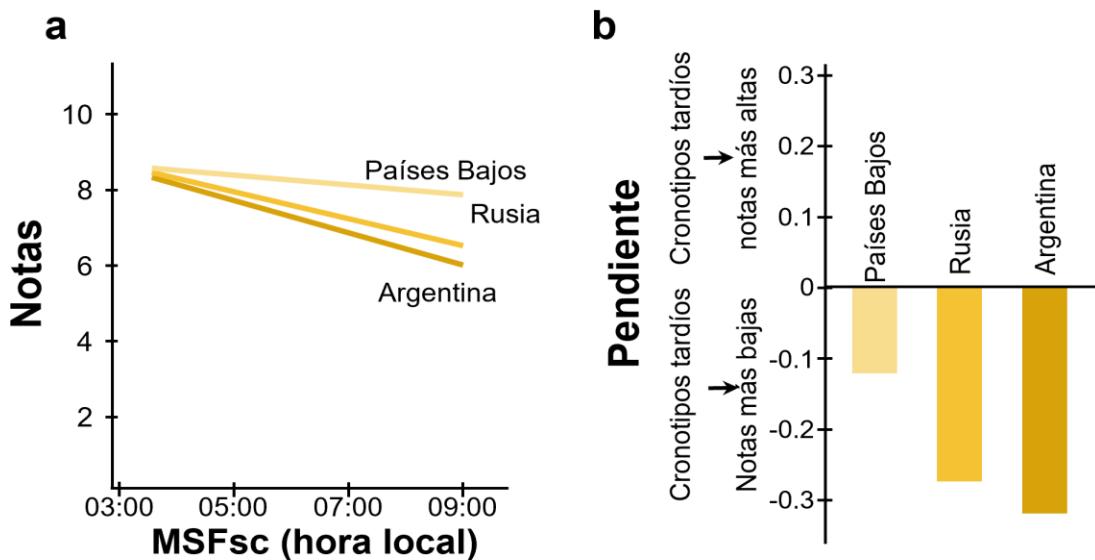


Figura 4.1. Comparación del efecto del cronotipo en el rendimiento académico entre diferentes países. **a.** Las líneas representan la correlación entre el cronotipo evaluado como MSFsc y las notas. **b.** Pendientes entre el cronotipo y el rendimiento académico para diferentes países. Una pendiente negativa implica que cronotipos más tardíos están asociados a un peor rendimiento académico. La intensidad del color indica el cronotipo medio de las poblaciones bajo estudio, colores más claros representan que la población tiene cronotipos medios más matutinos.

En general, se observa que los cronotipos más tardíos que asisten a la escuela temprano por la mañana están en desventaja cognitiva, lo que podría dar lugar a efectos negativos en su futura vida académica y profesional (French et al., 2015; Geiser & Santelices, 2007). De hecho, el rendimiento académico no es la única variable relacionada a los logros académicos que podría estar asociada al cronotipo. Por ejemplo, en el turno mañana, cronotipos más tardíos se han visto asociados a mayor número de llegadas tarde y faltas (Zerbini et al., 2017). Otra variable de interés asociada al logro académico, es si los estudiantes terminan el colegio en el tiempo estipulado o no, es decir si repiten un año escolar o no. Hasta el momento no se ha reportado una asociación entre el cronotipo y la probabilidad de repetir un año, en este capítulo abordaremos esa relación.

4.1.2. Efecto de sincronía y efecto de cronotipo

En este capítulo, hemos establecido que, en el turno mañana, los estudiantes con cronotipos más nocturnos tienden a rendir peor que aquellos con cronotipos más matutinos. Sin embargo, esto podría darse por dos razones diferentes. Podría ser que los cronotipos tardíos siempre obtengan un rendimiento menor que los matutinos, es decir que esta diferencia de rendimiento sea consecuencia únicamente del cronotipo, a esto lo llamaremos “efecto del cronotipo”. Sin embargo, la asociación entre los cronotipos más tardíos y un menor rendimiento durante el turno mañana podría explicarse por el hecho de que las personas suelen rendir mejor cuando el momento de la actividad está alineado con su cronotipo, es decir podría estar ocurriendo un “efecto de sincronía” (May, 1999; May et al., 1993).

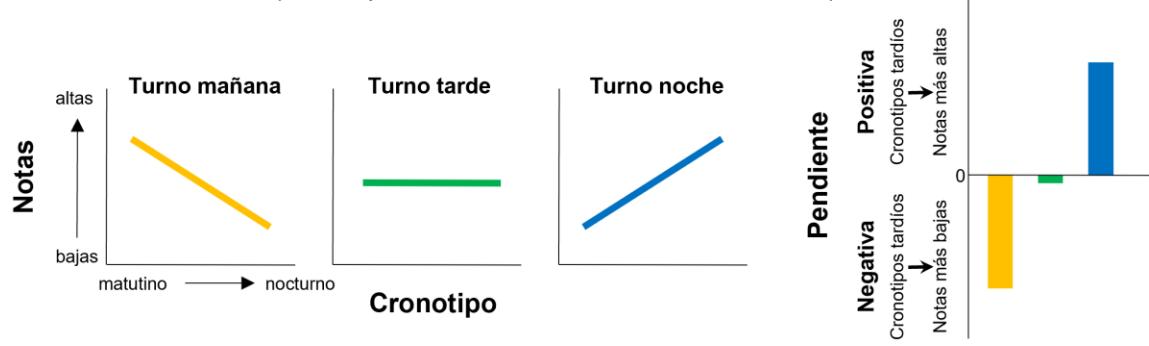
Para poder desambiguar si lo que se da es un efecto del cronotipo o un efecto de sincronía los estudiantes deben ser evaluados en diferentes momentos del día. Algunos países latinoamericanos, entre ellos Argentina, tienen escuelas con dos o tres horarios escolares muy diferentes: turno mañana, aproximadamente de 07:30 a 12:30; turno tarde, aproximadamente de 12:30 a 17:30; y sólo en algunos casos excepcionales, turno noche, aproximadamente de 17:30 a 22:30. La existencia de estos turnos escolares y la definición de los efectos de cronotipo y sincronía, delinean tres posibles escenarios que explican cómo la interacción entre el cronotipo y el turno escolar afecta a las notas de los adolescentes (Figura 4.2):

- A. Efecto de sincronía puro: las variaciones en el rendimiento académico se explican completamente por la interacción entre el cronotipo y el turno escolar, con notas más altas asociadas a una mejor alineación entre el turno escolar y el cronotipo de los estudiantes. Si este fuese el caso, en el turno mañana, los resultados deberían mostrar una pendiente negativa indicando que cronotipos más tardíos se asocian con peores notas que los más matutinos; en el turno tarde la diferencia desaparece y por tanto la pendiente sería cercana a cero; y, por último, en el turno noche la pendiente se invertiría pasando a ser positiva, ya que los cronotipos más tardíos tendrían un mejor rendimiento que los más matutinos (Figura 4.2A).
- B. Efecto de cronotipo puro: las variaciones en el rendimiento académico se explican completamente por el cronotipo, y los cronotipos más matutinos obtienen notas más altas que los más tardíos. Si este fuese el caso, se observarían pendientes negativas e iguales en todos los turnos, ya que el cronotipo sin interactuar con el turno explicaría la diferencia en las notas (Figura 4.2B).

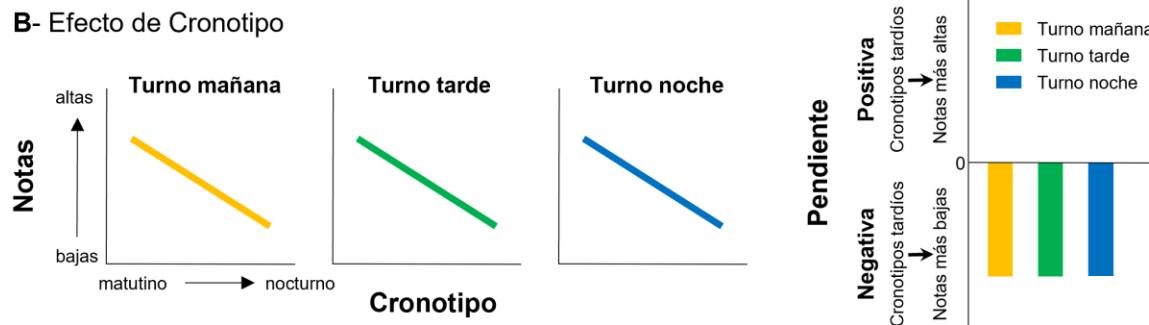
C. Ambos efectos actúan en conjunto: tanto el cronotipo como su interacción con el turno escolar modulan el rendimiento académico; como resultado, los cronotipos más matutinos obtienen mejores notas, pero la magnitud de esta asociación estará relacionada con lo bien alineados que estén el cronotipo y el horario escolar. Si este fuese el caso, se vería una pendiente negativa relacionando cronotipos más tardíos con notas más bajas en el turno mañana y las pendientes se iría acercando gradualmente a cero a medida que turnos más tardíos son considerados (Figura 4.2C).

El “efecto de sincronía” indicaría entonces que, si los alumnos son evaluados por la tarde, la diferencia entre cronotipos debería desaparecer. Fuera del ámbito educativo, se han encontrado pruebas del efecto de sincronía en las funciones ejecutivas (Hahn et al., 2012; Lara et al., 2014; May, 1999), *priming* (Intons-Peterson et al., 1999), la memoria (May et al., 2005) y la inteligencia fluida (pero no cristalizada) (Goldstein et al., 2007; Hasher et al., 2005). En el ámbito educativo, se han observado algunas evidencias de la existencia del efecto de sincronía al comparar diferentes turnos escolares. Específicamente, sólo hay un puñado de estudios que comparan cómo se asocia el cronotipo con rendimiento académico en el turno mañana y en el turno tarde. Estos estudios mostraron que los adolescentes con cronotipos más matutinos obtienen mejores resultados en el horario escolar de mañana, pero no en el de tarde, donde el rendimiento académico no varía según los cronotipos (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Estevan et al., 2018; Itzek-Greulich et al., 2016; Martin et al., 2016; van der Vinne et al., 2015; Wyatt et al., 1999). Esto parece implicar que el cronotipo no es el único factor que afecta al rendimiento académico de los adolescentes, es decir que no estaríamos observando únicamente un “efecto del cronotipo”. No obstante, esta conclusión no puede ser establecida porque en estos estudios los estudiantes no fueron asignados aleatoriamente a los dos turnos escolares comparados. Por lo tanto, los resultados pueden estar sesgados por las preferencias de los estudiantes y la existencia de diferencias basales en el cronotipo y el rendimiento académico entre los horarios escolares. Además, estos resultados son compatibles con el Escenario C (ambos efectos están actuando) porque no vemos una inversión de la pendiente de forma tal que cronotipos más tardíos se asocian a mejores notas. Sin embargo, también podría tratarse de un efecto de sincronía puro, que podría quedar enmascarado si el horario escolar de la tarde no es lo suficientemente tardío para que los estudiantes con cronotipos más tardíos rindan mejor que aquellos con cronotipos más matutinos. Por lo tanto, estos estudios no pueden definir cuál de los escenarios presentados es el más plausible.

A- Efecto de sincronía (Cronotipo interactuando con el horario escolar)



B- Efecto de Cronotipo



C- Efecto combinado (efectos de Cronotipo y Sincronía)

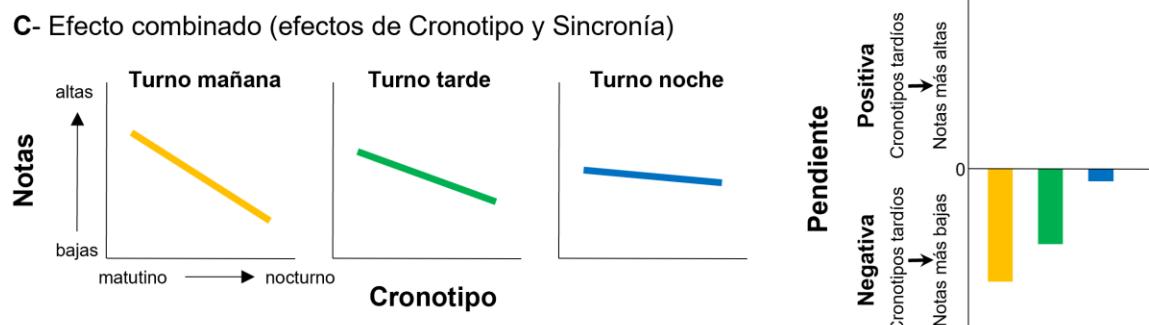


Figura 4.2. Predicciones teóricas de la interacción entre el cronotipo y el turno escolar explicando el rendimiento académico. A. Efecto de sincronía puro. B. efecto de cronotipo puro. C. Efecto combinado del efecto de cronotipo y el efecto de sincronía.

Recientemente, en un estudio transversal de nuestro grupo intentamos desambiguar estos posibles escenarios abordando las limitaciones mencionadas (falta de asignación aleatoria y falta de un turno noche). Investigamos el rendimiento académico en un contexto educativo natural en el que los estudiantes en 1^{er} año fueron asignados aleatoriamente a uno de tres horarios escolares diferentes: por la mañana (07:45-12:05), por la tarde (12:40-17:00) o por la noche

(17:20-21:40) (Goldin et al., 2020). Esta asignación aleatoria sugiere la ausencia de sesgos por factores que pueden condicionar la asignación al turno escolar, como el estatus socioeconómico, las preferencias diarias o el rendimiento académico previo. El estudio mostró que, en el caso de los alumnos que asistían al turno mañana, los cronotipos matutinos obtenían mejores resultados que los tardíos en todas las materias escolares y, en particular, el efecto fue más pronunciado en matemática. En cambio, este efecto no se observó en ninguna asignatura para los alumnos que asistían a clase por la tarde. Por último, para los alumnos que asistían al turno noche, el efecto del cronotipo disminuyó en todas las materias (las pendientes eran más cercanas a cero o hasta positivas en algunos casos) (Goldin et al., 2020).

En este capítulo presentamos los resultados de un estudio longitudinal que capitaliza aún más esta configuración educativa única (tres turnos escolares con asignación al azar). Además, los estudiantes que participaron lo hicieron en dos momentos diferentes de su adolescencia: en su 1^{er} año de secundaria cuando tenían 13-14 años y durante su 5^{to} año (17-18 años) (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Este diseño longitudinal permite suponer que las diferencias observadas entre 1^{er} y 5^{to} año en las calificaciones de los estudiantes no se deben a la variabilidad interindividual, sino a cambios relacionados con la edad. Además, la interacción del cronotipo con el turno escolar podría no sólo modular el rendimiento de los estudiantes (es decir, las notas), sino también variables más globales asociadas al logro académico, como la repetición de año (es decir, la proporción de estudiantes que repiten al menos un curso escolar a lo largo de la educación secundaria). En los últimos años, un par de trabajos previos reportó una asociación entre la corta duración del sueño y la probabilidad de recursar materias en estudiantes universitarios (Gaultney, 2016; Hartmann & Prichard, 2018). Sin embargo, el efecto del cronotipo sobre las chances de repetir de año en adolescentes sigue siendo desconocido. En este capítulo vamos a poder abordar este *gap* en el conocimiento, ya que, por naturaleza longitudinal de este estudio, sabemos que estudiantes que comenzaron su 1^{er} año de secundaria en 2015 no llegaron a 5^{to} año cuatro años más tarde (en 2019).

En conjunto, aquí estudiamos si el cronotipo por sí solo (efecto cronotipo) y/o su alineación con el turno escolar (efecto sincronía) afecta al éxito académico -evaluando rendimiento académico o notas y las chances de repetir un año- y cómo lo hace.

4.1.3. Objetivos e hipótesis

El objetivo de esta sección es comprender si, y cómo, el cronotipo interactuando con el turno escolar afecta al logro académico. Para ello, lo abordamos de tres formas diferentes:

1. Estudiamos si el rendimiento académico difiere entre los turnos escolares en 1^{er} y 5^{to} año: un mejor rendimiento en uno de los tres turnos podría indicar una mejor alineación entre el turno y el reloj interno de los estudiantes. Dado que los adolescentes argentinos presentan cronotipos particularmente tardíos (Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a), hipotetizamos que los estudiantes que asisten al turno tarde y/o noche presentarán un mejor rendimiento académico que aquellos que asisten a la escuela por la mañana (efecto sincronía).
2. Estudiamos cómo los efectos de sincronía y del cronotipo pueden modular el rendimiento académico en diferentes materias teniendo en cuenta las diferencias interindividuales en el cronotipo de los adolescentes. Considerando los resultados previos de nuestro grupo (Goldin et al., 2020), aquí planteamos la hipótesis de que tanto los efectos de sincronía como de cronotipo actuarán conjuntamente para modular el rendimiento académico.
3. Estudiamos si la interacción del cronotipo con el turno escolar predice la repetición de año. Nuestra hipótesis es que, incluso controlando por las notas (de lengua y matemática), los estudiantes del turno mañana con cronotipos más tardíos presentarán mayores probabilidades de repetir al menos un año (es decir, no alcanzar el último año escolar) y que este efecto será gradualmente menor para los horarios escolares más tardíos.

4.2. Resultados

4.2.1. Efecto global del turno escolar en el rendimiento académico

Para comprobar si el rendimiento académico se ve afectado por el horario escolar durante la adolescencia, y de qué manera, utilizamos un modelo lineal de efectos mixtos con el rendimiento académico como variable dependiente y el horario escolar, la edad, la asignatura y sus interacciones como predictores. Se incluyeron como factores aleatorios el ID del alumno, la comisión a la que pertenece el/la alumno/a y el tipo de examen. Las medias de las calificaciones separadas por género figuran en la Tabla 4.1 y los resultados del ANOVA del modelo en la Tabla A50.

Tabla 4.1. Promedio de notas según el género, la materia, el turno y el año escolar. N=259.

Edad	Turno	Género	Notas (M (SD))	
			Lengua	Matemática
1er año	Mañana	Femenino	6.898 (1.201)	6.740 (1.292)
		Masculino	6.381 (1.231)	6.369 (1.552)
	Tarde	Femenino	7.378 (1.379)	7.000 (1.592)
		Masculino	6.885 (1.018)	6.535 (1.325)
	Noche	Femenino	7.400 (0.935)	6.219 (1.690)
		Masculino	6.771 (1.246)	5.892 (1.760)
5to año	Mañana	Femenino	7.910 (1.377)	6.180 (2.284)
		Masculino	7.488 (0.868)	5.451 (2.450)
	Tarde	Femenino	7.881 (0.950)	6.295 (2.472)
		Masculino	7.134 (1.323)	5.689 (2.113)
	Noche	Femenino	7.641 (1.225)	6.673 (2.020)
		Masculino	7.146 (1.398)	6.542 (1.866)

El rendimiento académico se vio afectado significativamente por la materia ($F_{1,257}=503.070$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.056, 90% CI =0.051-0.062) y por su interacción con la edad ($F_{1,257}=41.736$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.005, 90% CI = 0.003-0.007). Además, el rendimiento académico se vio significativamente afectado por la interacción del turno escolar con la edad y la materia ($F_{1,257} =17.967$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.004, 90% CI=0.003-0.006). Las comparaciones post-hoc de a pares entre los horarios escolares para cada combinación de edad y materia se muestran en la Figura 4.3 y en la Tabla A51. Cuando los adolescentes fueron más jóvenes (es decir, en su 1^{er} año), observamos un mejor rendimiento en matemática en los estudiantes que asistían por la tarde que en sus compañeros que asistían por la noche ($t=3.018$, $P = 0.007$, *Cohen's d*=0.411, 95% CI=[0.144 a 0.677]). Además, tanto los alumnos que asistían por la tarde como los que lo hacían por la noche mostraron una tendencia a tener mejores calificaciones en

lengua que sus compañeros que asistían por la mañana, aunque las comparaciones no fueron estadísticamente significativas (mañana vs. tarde: $t = -2.177$, $P = 0.075$, *Cohen's d* = -0.287, 95% CI = [-0.545 a -0.029]; mañana vs. noche: $t = -2.183$, $P = 0.074$, *Cohen's d* = -0.298, 95% CI = [-0.595 a -0.030]). Por otra parte, cuando los adolescentes fueron mayores (es decir, en su 5^{to} año), los alumnos que asistían al turno noche presentaron un mejor rendimiento en matemática que sus compañeros del turno mañana y del turno tarde ($t = -3.432$, $P = 0.002$, *Cohen's d* = -0.468, 95% CI = [-0.736 a -0.201]; y $t = -2.908$, $P = 0.01$, *Cohen's d* = -0.396, 95% CI = [-0.663 a -0.129], respectivamente). No se encontraron diferencias en lengua.

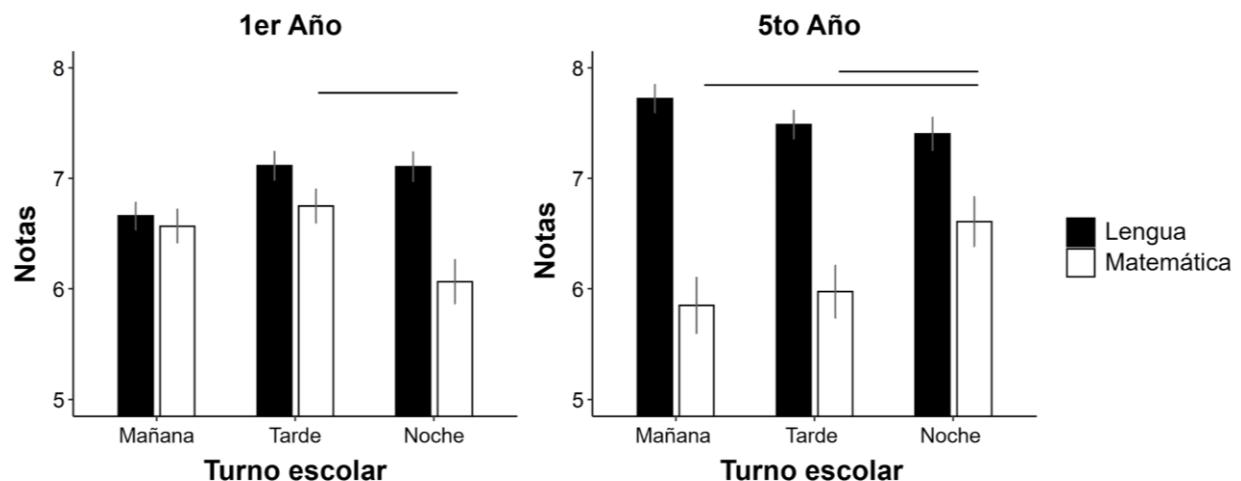


Figura 4.3. Las notas dependen del horario escolar, la edad y la materia. Las calificaciones corresponden a los alumnos de 1^{er} y 5^{to} año de los turnos mañana, tarde o noche. La edad se introdujo como factor (para 1^{ro} o 5^{to} año). Sólo se realizaron comparaciones entre horarios escolares dentro de cada año escolar y materia. Las líneas encima de las barras indican las comparaciones significativas entre. $n = 259$.

En conjunto, y de acuerdo con nuestra predicción, los alumnos de 1^{ro} rinden mejor en el turno tarde y, cuando crecen (es decir, en 5^{to} año), rinden mejor más tarde, en el turno noche. Esto podría deberse al hecho de que durante 1^{er} año el horario interno de los estudiantes está mejor alineado al horario del turno tarde, mientras que, durante 5^{to} año, está mejor alineado con el horario del turno noche. Esto es especialmente plausible si se tiene en cuenta que los alumnos de 1^{er} año presentan cronotipos más matutinos, como mostramos en el Capítulo 2 de esta tesis.

4.2.2. Efecto de la interacción entre el turno escolar y el cronotipo en el rendimiento académico

En esta sección, estudiamos cómo las diferencias interindividuales en el cronotipo dentro y entre los turnos escolares afectan al rendimiento académico y, para ello, incluimos el cronotipo (es decir, MSFsc) en el análisis. En concreto, utilizamos un modelo lineal de efectos mixtos en el que incluimos la interacción entre el cronotipo, la edad, el turno escolar y la materia como predictores del rendimiento académico. Controlamos por el género para evitar un posible sesgo del efecto del MSFsc por esta variable, ya que hay informes que indican que el género podría influir en el cronotipo (Roenneberg et al., 2004). Incluimos el ID y la división de cada estudiante, y el tipo de examen como factores aleatorios (el ANOVA y resumen del modelo se encuentran en la Tabla A52 y Tabla A53, respectivamente). Observamos un efecto principal del cronotipo ($F_{1,257}=25.264$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.041, 90% CI=0.019-0.070), la materia ($F_{1,256}=2203.130$, $P<0.0001$, η^2 parcial=0.048, 90% CI=0.043-0.054) y el género ($F_{1,257}=54.311$, $P<0.0001$, η^2 parcial =0.074, 90% CI =0.031-0.129) sobre el rendimiento académico. Aunque no observamos un efecto principal del turno escolar ($F_{1,256}=11.812$, $P=0.110$, η^2 parcial=0.082, 90% CI=0.000-0.205) ni de la edad ($F_{1,257}=5.810$, $P=0.149$, η^2 parcial=0.110, 90% CI = 0.000-0.355), ambos interactúan con los demás factores para explicar el rendimiento académico de los estudiantes (Tabla A52). Es importante destacar que la triple interacción entre el turno escolar, el cronotipo y la materia afecta significativamente al rendimiento académico ($F_{1,254}=56.832$, $P<0.001$, η^2 parcial=0.001, 90% CI=0.000-0.002). Además, el rendimiento académico está modulado por el cronotipo interactuando con la edad ($F_{1,257}=10.958$, $P=0.039$, η^2 parcial = 0.009, 90% CI =0.000-0.029), con la materia ($F_{1,256}=102.361$, $P<0.001$, η^2 parcial =0.002, 90% CI=0.001-0.004), y con ambos factores juntos ($F_{1,256}=33.871$, $P=0.001$, η^2 parcial =0.001, 90% CI =0.00-0.002). La interacción entre los cuatro factores no fue significativa ($F_{1,254}=17.213$, $P=0.152$, η^2 parcial =0.000, 90% CI=0.000-0.001).

La Figura 4.4 y la Tabla 4.2 muestran las pendientes que describen la relación entre el rendimiento académico y el cronotipo para las distintas combinaciones de los niveles de algunos de los factores incluidos en el modelo: edad, turno y materia. La Tabla A54 muestra las comparaciones entre las pendientes y las Figuras 4.5 y 4.6 muestran los datos desagregados por individuo y la recta que describe la asociación entre cronotipo y rendimiento académico.

En su 1^{er} año, los estudiantes con cronotipos más tardíos obtuvieron calificaciones más bajas que sus compañeros con cronotipos más matutinos en matemática cuando asisten turno tarde y

en lengua en el turno noche ($\beta=-0.200$, 95% CI=-0.343 a -0.057, $t =-2.746$, $P=0.006$ y $\beta=-0.185$, 95% CI=-0.354 a -0.017, $t=-2.153$, $P=0.031$, respectivamente). Por la tarde, los cronotipos más tardíos no se asociaron con un menor rendimiento académico (matemática: $\beta=-0.079$, 95% CI=-0.230 a 0.071, $t=-1.030$, $P=0.303$; lengua: $\beta=0.080$, 95% CI=-0.070 a 0.231, $t=1.045$, $P=0.296$). Además, la magnitud de la asociación entre el cronotipo y las notas de lengua en 1^{er} año fue significativamente diferente entre el turno noche y el turno tarde ($t=2.302$, $d=0.166$, 95% CI=0.025-0.307).

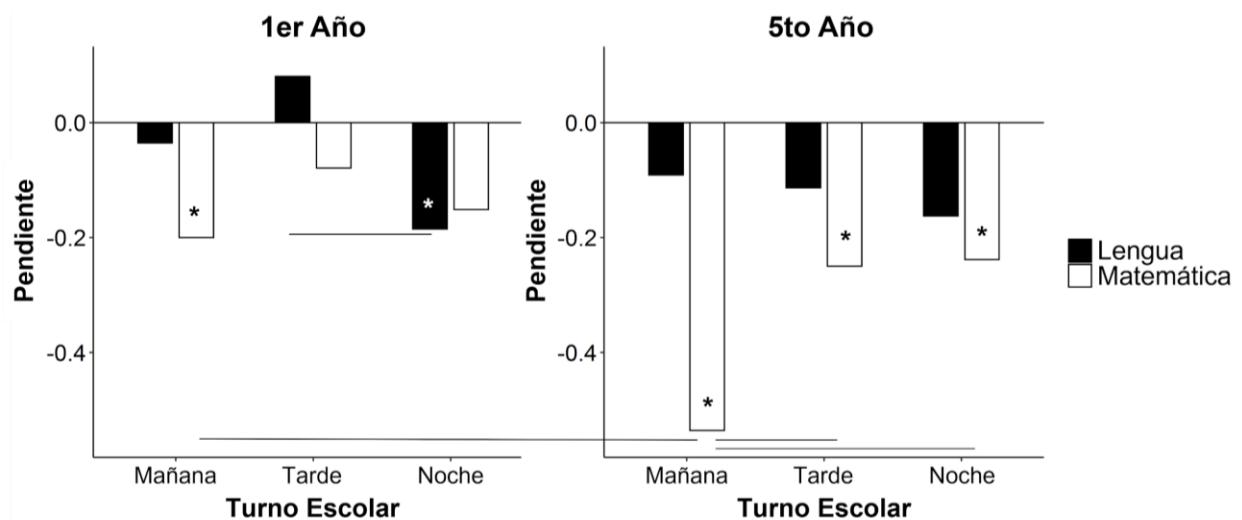


Figura 4.4. Las pendientes de la asociación entre el cronotipo (es decir, MSFsc) y las notas dependen del turno escolar, la edad y la materia. Una pendiente nula implica que no hay asociación entre el rendimiento académico y el cronotipo. Una pendiente negativa indica notas más altas para los cronotipos más tempranos. Una pendiente positiva indica notas más altas para los cronotipos más tardíos; en la Tabla 4.2 se muestran los valores de cada pendiente; $n = 259$. Las líneas indican las comparaciones significativas. Los asteriscos (*) indican cuando las pendientes difieren significativamente de cero.

Cuando los estudiantes son mayores, aunque todas las pendientes son negativas, sólo las pendientes para las notas de matemática difieren significativamente de cero (mañana: $\beta=-0.535$, 95% CI=-0.708 a -0.363, $t=-6.09$, $P<0.0001$; tarde: $\beta=-0.250$, 95% CI=-0.404 a -0.096, $t=-3.181$, $P=0.002$; y noche: $\beta=-0.238$, 95% CI=-0.404 a -0.072, $t=-2.814$, $P=0.005$). Este resultado indica que la asociación entre cronotipos tardíos y menor rendimiento académico es fuerte para matemática en todos los horarios escolares, lo que sugiere la existencia del efecto del cronotipo. Sin embargo, el efecto es más fuerte (las pendientes son más pronunciadas) para los alumnos

que asisten por la mañana: mientras que por la mañana un cronotipo 1h más tardío se asocia con una disminución de 0.535 puntos en las notas de matemática, por la tarde y por la noche la disminución es de 0.250 y 0.238 puntos, respectivamente (mañana vs. tarde: $t=-2.421$, $d=-0.178$, 95% CI=-0.323 a -0.034; mañana vs. noche: $t=-2.436$, $d=-0.186$, 95% CI=-0.335 a -0.036). Esto último apoya la existencia de un efecto de sincronía que contrarresta parcialmente el efecto del cronotipo (es decir, menor rendimiento académico en los cronotipos más tardíos).

Tabla 4.2. Pendientes, ordenadas al origen (*intercept*) y notas para un cronotipo 1h más tarde que la media según la edad. Para obtener una interpretación más natural de las estimaciones del modelo, se incluyó MSFsc en relación con su media global ($M= 06:27$). $n= 259$. Cada ordenada al origen resulta de la suma de los coeficientes correspondientes e indica la nota predicha en cada grupo de condiciones para una alumna con un cronotipo promedio. Cada pendiente indica el cambio predicho por el modelo en las calificaciones para un MSFsc 1 h más tardío.

Edad	Materia	Turno	Nota para MSFsc 1h más tardío	Intercept	Pendiente	95% CI	t	P
1er año	Otras	Mañana	7.661	7.655	0.006	[-0.092 a 0.104]	0.122	0.903
1er año	Otras	Tarde	7.708	7.801	-0.094	[-0.197 a 0.010]	-1.766	0.077
1er año	Otras	Noche	7.499	7.604	-0.105	[-0.223 a 0.012]	-1.756	0.079
5to año	Otras	Mañana	7.673	7.707	-0.034	[-0.151 a 0.084]	-0.564	0.573
5to año	Otras	Tarde	7.654	7.697	-0.043	[-0.146 a 0.059]	-0.826	0.409
5to año	Otras	Noche	7.734	7.843	-0.110	[-0.223 a 0.004]	-1.895	0.058
1er año	Lengua	Mañana	6.776	6.812	-0.036	[-0.179 a 0.107]	-0.49	0.624
1er año	Lengua	Tarde	7.286	7.206	0.080	[-0.070 a 0.231]	1.045	0.296
1er año	Lengua	Noche	7.145	7.330	-0.185	[-0.354 a -0.017]	-2.153	0.031
5to año	Lengua	Mañana	7.740	7.831	-0.091	[-0.264 a 0.081]	-1.037	0.300
5to año	Lengua	Tarde	7.666	7.779	-0.113	[-0.268 a 0.041]	-1.438	0.150
5to año	Lengua	Noche	7.938	8.101	-0.162	[-0.328 a 0.004]	-1.918	0.055
1er año	Matemática	Mañana	6.407	6.607	-0.200	[-0.343 a -0.057]	-2.746	0.006
1er año	Matemática	Tarde	6.857	6.936	-0.079	[-0.230 a 0.071]	-1.03	0.303
1er año	Matemática	Noche	6.135	6.286	-0.151	[-0.320 a 0.017]	-1.757	0.079
5to año	Matemática	Mañana	5.107	5.642	-0.535	[-0.708 a -0.363]	-6.09	<0.0001
5to año	Matemática	Tarde	6.099	6.349	-0.250	[-0.404 a -0.096]	-3.181	0.002
5to año	Matemática	Noche	6.797	7.035	-0.238	[-0.404 a -0.072]	-2.814	0.005

En resumen, el rendimiento académico parece estar modulado por el efecto del cronotipo, que es más fuerte para matemática que para lengua, especialmente cuando los estudiantes son mayores. Es importante destacar que este efecto del cronotipo observado en las calificaciones

de matemática está modulado también por un efecto de sincronía, lo que reduce el impacto del efecto del cronotipo en los horarios escolares más tardíos, como lo son el turno tarde y noche.

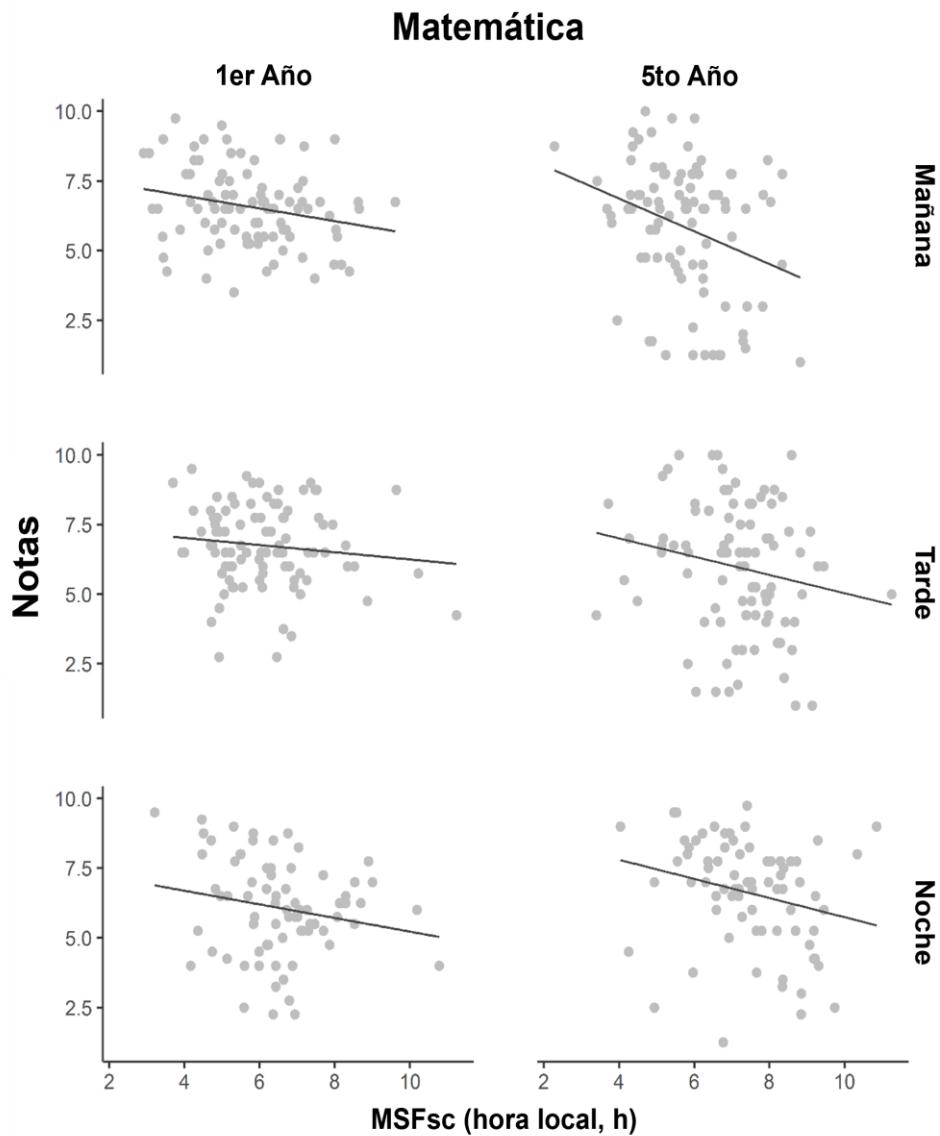


Figura 4.5. Relación entre notas de matemática y el cronotipo. Cada punto representa la intersección entre MSFsc y la media de las cuatro notas de cada alumno. Los paneles de la izquierda muestran datos de los alumnos en 1^{er} año y, los de la derecha, de los alumnos en 5^{to} año. Los datos de los turnos mañana, tarde y noche se representan de la fila superior a la inferior, respectivamente. Eje X: Punto medio de Sueño en días libres, corregido por deuda de sueño (MSFsc); todos los valores se representan en horas (hora local, h). Eje Y: Valor medio de las cuatro notas de matemática de cada alumno a lo largo del año escolar. En cada panel se dibuja la línea de regresión correspondiente.

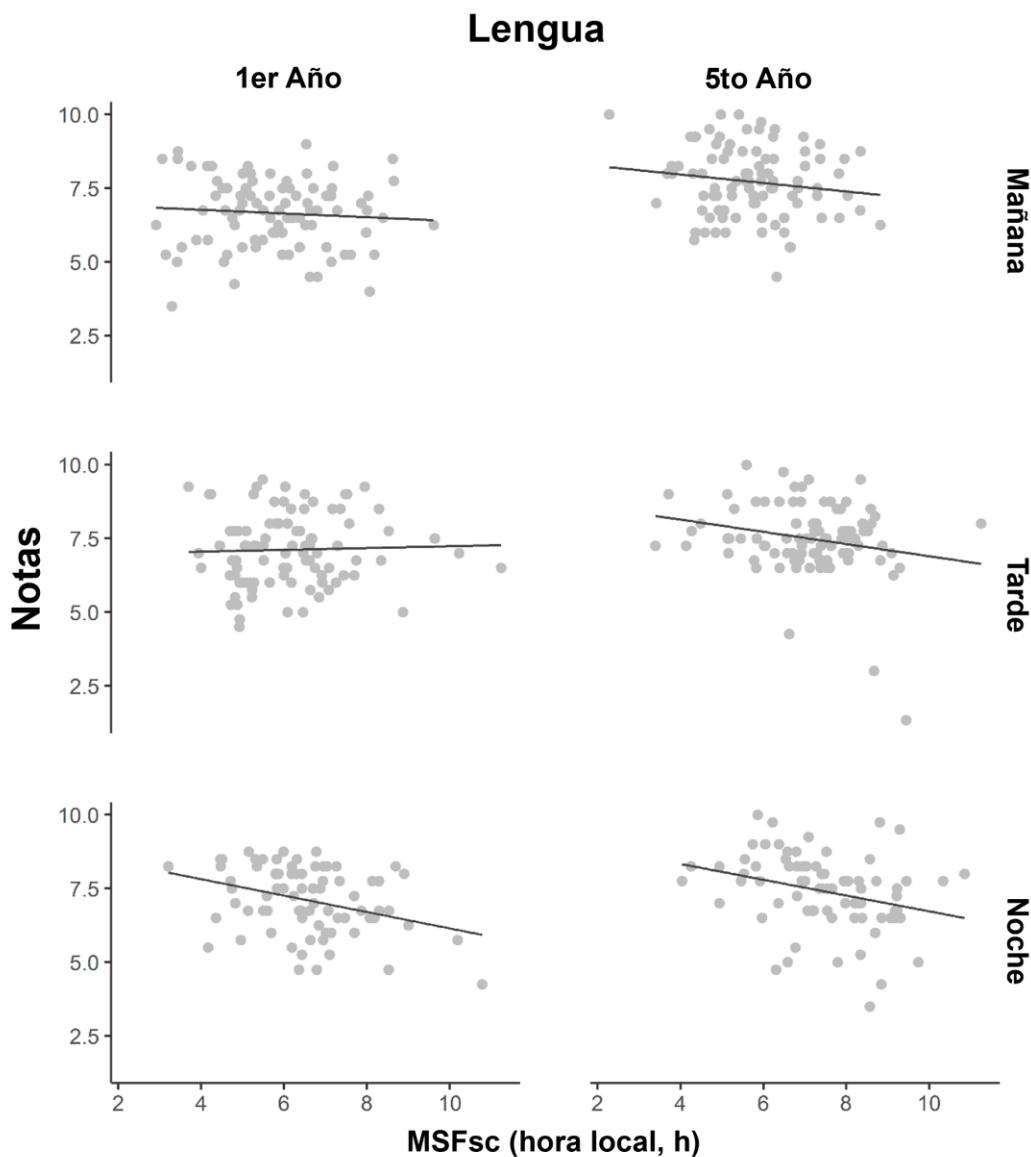


Figura 4.6. Relación entre notas de lengua y el cronotipo. Cada punto representa la intersección entre MSFsc y la media de las cuatro notas de cada alumno. Los paneles de la izquierda muestran datos de los alumnos en 1^{er} año y los de la derecha, de los alumnos en 5^{to} año. Los datos de los turnos mañana, tarde y noche se representan de la fila superior a la inferior, respectivamente. Eje X: Punto medio de Sueño en días libres, corregido por deuda de sueño (MSFsc); todos los valores se representan en horas (hora local, h). Eje Y: Valor medio de las cuatro notas de lengua de cada alumno a lo largo del año escolar. En cada panel se dibuja la línea de regresión correspondiente.

4.2.3. Efecto de la interacción entre el turno escolar y el cronotipo en las chances de repetir un año escolar

Además del rendimiento académico, existen otras variables relevantes para evaluar el logro académico y una de ellas es la repetición de un año escolar. En este caso, nuestra hipótesis es que el efecto de sincronía (es decir, la alineación entre el cronotipo y el horario escolar) predice la probabilidad de repetir, al menos un año. Aquí podemos poner a prueba esta hipótesis porque conocemos el cronotipo y el horario escolar de los estudiantes en su 1^{er} año de secundaria y, también, cuáles de esos estudiantes alcanzaron su 5^{to}, y último, año. Por lo tanto, tenemos la información de quiénes y cuántos de los estudiantes de 1^{er} año (n=407) llegaron a 5^{to} año 4 años después, y quienes y cuantos no. Utilizando estos datos, y con el objetivo de encontrar el mejor modelo que explique la asociación entre las chances de repetir y el cronotipo, comparamos un conjunto de modelos de regresión logística. Primero, testeamos un modelo base basado en nuestras hipótesis y luego fuimos agregando iterativamente alguno de los predictores e interacciones complementarias. Si el agregado de un predictor o interacción hacía que el modelo sea más parsimonioso -según el criterio de Akaike- seguíamos trabajando a partir de ese modelo (Tabla 4.3). Dado que los resultados del rendimiento académico (notas escolares) son importantes predictores de la permanencia en el colegio (Çam & Ögülmüs, 2021; McCoy & Reynolds, 1999), incluimos las notas de matemática y lengua junto con el cronotipo (es decir, el efecto del cronotipo) y la interacción del cronotipo con el turno escolar (es decir, el efecto de la sincronía) como variables explicativas en el modelo inicial. Los modelos evaluados se incluyen en la Tabla 4.3. El modelo finalmente seleccionado (el más parsimonioso) incluyó los predictores iniciales y las interacciones entre el turno escolar y las notas de lengua, y entre el cronotipo y las notas de matemáticas (modelo 5 en Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Comparación de modelos explicando la probabilidad de repetir de año. El modelo inicial incluyó el cronotipo, su interacción con el turno escolar y las calificaciones en matemática y lengua. En primer lugar, añadimos al modelo el turno escolar, pero el AICc no disminuyó. Así, continuamos con el modelo inicial y añadimos sucesivamente algunas interacciones relevantes. En los casos en que el AICc disminuyó, mantuvimos la interacción en el modelo. En concreto, añadimos las siguientes interacciones a) notas de cada las dos materias consideradas con el turno escolar, ya que también podría implicar una evidencia indirecta del efecto sincronía (modelos 3 y 4); b) notas de cada una de las materias con MSFsc porque, como se ha dicho anteriormente, las notas pueden estar moduladas por el cronotipo y la modulación puede variar con la materia (modelos 5 y 6); c) notas de matemática con notas de lengua, ya que es posible que presentar notas más bajas en ambas materias escolares tenga un mayor impacto en la probabilidad de repetir que presentar notas más bajas en sólo una de ellas (modelo 7); d) notas de cada una de las materias con el cronotipo y el turno escolar, ya que el efecto de sincronía podría estar modulado por la materia (modelos 8 y 9); e) y la interacción cuádruple (modelo 10). El modelo más parsimonioso es el modelo 5. n=407. MSFsc: Punto medio de sueño en días libres corregido por sueño. Matemática: Notas media de matemática. Lengua: Nota media de lengua. K: grados de libertad. AICc: Criterio de información de Akaike corregido. Delta AICc: diferencia de AICc entre un modelo y el más parsimonioso. Weight: Peso, indica el peso relativo de un modelo respecto al más parsimonioso. ER: ratio de evidencia, ER= AICcWt(más parsimonioso)/AICcWt(i). LER: logaritmo del coeficiente de evidencia, LER= log10 (ER).

	Variables explicatorias	K	AICc	dAICc	Weight	ER	LER
1	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno	6	227.109	4.060	0.042	7.613	0.882
2	Matemática + Lengua + MSFsc + Turno + MSFsc:Turno	8	227.879	4.830	0.029	11.188	1.049
3	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Matemática:Turno	8	227.413	4.363	0.036	8.860	0.947
4	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:Turno	8	224.541	1.492	0.150	2.108	0.324
5	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:Turno + Matemática:MSFsc	9	223.050	0.000	0.322	1.000	0.000
6	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:turno + Matemática:MSFsc + Lengua:MSFsc	10	225.021	1.972	0.118	2.680	0.428
7	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:turno + Lengua:turno + Matemática:MSFsc + Matemática:Lengua	10	224.519	1.470	0.152	2.085	0.319
8	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:Turno + Matemática:MSFsc + Lengua:Turno:MSFsc	12	229.142	6.093	0.015	21.037	1.323
9	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:Turno + Matemática:MSFsc + Matemática:MSFsc:Turno	11	227.063	4.014	0.043	7.440	0.872
10	Matemática + Lengua + MSFsc + MSFsc:Turno + Lengua:Turno + Matemática:MSFsc + Matemática:Lengua:MSFsc:Turno	12	227.879	4.829	0.029	11.103	1.045

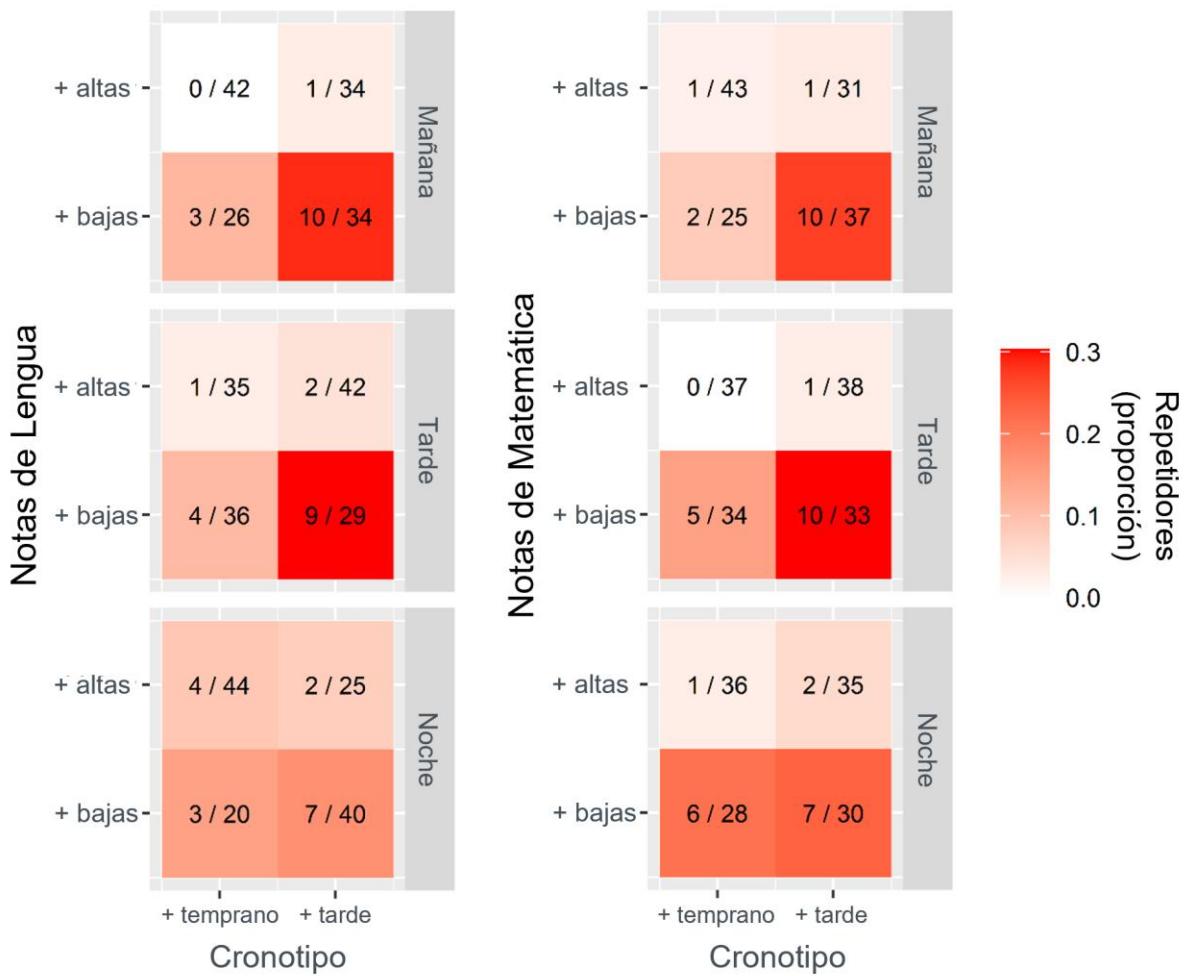


Figura 4.7. La proporción de estudiantes que repiten un año depende del rendimiento académico, el cronotipo y el turno escolar. La proporción de alumnos que repiten un año (repetidores) en los distintos turnos escolares varía entre los cuadrantes definidos por las medianas del cronotipo (es decir, MSFsc) y las de notas. Calculamos la mediana de las notas de matemática y de lengua para cada alumno, y luego dividimos esos valores en dos grupos en cada horario escolar: los que están por encima de la mediana (mayores o iguales) y los que están por debajo (menores). También obtuvimos dos grupos en cada turno para el cronotipo de los individuos: el que tiene valores de MSFsc por encima (más tardíos) y el que tiene valores por debajo (más matutinos) de la mediana de MSFsc. A continuación, para cada turno escolar y asignatura, se definieron cuatro cuadrantes mediante la intersección de las medianas del cronotipo y las notas (de lengua o matemática). El número a la derecha de cada cuadrante representa el número total de alumnos de 1^{er} año que pertenecen a ese cuadrante y el número a la izquierda representa la cantidad de esos alumnos que no llegaron a tiempo a 5^{to} año (es decir, que no estaban en la escuela cuatro años después). El color representa la relación entre ambos números, que es la proporción de alumnos que no llegaron en los tiempos esperados a 5^{to} año (un rojo más oscuro indica una mayor proporción de alumnos que repiten al menos un año). Nótese que esta figura sirve para ilustrar los resultados, pero MSFsc y las notas de matemáticas y lengua se incluyeron como variables numéricas en el modelo, aunque aquí las representamos como factores. $n = 407$.

Para evaluar qué condiciones se asocian a una mayor probabilidad de repetición de año, calculamos las *odds ratio* (OR) asociados a cada variable explicativa. Por ejemplo, el OR asociada a MSFsc (sin considerar las interacciones) es el cociente entre las probabilidades de repetir un año de un estudiante de 1^{er} año con un valor específico de MSFsc (por ejemplo, 07:00) y las probabilidades de otro estudiante de 1^{er} año con un MSFsc 1h más temprano (por ejemplo, 07:00-1h=06:00). Es decir, si el OR es superior a 1, el alumno con un cronotipo 1h más tardío presentaría mayores probabilidades de repetir un año (por ejemplo, un OR de 1.5 implica un 50% más de probabilidades de no alcanzar 5^{to} año en el tiempo previsto).

La inclusión de interacciones en este tipo de modelos, como en nuestro modelo seleccionado, significa que las OR asociadas a una variable (por ejemplo, MSFsc) difieren en función de los valores de otra variable (por ejemplo, las notas de matemática). En consecuencia, consideramos todas las interacciones incluidas en el modelo seleccionado (es decir, MSFsc*turno, notas de matemática*MSFsc, notas de lengua*turno) y calculamos los ORs asociados a cada variable explicativa cuando el otro predictor toma valores diferentes (Tabla 4.4). Por ejemplo, la inclusión de la interacción entre el turno escolar y el cronotipo implica que los ORs asociados al MSFsc no son los mismos para los alumnos que asisten a distintos horarios escolares. En particular, consideramos tres valores diferentes de las notas de matemática para los ORs de MSFsc en función del turno escolar, porque MSFsc interactúa tanto con el turno escolar como con las notas de matemática (Tabla 4.4a, 4.4b y 4.4c).

Tabla 4.4. La repetición escolar depende de la interacción entre el cronotipo, el horario escolar y las notas. Los *odds ratios* (OR) son $\frac{odds_{pred+1}}{odds_{pred}}$ donde pred es uno de los predictores bajo estudio (por ejemplo, MSFsc). Los OR representan la relación entre las probabilidades de que un alumno repita de año si su MSFsc se retrasa 1h (por ejemplo, de 05:00 a 06:00 o de 07:00 a 08:00). Para las calificaciones (es decir, notas de matemática o lengua), utilizamos $\frac{1}{OR}$ ($\frac{1}{OR} = \frac{odds_{pred-1}}{odds_{pred}}$) porque facilita la comprensión de los resultados, ya que se interpretan como las probabilidades de que un alumno repita de año si sus notas bajan 1 punto. **a**- OR asociados al MSFsc para los tres turnos escolares (mañana, tarde, noche) para alumnos con notas de matemática 1 punto por debajo de la media (5.15). **b**- OR asociados al MSFsc para los tres turnos escolares para alumnos con notas de matemática medias (6.15). **c**- OR asociados al MSFsc para los tres turnos escolares para alumnos con notas de matemática 1 punto por encima de la media (7.15). **d**- $\frac{1}{OR}$ asociado a las notas de matemática para tres cronotipos diferentes: promedio (06:10), 1h más temprano (05:10) y 1h más tardío que el promedio (07:10). **e**- $\frac{1}{OR}$ asociado a las notas de lengua para tres los tres turnos. Cada OR ($\frac{1}{OR}$) significativamente diferente de 1 se indica con un asterisco (*). Además, los números como superíndice indica si un OR ($\frac{1}{OR}$) de otro/s ORs ($\frac{1}{ORs}$): 1-comparado con turno mañana; 2-

comparado con turno tarde; 3-comparado con turno noche. MSFsc = punto medio de sueño en días libres corregido por deuda de sueño. OR = *odd ratio* o relación de probabilidades. CI = Intervalo de confianza.

a- MSFsc (notas de matemática 1 punto por debajo de la media)			
	OR	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
Mañana ^{*3}	1.656	1.121	2.447
Tarde	1.168	0.815	1.676
Noche ¹	0.949	0.728	1.237

b- MSFsc (notas de matemática igual a la media)			
	OR	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
Mañana ³	1.393	0.913	2.124
Tarde	0.983	0.640	1.508
Noche ¹	0.798	0.577	1.105

c- MSFsc (notas de matemática 1 punto por encima de la media)			
	OR	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
Mañana ³	1.172	0.701	1.958
Tarde	0.827	0.480	1.425
Noche ¹	0.672	0.429	1.052

d- Notas de matemática			
	$\frac{1}{OR}$	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
MSFsc 1h más matutino que la media	1.359	1.859	0.993
MSFsc medio *	1.616	2.137	1.218
MSFsc 1h más nocturno que la media *	2.278	2.717	1.425

e- Notas de lengua			
	$\frac{1}{OR}$	Límite inferior del CI	Límite superior del CI
Mañana ^{*3}	3.106	5.464	1.700
Tarde *	2.000	3.165	1.267
Noche ^{*1}	1.553	2.217	1.088

Nuestros resultados indican que las probabilidades de que un estudiante con un cronotipo 1h más tardío repita de año son mayores por la mañana que por la tarde y la magnitud de este efecto es mayor cuando las notas de matemática son más bajas (Tabla 4.4a, 4.4b y 4.4c). En concreto, cuando se comparan dos estudiantes con notas en matemática de 5.15 (1 punto por debajo de la media) que difieren en sus cronotipos en 1h (por ejemplo, 05:10 frente a 06:10), el estudiante con el cronotipo más tardío muestra unas chances 1.656 veces más altas (es decir, 66%) de

repetir de año cuando va al turno mañana (Tabla 4.4a). Las OR MSFsc no son significativamente diferentes de 1 en ningún turno escolar para los alumnos con calificaciones medias o 1 punto superiores a la media en matemática (Tablas 4.4b y 4.4c, respectivamente). En cuanto a las calificaciones de matemática, un alumno con una nota 1 punto inferior y un cronotipo medio (es decir, 06:10) tendría una probabilidad 1.616 veces más alta de repetir de año (Tabla 4.4d). Este efecto no es significativo para un cronotipo de 1h más temprano que la media (es decir, 05:10), pero es más fuerte para un cronotipo de 1h más tardío (es decir, 07:10), que tendría una probabilidad 2.278 veces mayor de repetir de año para calificaciones de matemática 1 punto por debajo de la media (Tabla 4.4d). Por último, notas más bajas en lengua aumentan la probabilidad de repetir de año en todos los turnos, pero este efecto es mayor en los alumnos del turno mañana que en los del turno noche. En particular, en el turno mañana, una nota de lengua 1 punto inferior a la media se asocia con una probabilidad 3.106 veces más alta de repetir, mientras que en el turno noche la probabilidad es 1.553 veces más alta (Tabla 4.4e).

4.3. Discusión

En este capítulo estudiamos cómo el cronotipo y/o su alineación con el turno escolar afectan al logro académico, incluyendo no sólo el rendimiento académico (es decir, las notas), sino también la probabilidad de repetir de año. Aunque no se pudo descartar un efecto del cronotipo en el rendimiento académico, nuestros resultados muestran que tanto el rendimiento académico como las probabilidades de repetir de año están influidos por la interacción entre el cronotipo y el turno escolar (es decir, por el efecto de sincronía). En particular, los alumnos del turno mañana con cronotipos más tardíos tienden a presentar un menor rendimiento académico y mayores probabilidades de repetir año que sus compañeros con cronotipos más matutinos. Por el contrario, tanto en los alumnos del turno tarde como en los del turno noche la asociación del cronotipo con rendimiento académico es menor que en el turno mañana y no se observa asociación entre el cronotipo y las probabilidades de repetir de año.

Los resultados mostraron un efecto principal del cronotipo sobre el rendimiento académico, siendo los cronotipos tardíos los que presentan calificaciones más bajas. Sin embargo, la magnitud de este efecto depende de la edad, de la materia y, lo que es más importante, del turno escolar, lo que resulta evidente teniendo en cuenta las interacciones dobles y triples significativas entre estos factores, aun cuando la interacción cuádruple no resultó significativa. Estos resultados indican que tanto el efecto del cronotipo como el de sincronía repercuten en el rendimiento académico, pero de formas diferentes.

En primer lugar, y en consonancia con reportes previos (Goldin et al., 2020; Preckel et al., 2013; Zerbini et al., 2017), las calificaciones de matemática parecen ser más afectadas por el cronotipo y su alineación con el turno escolar que las notas de lengua (en este caso, español). Esta diferencia podría explicarse por el hecho de que la matemática se basa más en la inteligencia fluida, mientras que lengua, se basa en la inteligencia cristalizada, y se ha informado que la primera se ve más afectada tanto por el cronotipo como por el efecto de sincronía (Goldstein et al., 2007; Hasher et al., 2005) que la segunda. Sin embargo, las notas de lengua son sistemáticamente más altas que las de matemática y presentan menor variabilidad en nuestros datos, especialmente en 5^{to} año, por lo que un efecto techo podría estar enmascarando los efectos de cronotipo y de sincronía en esta materia.

En segundo lugar, tanto el efecto del cronotipo como el de sincronía son más evidentes cuando los adolescentes son mayores. En 1^{er} año, la tarde es el único turno escolar en el que el cronotipo no se asocia con el rendimiento académico; es decir, los cronotipos más matutinos no tienen ventaja sobre los más tardíos. En 5^{to} año, a pesar de que el cronotipo se asocia con el rendimiento académico en todos los turnos escolares, la magnitud del efecto para los turnos tarde y noche es similar. Además, al comparar las calificaciones medias entre turnos escolares (es decir, sin tener en cuenta el cronotipo de cada alumno) observamos resultados similares: en 1^{er} año, los alumnos del turno tarde presentan las calificaciones más altas en matemática, pero en 5^{to} año los alumnos del turno noche superan a sus compañeros de los otros turnos en matemática. En conjunto, estos resultados sugieren que, durante su 1^{er} año de escolarización, los alumnos están mejor alineados con el turno tarde que con el noche, pero esta diferencia desaparece o incluso se invierte durante su último año. Esto podría deberse a que los cronotipos se hacen más tardíos durante la adolescencia (Goldin et al., 2020; Randler et al., 2017; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Roenneberg et al., 2004) pero los horarios de inicio escolar no cambian. En consecuencia, la discrepancia entre el reloj interno de los alumnos y los horarios escolares más matutinos aumenta con la edad.

Por último, la magnitud de la asociación entre el cronotipo y el rendimiento académico difiere entre los diferentes turnos escolares, lo que evidencia la existencia de un efecto de sincronía. Es importante destacar que trabajos previos han sugerido la presencia de este efecto (Estevan et al., 2018; Kolomeichuk et al., 2016; Preckel et al., 2011; Tonetti et al., 2015; Zerbini & Merrow, 2017) pero las condiciones en las que se llevaron a cabo fueron insuficientes para determinar si el efecto de sincronía y/o el efecto de cronotipo explican los resultados en el rendimiento académico. El *setting* experimental presentado aquí y en nuestro estudio transversal previo

(Goldin et al., 2020) (es decir, incluyendo tres horarios escolares diferentes a los que los estudiantes fueron asignados aleatoriamente) nos permite abordar más a fondo esta cuestión (más adelante en esta discusión compararemos ambos estudios). En nuestros resultados, la existencia del efecto sincronía es particularmente clara en las notas de matemática de 5^{to} año, donde la asociación entre los cronotipos más tardíos y un menor rendimiento académico es mayor en el turno mañana que en los turnos tarde y noche. No obstante, el efecto del cronotipo también está presente: los cronotipos más matutinos siguen rindiendo mejor que los más tardíos en el turno tarde y noche. Por lo tanto, el efecto de sincronía no parece ser lo suficientemente fuerte como para revertir o anular el efecto del cronotipo. De esto se desprende que tanto el efecto del cronotipo como el de la sincronía modulan el rendimiento académico. Es posible que el efecto sincronía esté actuando a diferentes niveles y, por tanto, no muestre toda su fuerza en la modulación de la relación entre el cronotipo y las calificaciones. Por ejemplo, observamos pruebas indirectas de un efecto de sincronía en el rendimiento académico al comparar las notas entre los distintos turnos escolares. Además, el efecto de sincronía podría estar afectando al rendimiento académico a través de otros mecanismos o variables, como influir en la motivación de los estudiantes (Arbabi et al., 2015; Itzek-Greulich et al., 2016; Pintrich et al., 1994; Roeser et al., 2013) o, como se ha estudiado aquí, afectar la probabilidad de repetir un año (es decir, la dificultad de los estudiantes para terminar sus estudios a tiempo).

Los resultados presentados aquí, si bien en gran medida son similares a los resultados previos de nuestro grupo (Goldin et al., 2020), también muestran algunas diferencias. La principal de ellas es que en nuestro estudio anterior en el turno noche se observó una pendiente positiva describiendo la asociación entre las calificaciones de lengua y el cronotipo, es decir, una asociación entre mejores notas de lengua y cronotipos más tardíos, que difería significativamente de las pendientes negativas encontradas para los turnos mañana y tarde. Por el contrario, en los resultados presentados aquí, las pendientes de las notas de lengua en 5^{to} año no difieren entre los turnos escolares y son todas negativas. Esta diferencia puede explicarse, al menos en parte, por el hecho de que los alumnos de 5^{to} año del turno noche que participaron en el estudio anterior presentaban cronotipos considerablemente más tardíos (32 minutos) que los que participaron en este estudio (08:01 (SD=1:46) y 07:29 (1:24), respectivamente). Cabe destacar que ninguna de las pendientes correspondientes a notas de lengua en el turno noche en 5^{to} año, ni en este estudio ni en el anterior, fueron significativamente diferentes de cero. Otra diferencia es que la magnitud de la asociación entre cronotipos tardíos y menores calificaciones en matemática para alumnos de 5^{to} año del turno mañana reportada en esta tesis es más fuerte que las reportadas

previamente, no sólo en Argentina por nuestro grupo (Goldin et al., 2020) sino también en estudios realizados en otros países (Estevan et al., 2018; Kolomeichuk et al., 2016; Preckel et al., 2013; Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022; Zerbini et al., 2017). Al comparar nuestros resultados con los de otros países, la diferencia es considerable y no es sorprendente, teniendo en cuenta que los estudiantes argentinos presentan cronotipos particularmente tardíos (Borisenkov et al., 2010; Dewald et al., 2010; Han & Chung, 2020; Preckel et al., 2013; Roenneberg et al., 2004; Zerbini et al., 2017), lo que, como mencionamos previamente, los coloca en una situación especialmente susceptible al concurrir a la escuela por la mañana. Sin embargo, no está claro por qué observamos tal diferencia entre dos poblaciones de estudiantes argentinos de la misma edad, de la misma escuela y con horarios escolares similares (Goldin et al., 2020). En particular, no tenemos conocimiento de cambios asociados a variables escolares o incluso sociales o culturales entre los años que tomamos datos (es decir, 2015 y 2019) que pudieran explicar esta diferencia. Curiosamente, nuestros resultados muestran que la desventaja de los estudiantes con cronotipos más tardíos en comparación con aquellos con cronotipos más matutinos puede llegar a ser muy grande en el turno mañana. Para ilustrarlo, consideremos dos alumnos hipotéticos de 5^{to} año que asisten al colegio por la mañana, uno cuyo cronotipo se encuentra en el cuartil más matutino y el otro en el cuartil más tardío. Según nuestros resultados, el que tiene el cronotipo más matutino tendría notas de matemática 0.8 puntos más altas que el otro (la nota máxima es un 10). Esta diferencia de notas se duplicaría, superando los 1.6 puntos, al comparar a otros dos alumnos, cada uno de ellos de uno de los deciles de cronotipo más extremos. Esto podría conducir no sólo a desigualdades en sus logros académicos y en sus ingresos futuros (French et al., 2015; Geiser & Santelices, 2007), sino también a una brecha en el bienestar subjetivo de los adolescentes (Bücker et al., 2018; Crede et al., 2015). Más allá de las diferencias mencionadas, la mayoría de los resultados presentados aquí y en nuestro estudio previo (Goldin et al., 2020) fueron consistentes, reforzando la existencia de sincronía que atenúa las diferencias entre cronotipos en turnos escolares más tardíos.

En cuanto a la probabilidad de repetir un año, observamos que los alumnos con calificaciones sistemáticamente más bajas en matemática y/o lengua en su 1^{er} año presentan mayores probabilidades de repetir al menos un año durante la secundaria. Esto es esperable teniendo en cuenta que el criterio para decidir si un alumno debe repetir el año o no se basa principalmente en su rendimiento académico. Curiosamente, aunque la interacción entre las notas de matemática y el cronotipo sobre la probabilidad de repetir un año no fue significativa, sí fue relevante: los estudiantes con notas de matemática 1 punto más bajas que la media mostraron

mayores probabilidades de repetir un año cuando sus cronotipos eran iguales o más tardíos que la media, pero no cuando sus cronotipos eran 1h más matutinos que la media. Esto demuestra que el efecto del cronotipo afecta el logro académico a distintos niveles, no solo en el rendimiento académico (notas). Además, la interacción del cronotipo con el turno escolar muestra claramente que el efecto de sincronía impacta en la probabilidad de repetir un año. Las probabilidades de repetir un año asociadas al cronotipo son diferentes entre el turno mañana y el turno noche, incluso considerando diferentes notas en matemática (iguales, mayores o menores a la media). Un estudiante del turno mañana con un cronotipo más tardío que la media muestra una probabilidad significativamente más alta de repetir un año que un estudiante del turno noche con un cronotipo más tardío que la media. Aunque no siempre son significativas, las OR asociados al MSFsc muestran diferentes tendencias dependiendo del turno escolar según el efecto de sincronía: en el turno mañana, los estudiantes más tardíos muestran mayores probabilidades de repetir un año mientras que en el turno noche, los estudiantes con cronotipos más matutinos muestran mayores probabilidades de repetir. Esto sugiere que el efecto de sincronía influye en las chances de repetir un año.

La literatura acerca del efecto de los hábitos de sueño (por ejemplo, duración de sueño) de los adolescentes sobre la probabilidad de completar los estudios en el tiempo esperado es escasa y, hasta donde sabemos, nuestros resultados son los primeros que informan de una relación entre el cronotipo sobre las chances de repetir un año escolar. Esto es particularmente importante porque la mayoría de los estudios utilizan el rendimiento académico como único indicador del logro académico (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Dunster et al., 2018; Estevan et al., 2018; Goldin et al., 2020; Zerbini et al., 2017) y este resultado probablemente también se vea afectado por la repetición de año. Por ejemplo, en este estudio longitudinal sólo consideramos a aquellos estudiantes de los que teníamos datos de 1^{er} y 5^{to} año a la hora de evaluar el rendimiento académico. Sin embargo, aquellos estudiantes que repitieron un año, probablemente debido a sus bajas calificaciones, no pudieron llegar en el tiempo estipulado a 5^{to} año y, por lo tanto, no fueron incluidos en los análisis de rendimiento académico. Esto significa que la literatura, en general, probablemente está subestimando el efecto del cronotipo de los estudiantes en sus logros escolares ya que las notas de quienes respiran de año o dejan la escuela no están siendo consideradas. De forma coherente, la falta de un fuerte efecto de sincronía en las calificaciones podría explicarse en parte por los resultados observados al estudiar el efecto de sincronía en la repetición de año: los alumnos del turno mañana son más propensos que los del turno noche a repetir de año cuando tienen calificaciones más bajas en lengua en 1^{er} año. Es decir, menos

alumnos del turno con notas bajas en lengua llegarían a 5^{to} año, mientras que esto no es tan relevante en el turno noche. Entonces, incluir sólo el rendimiento académico podría no ser suficiente para captar los efectos del cronotipo y la sincronía sobre el logro académico, ya que los alumnos del turno mañana con peores notas muestran más probabilidades de repetir. Sin embargo, este último no es necesariamente el caso de los estudiantes que asisten al turno noche, cuyas notas y cronotipo son predictores más débiles de la probabilidad de repetir un año, y por lo tanto, el rendimiento académico podría ser un resultado más útil para capturar el efecto del cronotipo y de sincronía en el logro académico. En conjunto, nuestros resultados muestran que los mecanismos y vías por los que el efecto del cronotipo y de sincronía influyen en el logro académico son variados y complejos.

El estudio presentado en este capítulo tiene fortalezas, pero también algunas limitaciones que vale la pena discutir. En primer lugar, el rendimiento académico se evaluó con las notas asignadas por profesores que no ignoran la identidad de los alumnos y no son los mismos en los distintos cursos. Sin embargo, es muy improbable que estos sesgos afecten a nuestros resultados dado el número de cursos incluidos, el gran número de profesores y el hecho de que varios de ellos trabajan en más de un turno escolar dentro de la misma escuela. En segundo lugar, si bien desconocemos el cronotipo de los docentes, el cronotipo de los adultos es menos tardío que el de los adolescentes y, por lo tanto, no esperamos que esto influya en los resultados observados. En tercer lugar, los resultados obtenidos se basan en asociaciones, lo que no permite establecer relaciones de causalidad. No obstante, dado que los estudiantes son asignados aleatoriamente a su horario escolar al inicio de la secundaria, podemos suponer que las distribuciones basales del cronotipo y el rendimiento académico fueron similares entre los distintos horarios escolares. Por último, no podemos diferenciar completamente entre repetir un año y un cambio de escuela, quedarse libre por faltas o incluso la deserción escolar, ya que sólo tenemos información de qué alumnos de 1^{er} año de 2015 no llegaron a 5^{to} año en 2019. Sin embargo, dado que se trata de una escuela muy prestigiosa y que sólo una pequeña fracción (aproximadamente el 25%) de los adolescentes que quieren ir a esta escuela son aceptados, es muy poco habitual que los alumnos decidan abandonar o cambiar de escuela una vez que han conseguido entrar en este colegio.

Este estudio tiene varias implicancias prácticas. En primer lugar, y en consonancia con informes previos (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Dunster et al., 2018; Estevan et al., 2018; Goldin et al., 2020; Zerbini et al., 2017), nuestros resultados muestran que una desventaja de los cronotipos más tardíos respecto a los más matutinos en cuanto al rendimiento académico,

especialmente en el turno mañana y no -o mucho menos- en turno tarde y noche. Estos resultados sugieren que retrasar el horario de inicio escolar podría ser una buena medida a implementar para mitigar la desventaja de los estudiantes con cronotipos tardíos sobre los matutinos, tal y como mostraron algunos informes previos (Dunster et al., 2018; Kelley et al., 2017; Wheaton et al., 2016). En segundo lugar, observamos una desventaja mayor en las notas de matemática en los alumnos de más edad. Por lo tanto, si la política de retraso del horario escolar solo se pudiese aplicar a algunos alumnos, los alumnos de más edad probablemente obtendrían mayores beneficios. Obviamente, sería ideal que se retrase el horario de inicio escolar de todos los alumnos. Además, basándonos en los resultados presentados aquí, otra medida posible podría ser evaluar el cronotipo de los estudiantes antes de empezar la escuela secundaria y asignar a aquellos con cronotipos más tardíos a horarios escolares más tardíos, incluso teniendo en cuenta que el cambio en el cronotipo a lo largo de la secundaria también depende del cronotipo inicial, como discutimos en el Capítulo 3 (Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Otra implicancia práctica de nuestros resultados sería reorganizar el orden de las materias, dejando matemática para las últimas horas de la jornada escolar en el turno mañana. Por último, la repetición de año es una práctica controversial, ya que se ha informado que está asociada con una mayor deserción escolar (Eide & Showalter, 2001; Hughes et al., 2018; Jimerson et al., 2002), un menor rendimiento académico (McCoy & Reynolds, 1999; Pagani et al., 2001), menores ingresos en el mercado laboral después de la escuela secundaria (Eide & Showalter, 2001) y profundiza las desigualdades existentes (por ejemplo, un estatus socioeconómico más bajo correlaciona con una mayor probabilidad de repetir) (Owings & Magliaro, 1998; Tingle et al., 2012). Por este motivo, en muchos casos se dejó de implementar aun cuando las condiciones de rendimiento académico lo ameritan. Aquí añadimos evidencias novedosas que indican que la probabilidad de repetir no es igual de justa cuando se tiene en cuenta el cronotipo de los estudiantes, lo que apoya la idea de repensar la repetición como práctica educativa (Darling-Hammond, 1998; Range et al., 2011) y/o tomar medidas que apunten a igualar las posibilidades de estudiantes con distintos cronotipos. Si bien todas las implicancias prácticas de nuestros hallazgos son potencialmente beneficiosas para los adolescentes, queremos enfatizar la importancia de realizar estudios para evaluar la eficacia de estas posibles aplicaciones, así como también la necesidad de más evidencia, especialmente local, para fortalecer nuestras conclusiones y, eventualmente, diseñar políticas públicas educativas exitosas. Teniendo en cuenta los resultados presentados hasta este punto, es importante destacar que los horarios de inicio escolar temprano a la mañana no sólo perjudican a los estudiantes con cronotipos más tardíos, sino que también afectan los hábitos de sueño y el

bienestar de la mayoría de los adolescentes (Arrona-Palacios et al., 2015; Dunster et al., 2018; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Roenneberg et al., 2004). En consecuencia, creemos que es hora de que la comunidad científica dedicada a la cronobiología, los responsables políticos y la comunidad educativa comencemos a interactuar para pensar, diseñar y evaluar posibles implementaciones para mejorar la educación, bienestar, rendimiento y la salud de los adolescentes, preparandolos mejor para el futuro.

4.4. Materiales y métodos

4.4.1. Participantes

Este estudio se realizó en dos momentos diferentes (junio de 2015 y julio de 2019) en una escuela secundaria de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina ($34^{\circ} 60' S$, $58^{\circ} 38' O$). En Buenos Aires, el año lectivo comienza en marzo y finaliza en diciembre y, por lo tanto, los datos se recolectaron luego de tres/cuatro meses de clases del ciclo lectivo correspondiente. Se invitó a participar en el estudio a todos los alumnos de 1^{er} año (es decir, 2015) o de 5^{to} año (es decir, 2019) que asistieron a la escuela el día de la toma de datos. El porcentaje de asistencia fue superior al 75% en cada horario y curso escolar (2015: mañana, 97.50%; tarde, 90.24%; noche, 87.01%. 2019: mañana, 75.35%; tarde, 79.11%; noche, 91.23%) y ningún alumno se negó a participar.

En el análisis que incluye el cronotipo y el rendimiento académico se incluyeron 259 alumnos, de los 436 y 352 alumnos que llenaron el cuestionario en 1^{er} y 5^{to} año, respectivamente. Sólo se incluyeron aquellos estudiantes que participaron en el estudio en ambos años, que mantuvieron su horario escolar original y con datos completos (es decir, MSFsc, turno escolar, edad y notas escolares) en ambos años. La muestra de estudiantes resultante está equilibrada en cuanto al sexo (50.97% mujeres) y es homogénea en cuanto a la edad (1^{er} año: $M=13.49$ años, $SD=0.33$; 5^{to} año: $M=17.58$ años, $SD=0.33$).

En el análisis relativo al cronotipo y la repetición de año, se incluyeron los 407 alumnos que presentaron datos completos en su 1^{er} año. La muestra resultante de estudiantes está equilibrada en cuanto al género (49.88% de mujeres). En este caso, asumimos que la razón principal por la que los estudiantes comienzan su 1^{er} año en 2015 y no llegan a 5^{to} año en 2019 es que repitieron al menos un año y no otras razones como un cambio de escuela o deserción escolar. Esta suposición se basa en: 1) es muy difícil ser aceptado en esta escuela: los estudiantes deben hacer un curso de 1 año y deben obtener buenas calificaciones para ser uno de los ~500 mejores estudiantes que serán aceptados, entre los aproximadamente 2000 estudiantes que participan en el curso; 2) la escuela tiene un excelente nivel académico y prestigiosa por ser una de las cinco escuelas secundarias que dependen de la Universidad de Buenos Aires (UBA, Universidad de Buenos Aires). Por lo tanto, es muy poco probable que los alumnos decidan cambiar de escuela si no es porque tienen dificultades académicas.

4.4.2. Aspectos éticos

Todos los procedimientos incluidos en este trabajo de tesis se llevaron a cabo de acuerdo con las directrices y normativas pertinentes. El estudio sigue las recomendaciones éticas para la investigación en cronobiología humana (Portaluppi et al., 2010) y la normativa nacional argentina y no fue invasivo de la integridad de los participantes. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética institucional de la Universidad Nacional de Quilmes (Veredicto #4/2017) y por la autoridad máxima de la Institución educativa de nivel secundario de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Escuela Superior de Comercio Carlos Pellegrini), quien firmó un acuerdo con el equipo de investigación dando su consentimiento informado. Los alumnos dieron su consentimiento informado de forma oral para participar.

4.4.3. Procedimiento

Dos aspectos importantes de nuestro *setup* experimental es que en esta escuela en concreto hay tres turnos escolares diferentes (mañana, 07:45-12:05; tarde, 12:40-17:00; y noche, 17:20-21:40) y la asignación a uno de estos turnos se decide por un sistema de sorteo al inicio de la secundaria, tal y como describimos en el Capítulo 2.

Los estudiantes completaron un cuestionario incluyendo información demográfica (fecha de nacimiento y género autopercibido) y una versión en español del MCTQ (Roenneberg et al., 2003) a partir de la cual obtuvimos el punto medio de sueño corregido por deuda de sueño (MSFsc) como *proxy* del cronotipo de los estudiantes. La toma de datos se realizó durante las horas lectivas habituales de los alumnos (turno mañana, tarde o noche, según correspondiese). Las notas y las listas de alumnos se obtuvieron al final del año académico. La toma y el análisis de datos no se realizaron a ciegas respecto a las condiciones de los experimentos. Se aplicó el mismo procedimiento tanto en junio de 2015 (durante el primer año escolar de los alumnos) como en julio de 2019 (durante su último año escolar).

4.4.4. Variables

Para cada alumno en cada curso escolar, se obtuvo: el punto medio de tiempo de sueño corregido en días libres (MSFsc) (Roenneberg, et al., 2004), las calificaciones de cada asignatura escolar (que va de 1 a 10, siendo 10 la mejor nota) e información sobre si llegaron o no a 5^{to} año.

Todas las calificaciones se obtuvieron de los registros escolares. Cada alumno tiene cuatro notas diferentes para cada asignatura escolar: dos notas generales y dos notas integradoras (una de cada tipo para cada mitad del año académico). Las notas generales las decide el/la profesor/a teniendo en cuenta el rendimiento del estudiante durante las clases y en exámenes y/o trabajos prácticos. Las notas integradoras se obtienen a partir de exámenes globales que evalúan el conocimiento adquirido durante todo el semestre. Para aprobar una asignatura escolar, deben cumplirse dos condiciones: (1) una nota mínima de cuatro en cada examen integrador y (2) la media de las cuatro notas debe ser igual o superior a 6.5.

Aquí sólo consideramos las asignaturas escolares impartidas durante las horas asignadas a cada turno, pero no aquellas materias que se cursen a contra turno. Unas pocas asignaturas escolares, como educación física, idioma extranjero y algunos talleres, se imparten fuera de las horas previstas para el horario escolar correspondiente. La mayoría de las asignaturas varían entre el 1^{er} y el 5^{to} año. En concreto, sólo matemática y lengua (refiriéndonos a castellano y literatura) están presentes en ambos años académicos. Así pues, agregamos las asignaturas en tres categorías: matemática, lengua y otras asignaturas. Al controlar el efecto del rendimiento académico en las chances de repetir, sólo se incluyeron matemática y lengua.

4.4.5. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa R (v.4.0.2; R Core Team, 2020).

Se llevaron a cabo una serie de modelos lineales de efectos mixtos para determinar si el cronotipo interactuando con el horario escolar (mañana, tarde o noche), la edad (1^{er} o 5^{to} año) y la materia escolar (matemáticas, lengua y otras materias) modula el rendimiento académico. Controlamos por género incluyéndolo como factor fijo. El ID del alumno anidado dentro del aula y el tipo de curso se incluyeron como factores aleatorios. Los valores P se calcularon utilizando el paquete lmerTest (Kuznetsova et al., 2017).

Para encontrar el mejor modelo que explique la relación entre el horario escolar, las calificaciones y el cronotipo, realizamos una serie de modelos de regresión logística y elegimos el que presentaba el Akaike más bajo. El modelo nulo/base incluye las calificaciones de matemáticas y lengua (ya que las calificaciones son buenos predictores de la probabilidad de repetir), el cronotipo y la interacción entre el cronotipo y el turno escolar, ya que esperábamos un efecto de sincronía entre el cronotipo y el turno escolar. El modelo más parsimonioso incluye las calificaciones de matemática y lengua y el cronotipo como factores principales y las interacciones entre el cronotipo y el turno escolar, el cronotipo y las calificaciones de matemática y el horario escolar y las calificaciones de lengua. Calculamos los odd ratios para este modelo.

5. Meta-análisis del efecto del horario de inicio escolar en hábitos de sueño y cronotipo de adolescentes⁵

5.1. Introducción

5.1.1. ¿Qué es un meta-análisis? ¿Y por qué un meta-análisis?

Si bien todos los que hacemos ciencia la entendemos como un proceso acumulativo, también tendemos a asumir que esta característica es intrínseca y automática. Sin embargo, esto no es así (Ioannidis, 2012) y probablemente es cada vez más difícil que lo sea teniendo en cuenta que el número de publicaciones científicas crece año a año. Por lo tanto, quienes hacemos ciencia debemos encargarnos también de que la ciencia sea acumulativa y la evidencia generada a lo largo de los años nos sirva como base para seguir mejorando la ciencia que producimos. Para lograr esto, resulta indispensable resumir, comparar, comprender y discutir la evidencia disponible sobre un tema.

En este sentido, los meta-análisis son un tipo de estudio que permiten hacer un resumen cuantitativo de la evidencia conocida hasta el momento. Hablando de forma simple, un meta-análisis es un análisis de análisis, es decir, es un estudio que en lugar de sujetos o grupos de individuos evalúa un conjunto de trabajos publicados (y/o no publicados). Los meta-análisis buscan ser transparentes y reproducibles por lo que los objetivos y el tipo de estudios a ser considerados son decididos previamente. Es muy importante que la selección de los estudios sea adecuada para responder la pregunta que se plantea responder con el meta-análisis. Luego, en general, se lleva a cabo una búsqueda y selección sistemática de la literatura. Finalmente, se realiza un resumen cuantitativo de la información disponible en los estudios seleccionados que integra los resultados de los estudios individuales en un único estimador global del fenómeno bajo estudio (por ejemplo, el tamaño del efecto o *effect size global*).

5.1.2. Antecedentes

Aunque los adolescentes presentan cronotipos más tardíos que los niños y los adultos (Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004), la mayoría de ellos debe asistir a la escuela temprano por la mañana. Por este motivo los adolescentes presentan una corta duración del sueño en días

⁵ Los resultados de este capítulo son parte de un artículo que está actualmente en revisión: Rodríguez Ferrante, G., Lee F., & Leone, M. J. (2023). Effects of school start time and its interaction with the solar clock on adolescents' chronotype and sleep: a Systematic Review and Meta-analysis

hábiles (SDw) y los altos niveles de jetlag social (SJL) (Carskadon, 2011a; Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022). Varios estudios que comparan diferentes horarios de inicio escolar (SST) del turno mañana (longitudinal o transversalmente) han demostrado que los horarios escolares más tardíos se asocian con niveles más bajos de SJL y mayores SDw, principalmente debido a que los estudiantes pueden despertarse más tarde en los días hábiles (Borisenkov et al., 2022; C. S. Chan et al., 2018; Dunster et al., 2018; Owens et al., 2010; Widome et al., 2020; Wolfson et al., 2007). En los últimos 10 años, la literatura comparando el efecto de horarios de inicio escolar que comienzan en diferentes momentos del día (por ejemplo, Mañana y Tarde) ha crecido rápidamente (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Martin et al., 2016; Mello et al., 2001; Peixoto et al., 2009; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Yilmaz et al., 2011). Estos estudios muestran resultados similares a los que comparaban solo SST matutinos (los SST más tardíos se asocian con hábitos de sueño más saludables), pero la magnitud del efecto tiende a ser mayor. Es importante destacar que meta-análisis previos estudiando el efecto del SST en los hábitos de sueño de los adolescentes sólo incluyeron estudios que comparaban SST matutinos (Bowers & Moyer, 2017; Yip et al., 2022).

Por otro lado, un menor número de estudios abordaron el efecto de diferentes SST sobre el cronotipo y los resultados obtenidos son dispares, ya que algunos informan que no hay efecto (Dunster et al., 2018; Escribano & Díaz-Morales, 2014; Owens et al., 2017) y otros muestran que cronotipos más tardíos están asociados a SST más tardíos (Arrona-Palacios & Díaz-Morales, 2018; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Thacher & Onyper, 2016). Sin embargo, la comparación entre estudios es extremadamente difícil porque el cronotipo es evaluado utilizando diferentes instrumentos y *proxies*, por ejemplo: puntuaciones derivadas de cuestionarios estandarizados, como el Morningness-Eveningness Questionnaire (Horne & Östberg, 1976); o el punto medio de sueño en días libres (MSF), qué es un proxy del cronotipo que se basa en los horarios de sueño (Roenneberg et al., 2003; Ryu et al., 2018; Simpkin et al., 2014). Otro *proxy* de cronotipo, que es particularmente fiable y ampliamente utilizado, es el MSF corregido por la deuda de sueño (MSFsc) (Roenneberg et al., 2003), que puede obtenerse a partir de cuestionarios, diarios de sueño o registros de actigrafía, ya que la información de los horarios de sueño en días hábiles y libres es suficiente para calcularlo. Es importante destacar que, como se mencionó en capítulos previos, el cronotipo está modulado por distintos factores, incluidas las claves sociales (Leone et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al.,

2022a; M. Short et al., 2013) y, por lo tanto, un análisis cuantitativo de la literatura permitiría discernir si el SST actúa como una señal social que modula los cronotipos de los adolescentes.

Como mencionamos previamente, el cronotipo y las variables asociadas al sueño son moduladas por una gran cantidad de factores, como por ejemplo la cultura (Randler, 2008b; von Schantz et al., 2015) y el ciclo de luz oscuridad (Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Wright et al., 2013). Por lo que es esperable que el efecto del turno escolar sobre estas variables no sea el mismo en diferentes países e inclusive en diferentes regiones dentro de un mismo país (por ejemplo, en zonas urbanas y zonas rurales).

5.1.3. Objetivos e hipótesis

Esta revisión sistemática y meta-análisis tiene como objetivo estudiar el efecto del SST en los hábitos de sueño de los adolescentes (SDw, horas de sueño en días laborables, SDf y SJL) y en el cronotipo (MSFsc) cuando se comparan no sólo los horarios escolares matutinos, sino también se tienen en cuenta los turnos tarde y noche. Nuestra hipótesis es que los SST más tardíos van a estar asociados con SDw más largos, MSFsc más tardíos, niveles más bajos de SJL y horas de acostarse y levantarse más tardías en días hábiles.

5.2. Resultados

5.2.1. Selección de estudios

La búsqueda en diferentes bases de datos (PubMed, Scopus y Web of Science) dio lugar a 1581 publicaciones, de las cuales permanecieron 948 después la eliminación de duplicados. El título y el resumen de esos estudios fueron examinados por dos codificadoras independientes (GRF/FL) y, como consecuencia, se seleccionaron 80 estudios para la evaluación de texto completo (97% de concordancia entre las codificadoras y $\kappa = 0.81$). GRF y FL leyeron detenidamente el 100% y el 25% de los 80 estudios, respectivamente, y seleccionaron 35 de ellos para su inclusión en esta revisión sistemática (90% de acuerdo entre evaluadoras y $\kappa = 0.79$) y 29 de ellos se incluyeron en al menos una parte de la síntesis cuantitativa (Figura 5.1). Cuando las codificadoras estuvieron en desacuerdo, discutieron hasta alcanzar un consenso.

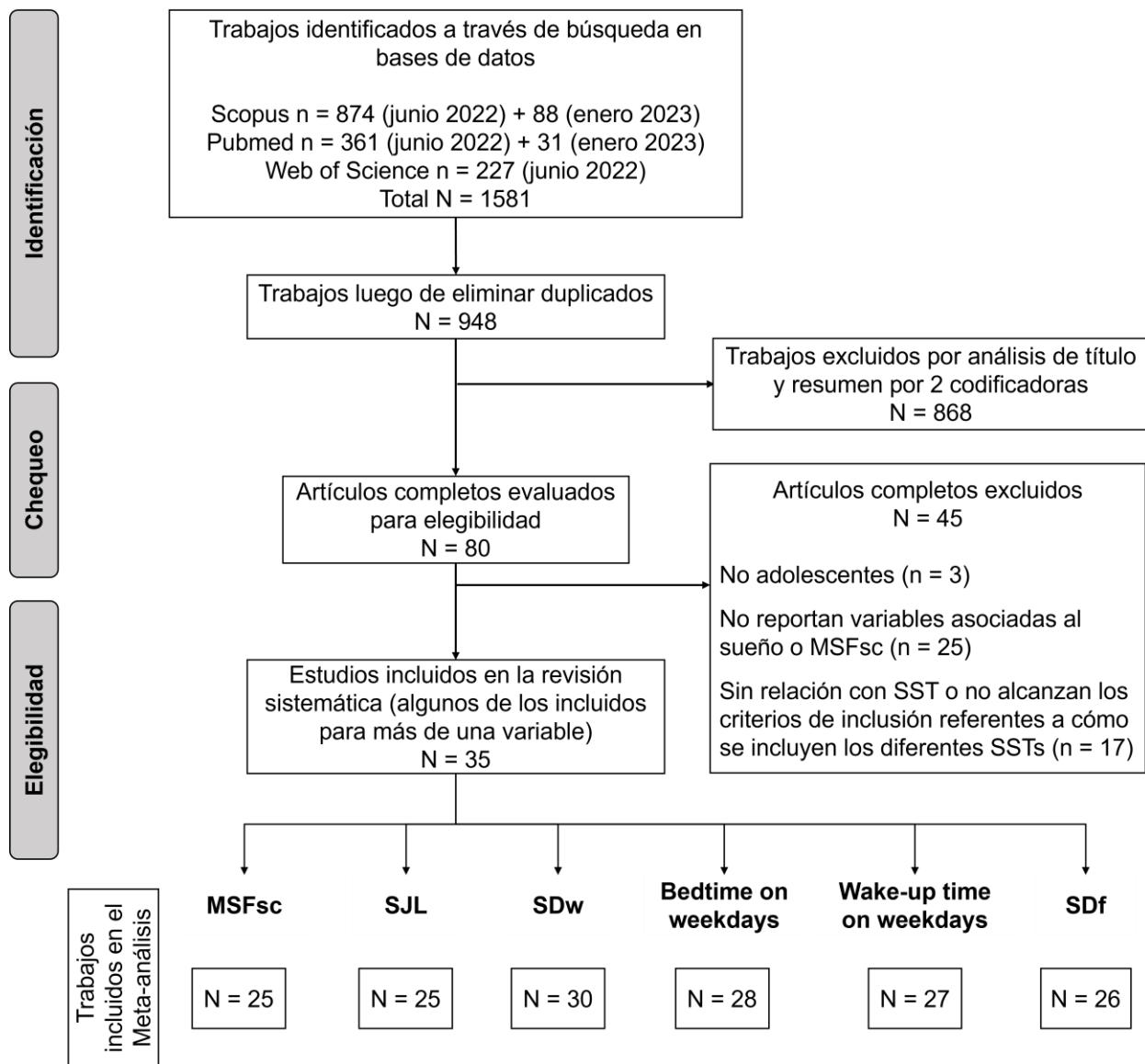


Figura 5.1. Diagrama de flujo PRISMA. El diagrama detalla el proceso de selección de estudios y el número de estudios incluidos en cada parte de este trabajo para cada una de las variables de interés (MSFsc, SJL, duración del sueño y horarios de sueño). MSFsc = Punto medio de sueño en días libres de sueño corregido por deuda de sueño. SJL = jetlag social. SDw = Duración del sueño en días hábiles. SDf = Duración del sueño en días libres.

5.2.2. Características y calidad de los estudios

Los estudios son muy heterogéneos en varios aspectos, por ejemplo, en su distribución según el país donde se llevaron a cabo: 14 tuvieron lugar en EE.UU., 4 en Brasil, 2 en Argentina, México, China y Suiza y hay otros países en los que sólo se realizó únicamente un estudio (Tabla 5.1).

Los estudios aquí incluidos también son heterogéneos respecto al número de participantes (rango = 24 a 54588) y los métodos utilizados para evaluar los hábitos de sueño de los adolescentes (actigrafía, diarios de sueño y diferentes cuestionarios, como el MCTQ y la *School Sleep Habits Survey*-SSHS-). La mayoría de los estudios evalúan el efecto de del SST sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes de forma transversal (24 estudios) y la diferencia en los SSTs (Δ SST) entre grupos o entre el *pre*- y el *post-test* oscila entre 15min y 11.5h. Curiosamente, la mayoría de los estudios informan sobre la duración del sueño y el horario de sueño en los días hábiles y libres, pero no sobre el SJL y el MSFsc (Tabla 5.1). Solo un trabajo estudia qué ocurre cuando el SST es adelantado (el colegio empieza más temprano) (Carskadon et al., 1998) y otro trabajo evalúa las consecuencias tanto un adelanto como un retraso del SST (Owens et al., 2017). Algunos estudios no pudieron incluirse en el análisis cuantitativo porque solo informan de las medias y/o la variabilidad gráficamente (Danner & Phillips, 2008; Dunster et al., 2018; K. L. Wahlstrom & Owens, 2017) o porque no informan de las medias ni de ninguna medida de variabilidad (Borlase et al., 2013; K. Wahlstrom, 2002). En el caso de (Lo et al., 2018), aunque no se informaron las medias ni las desviaciones estándar, informaron el *effect size* (*Cohen's d*) y, por lo tanto, este trabajo pudo incluirse.

Tabla 5.1. Resumen de las características de los estudios incluidos y los resultados comunicados en ellos. Los estudios están ordenados por: 1- la inclusión o no en los análisis cuantitativos; 2- el número de variables de interés reportadas; y 3- por año de publicación descendente cuando el número de variables es el mismo. Debajo de la línea de puntos están los estudios que no fueron incluidos en ningún análisis cuantitativo. Los resultados disponibles se indican con una S(i) en color verde, los resultados no informados se indican con N(o) en color rojo y los resultados estimados se indican con una E amarilla. Abreviaturas: CI, comparaciones incluidas; TE, tipo de estudio; SST, hora de inicio escolar; ST, hora estándar; DST, horario de verano; CS, transversal; L, longitudinal. Pri = Primavera. N/R= No reportado.

Autores (Año de publicación)	N	CI	TE	País	Momento de la toma de datos		
					SST temprano	SST tardío	ST o DST (SST temprano / tardío)
Borisenkov et. al (2022)	4551	1	CS	Rusia	Abr-May 2021	Abr-May 2021	ST / ST
Estevan et al. (2020)	268	1	CS	Uruguay	Sep 2016-2017	Sep 2016-2017	ST / ST
Goldin et al. (2020)	753	4	CS	Argentina	Jun 2015	Jun 2015	ST / ST
Rodríguez Ferrante et al. (2022)	259	2	CS	Argentina	Jul 2019	Jul 2019	ST / ST
Arrona-Palacios et al. (2021)	568	1	CS	México	Mar 2019	Mar 2019	N/R
Widome et al. (2020)	214	1	CS	EEUU	May 2016	Mar-Jun 2017	DST / DST
Das-Friebel et al. (2020)	249	1	L	Suiza	Jun 2013-2015	Jun 2014-2016	DST / DST
Alfonsi et al. (2020)	51	1	CS	Italia	May 2019	May 2019	DST / DST
Arrona-Palacios et al. (2015)	568	1	CS	México	N/R	N/R	N/R
Boergers et al. (2014)	197	1	L	EEUU	Nov 2010	Mar 2011	ST / DST
Brandalize et al. (2011)	167	1	L	Brasil	Ago-Oct 2008	Ago-Oct 2009	ST / ST
Carskadon et al. (1998)	32	1	L	EEUU	Otoño	Primavera	ST / DST
Chan et al. (2017)	617	1	L	China	Sep 2012	Mar 2013	ST / ST
Escribano et al. (2014)	1022	1	CS	España	Oct-Mar	Oct-Mar	ST / ST
Mello et al. (2001)	24	1	L	Brasil	Oct 1997	May 1998	DST / ST
Meltzer et al. (2021)	54588	2	CS	EEUU	Primavera 2017	Primavera 2018	DST / DST
Owens et al. (2010)	201	1	L	EEUU	Dic 2008	Mar 2009	ST / ST
Owens et al. (2017)	3197	2	CS	EEUU	Primavera 2015	Primavera 2016	DST / DST
Carvalho-Mendes et al. (2020)	41	1	CS	Brasil	Apr-May	Apr-May	ST / ST
Peixoto et al. (2009)	26	1	CS	Brasil	Otoño	Otoño	ST / ST
Perkinson-Glor et al. (2013)	2716	1	CS	Suiza	Pri 2010-2011	Pri 2010-2011	DST / DST
Pradham et al. (2017)	168	1	CS	India	N/R	N/R	ST / ST
Wolfson et al. (2007)	205	2	CS	EEUU	Otoño 2003	Otoño 2003	ST / ST
Yilmaz et al. (2011)	3441	1	CS	Turquía	May-Jun 2008	May-Jun 2008	DST / DST
Martin et al. (2016)	57	1	CS	Canadá	May-Jun 2009	May-Jun 2009	DST / DST
Temkin et al. (2018)	973	1	CS	EEUU	Primavera 2015	Primavera 2015	ST / ST
Thacher et al. (2016)	597	1	L	EEUU	May 2012	Nov 2012	DST / ST
Chan et al. (2018)	79	1	L	China	Abr 2017	Oct 2017	ST / ST
Dexter et al. (2003)	780	1	CS	EEUU	Primavera 2002	Primavera 2002	DST / DST
Lo et al. (2018)	375	1	L	Singapur	Abr 2016	Jul 2016	ST / ST
Borlase et al. (2013)	318	1	CS	N. Zelanda	NaN	NaN	NaN
Wahlstrom (2002)	636	1	CS	EEUU	NaN	NaN	NaN
Dunster et al. (2018)	178	1	CS	EEUU	Primavera 2016	Primavera 2017	DST / DST
Danner et al. (2008)	20622	1	CS	EEUU	Abr 1998	Abr 1999	DST / DST
Wahlstrom et al. (2017)	905	1	NaN	EEUU	NaN	NaN	NaN

Tabla 5.1. (continuación)

Autores (Año de publicación)	Días hábiles								Días libres							
	Hora de despertar		Hora de dormir		Duración de sueño		Hora de despertar		Hora de dormir		Duración de sueño		SJL		MSFsc	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Borisenkov et. al (2022)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Estevan et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Goldin et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Rodríguez Ferrante et al. (2022)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Arrono-Palacios et al. (2021)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Widome et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Das-Friebel et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Alfonsi et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Arrona-Palacios et al. (2015)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Boergers et al. (2014)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Brandalize et al. (2011)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Carskadon et al. (1998)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Chan et al. (2016)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Escribano et al. (2014)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Mello et al. (2001)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Meltzer et al. (2021)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Owens et al. (2010)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Owens et al. (2017)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Carvalho-Mendes et al. (2020)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Peixoto et al. (2009)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Perkinson-Glor et al. (2013)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Pradham et al. (2017)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Wolfson et al. (2007)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Yilmaz et al. (2011)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Martin et al. (2016)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	E
Temkin et al. (2018)	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	S	S	N	N	N
Thacher et al. (2016)	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Chan et al. (2018)	S	N	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dexter et al. (2003)	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Lo et al. (2018)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Borlase et al. (2013)	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N
Wahlstrom (2002)	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dunster et al. (2018)	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N
Danner et al. (2008)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Wahlstrom (2017)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

La mayoría de los estudios presentan una calidad alta según nuestra calificación utilizando el *checklist* propuesta por (Kmet et al., 2004). Sin embargo, que los sujetos e investigadores fueran completamente ciegos en cuanto al estudio no fue posible en ninguno de ellos y la asignación aleatoria de los participantes a los diferentes SST sólo ocurrió en unos trabajos (Arrona-Palacios et al., 2021; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a) (Tabla 5.2). Es importante destacar que algunos aspectos específicos, que son relevantes para la calidad de los estudios teniendo en cuenta el tema abordado en ellos, no se evalúan en este *checklist*. Un ejemplo de esto es la duración de la toma de datos, esta información es relevante porque los resultados podrían verse afectados si la toma de datos se extiende mucho en el tiempo debido a los cambios en el fotoperiodo o inclusive en la edad de los participantes. En los estudios incluidos esta duración oscila entre 1 día (Goldin et al., 2020) y 6 meses (Escribano & Díaz-Morales, 2014). Además, en algunos estudios longitudinales la toma de datos antes y después del cambio de la SST tuvo lugar en diferentes estaciones o incluso en diferentes husos horarios (ST o DST) (Boergers et al., 2014; Carskadon et al., 1998; N. Y. Chan et al., 2017; Mello et al., 2001; Owens et al., 2010; Thacher & Onyper, 2016). Esto último también puede afectar los resultados obtenidos debido a que cambia la relación entre el reloj solar y el SST. En el siguiente capítulo abordaremos este tema en mayor profundidad.

Tabla 5.2. Resultados de la evaluación de la calidad de los estudios incluidos. El número y el color representan: 2 (verde), "Sí"; 1 (amarillo), "Parcialmente"; 0 (rojo), "No". La X (celeste) implica que no corresponde.

Danner (2008)	2	2	1	0	x	x	x	1	2	0	0	0	0	1
Whalstrom (2002)	2	1	1	0	x	x	x	2	2	0	0	0	1	2
Borlase (2013)	1	2	2	1	x	x	x	1	2	2	0	0	0	1
Dexter (2003)	2	2	1	1	x	x	x	1	2	2	2	0	1	1
Wahlstrom (2017)	2	2	1	0	x	x	x	2	2	1	1	2	1	1
Lo (2018)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	1	1	0	1	2
Alfonsini (2020)	2	2	1	1	x	x	x	2	1	2	1	2	1	2
Mello (2001)	2	1	2	2	x	x	x	2	1	2	2	1	1	2
Owens (2010)	2	1	1	2	x	x	x	2	2	2	2	2	1	1
Yilmaz (2011)	2	2	1	2	x	x	x	2	2	1	1	2	1	2
Perkinson-Gloor (2012)	2	1	1	2	x	x	x	1	2	2	2	2	2	1
Pradhan (2017)	2	2	1	2	x	x	x	1	2	1	2	2	1	2
Boegers (2014)	2	2	1	1	x	x	x	1	2	2	2	2	2	2
Escribano (2014)	2	2	1	1	x	x	x	2	2	2	2	2	1	2
Dunster (2018)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	1	1	2	1	2
Das-Friebel (2019)	2	1	2	2	x	x	x	1	2	2	2	2	2	1
Carvalho-Mendes (2020)	2	2	2	1	x	x	x	1	1	2	2	2	2	2
Borisenkov (2022)	2	2	1	1	x	x	x	2	2	2	2	2	1	2
Wolfson (2007)	2	2	2	1	x	x	x	1	2	2	2	2	2	2
Peixoto (2009)	2	2	2	1	x	x	x	2	2	2	2	2	1	2
Brandalize (2011)	2	2	1	2	x	x	x	1	2	2	2	2	2	2
Arrona-Palacios (2015)	2	2	2	0	x	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Temkin (2018)	2	2	2	1	x	x	x	2	2	2	2	2	1	2
Chan (2018)	1	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	1	2	2
Estevan (2020)	2	2	1	1	0	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Carskadan (1998)	2	2	2	2	x	x	x	2	1	2	2	2	2	2
Martin (2016)	2	2	2	2	x	x	x	2	1	2	2	2	2	2
Chan (2016)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	2	2	1
Goldin (2020)	2	2	2	1	2	x	x	2	2	2	1	2	1	2
Meltzer (2021)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	2	1	2
Arrona-Palacios (2021)	2	1	1	1	2	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Rodríguez Ferrante (2022)	2	2	2	1	2	x	x	2	2	1	2	1	2	2
Thacher (2016)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Owens (2017)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Widome (2020)	2	2	2	2	x	x	x	2	2	2	2	2	2	2

Pregunta/objetivo suficientemente descripto	El diseño del estudio es evidente y apropiado	Método de selección del sujeto/grupo de comparación o fuente de información/variables están descritos y son apropiado	Las características del sujeto (y del grupo de comparación, si corresponde) están suficientemente descritas	Si fue posible una asignación intervecional y aleatoria, ¿se describió?	Si fue posible intervenir y los investigadores fueron ciegos al grupo, ¿se informó de ello?	Si fue posible intervenir y sujetos los sujetos fueron ciegos al grupo asignado, ¿se informó de ello?	¿Las variables evaluadas están bien definidas y son robustas al sesgo de medición/clasificación errónea? ¿Se reporta como fueron medidas?	Tamaño de la muestra adecuado	Los métodos analíticos fueron descritos/justificados y son apropiados	¿Se presenta alguna estimación de la varianza para los resultados principales?	Adecuadamente controlado	Resultados reportados en suficiente detalle	Conclusiones apoyadas por los resultados
---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------	---	--	--------------------------	---	--

5.2.3. Meta-análisis de las variables relacionadas con el sueño y el cronotipo

Para estudiar el efecto de los distintos SST sobre el sueño y el cronotipo de los adolescentes realizamos un meta-análisis de efectos *random* para cada variable de interés (MSFsc, SJL, SDw, SDF y los horarios de sueño en días hábiles). Para ello, definimos tres subgrupos en función de los dos horarios escolares comparados, ya que es esperable que cuanto mayor sea el Δ SST mayor sea también el efecto sobre las variables de interés. Los tres subgrupos son: 1- los dos horarios escolares empiezan por la mañana y terminan entre el mediodía y la tarde temprano ('Mañana vs. mañana'); 2- Un horario escolar empieza por la mañana y el otro alrededor del mediodía y termina a la tarde ('Mañana vs. tarde'); y 3- Un horario escolar empieza por la mañana y el otro por la tarde y termina a la noche ('Mañana vs. noche'). Además, extrajimos más de un grupo de datos o más de una comparación de algunos artículos. Por ejemplo, en el estudio previo de nuestro grupo (Goldin et al., 2020) se incluyeron dos grupos de edad diferentes (adolescentes jóvenes y mayores) y el estudio presenta tres horarios escolares. Entonces, extrajimos cuatro comparaciones de este trabajo: una comparación para cada grupo de edad dentro de dos subgrupos, "Mañana vs. tarde" y "Mañana vs. noche".

Las figuras 5.2 a 5.6 muestran los *Forest plot* para el cronotipo (MSFsc) y las variables relacionadas con el sueño (duración del sueño, tiempos de sueño y SJL) divididos por subgrupos.

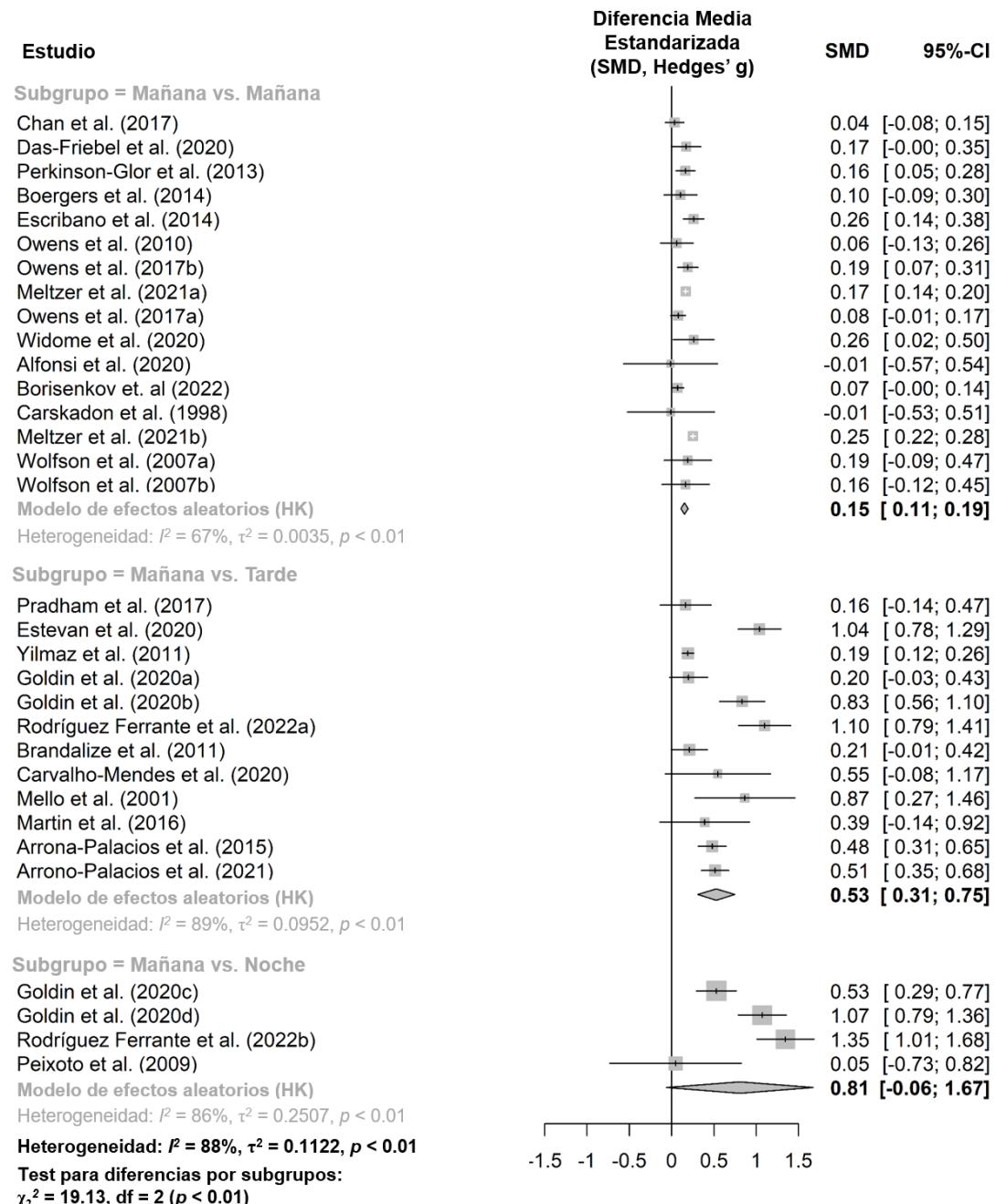


Figura 5.2. Forest plot para el cronotipo (MSFsc). Los subgrupos se definen según el momento del día en el que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, el estudio se encuentra en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenaron de forma ascendente según el Δ SST y alfabéticamente cuando el Δ SST es el mismo. MSFsc = punto medio de sueño en días libres corregido por sueño.

5.2.3.1. Cronotipo

Se observó un efecto principal global del SST sobre el cronotipo ($k = 32$, $SMD = 0.356$; 95% CI = 0.226-0.485; $p < 0.0001$), asociándose los cronotipos más tardíos con SSTs más tardíos. Es importante destacar que la diferencia entre subgrupos fue significativa ($p < 0.0001$), mostrando un mayor efecto sobre el cronotipo cuando los SST comparados son más distantes (Figura 5.2). Por ejemplo, el subgrupo "Mañana vs. Tarde" mostró una SMD mayor que el subgrupo "Mañana vs. Mañana" ($k=12$, $SMD=0.527$, 95% CI= 0.308-0.746; y $k=16$, $SMD=0.152$, 95% CI=0.110-0.194, respectivamente). Aunque el subgrupo "Mañana vs. Noche" presenta una SMD mayor que los otros dos subgrupos, no es significativamente diferente de cero ($k=4$, $SMD=0.805$, 95% CI = -0.062-1.673). Esto último se debe principalmente a que los trabajos incluidos en este subgrupo son pocos y los resultados de uno de ellos difiere considerablemente de los de los otros tres trabajos. Además, los tres estudios que presentan resultados similares son los de nuestro grupo, por lo que son homogéneos en cuanto a las características de la muestra bajo estudio (estudiantes de una gran ciudad de Argentina), mientras que el otro es un estudio hecho en una zona rural de Brasil, un país que muestra cronotipos más matutinos que los de Argentina. Por ello, para poder concluir de manera más global sobre el efecto del turno noche en comparación al turno mañana sobre el cronotipo de los adolescentes serán necesarios más estudios. La heterogeneidad fue significativa globalmente y en cada uno de los subgrupos (Figura 5.2), lo que probablemente indica, como esperábamos, que existen otros factores no incluidos en este análisis que modulan el efecto de las diferentes SST sobre el cronotipo.

5.2.3.2. Jetlag social

Se observó un efecto principal global del SST sobre el SJL ($k = 32$, $SMD = -0.603$, 95% CI = -0.782 a -0.431; $p < 0.0001$), donde menores niveles de SJL se vieron asociados con SSTs más tardíos. Es importante destacar que la diferencia entre subgrupos fue significativa ($p < 0.0001$), observándose un mayor efecto sobre el SJL cuando los SSTs comparados son más distantes (Figura 5.3). Por ejemplo, el subgrupo "Mañana vs. Tarde" mostró un valor absoluto de SMD mayor que el subgrupo "Mañana vs. Mañana" ($k=12$, $SMD= -0.877$, 95% CI= -1.117 a -0.637; y $k=16$, $SMD= -0.210$, 95% CI= -0.305 a -0.115, respectivamente). Además, el subgrupo "Mañana vs. Noche" presentó incluso un valor absoluto de SMD mayor que los otros dos subgrupos ($k=4$, $DME= -1.354$; 95% CI = -1.712 a -0.996). Interesantemente, aunque los resultados para el cronotipo en este subgrupo fueron muy heterogéneos, los resultados para el SJL fueron

extremadamente similares. La heterogeneidad fue significativa en general y en los subgrupos "Mañana vs. Mañana" y "Mañana vs. Tarde" (Figura 5.3).

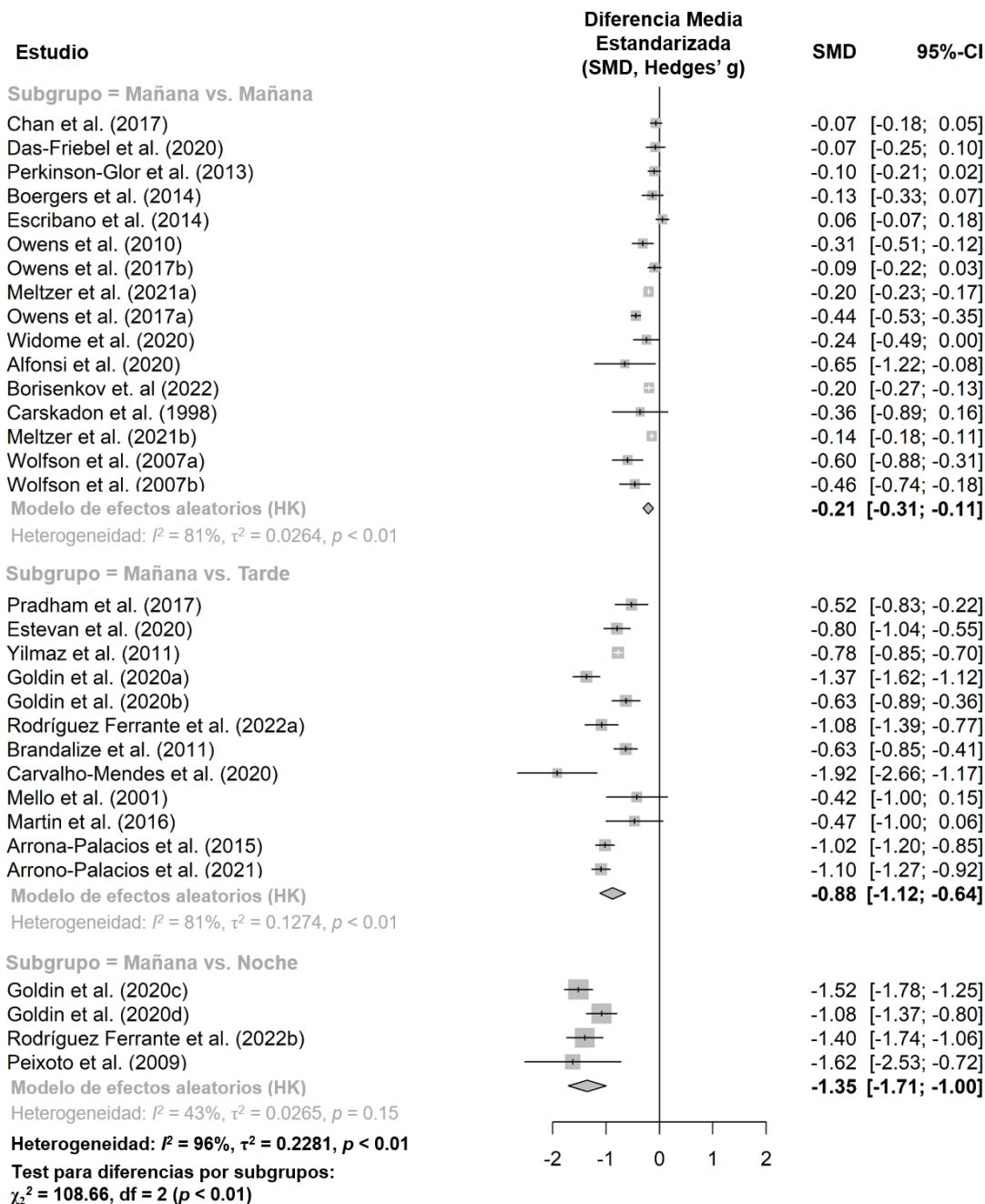


Figura 5.3. Forest plot para el jetlag social. Los subgrupos se definen según el momento del día en el que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, el estudio se incluye en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenan en ascendente mente según el Δ SST y alfabéticamente cuando el Δ SST es el mismo.

5.2.3.3. Duración de sueño

Se observó un efecto principal global del SST sobre la SDw ($k = 37$, SMD = 0.963, 95% CI= 0.514 - 0.687; $p < 0.0001$), con una mayor duración de sueño en días hábiles asociada a SSTs más tardíos. Es importante destacar que la diferencia entre subgrupos fue significativa ($p<0.001$), mostrando un mayor efecto sobre la SDw cuando los SST comparadas son más distantes (Figura 5.4). Por ejemplo, el subgrupo "Mañana v. Tarde" mostró una SMD mayor que el subgrupo "Mañana vs. Mañana" ($k=12$, SMD= 1.129, 95% CI = 0.945-1.313; y $k= 21$, SMD= 0.368, 95% CI= 0.258-0.478, respectivamente). Curiosamente, el tamaño medio del efecto para el subgrupo "Mañana vs. Noche" no difiere de cero ($k=4$, DME=1.009, 95% CI= -0.840 - 2.859). Esto se debe a que los resultados obtenidos en (Peixoto et al., 2009) difieren enormemente de aquellos observados en (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante et al., 2022). Como mencionamos previamente, esto puede deberse a que la población del estudio realizado en Brasil difiere considerablemente de los estudiantes argentinos. Además, el turno noche del estudio de Brasil empieza y termina más tarde que el turno noche en Argentina (Brasil: 19:00 a 22:30; Argentina: 17:20 a 21:40), lo cual también puede estar relacionado con la diferencia en los resultados. La heterogeneidad es significativa en general y en todos los subgrupos (Figura 5.4).

Los estudios no incluidos en el análisis cuantitativo muestran un aumento de la SDw cuando los SSTs son más tardíos (Borlase et al., 2013; Danner & Phillips, 2008; Dunster et al., 2018; K. Wahlstrom, 2002; K. L. Wahlstrom & Owens, 2017) y la magnitud del aumento en la SDw parece depender de la distancia entre los SSTs comparados (Δ SST) (K. L. Wahlstrom & Owens, 2017) pero también de la edad (Danner & Phillips, 2008).

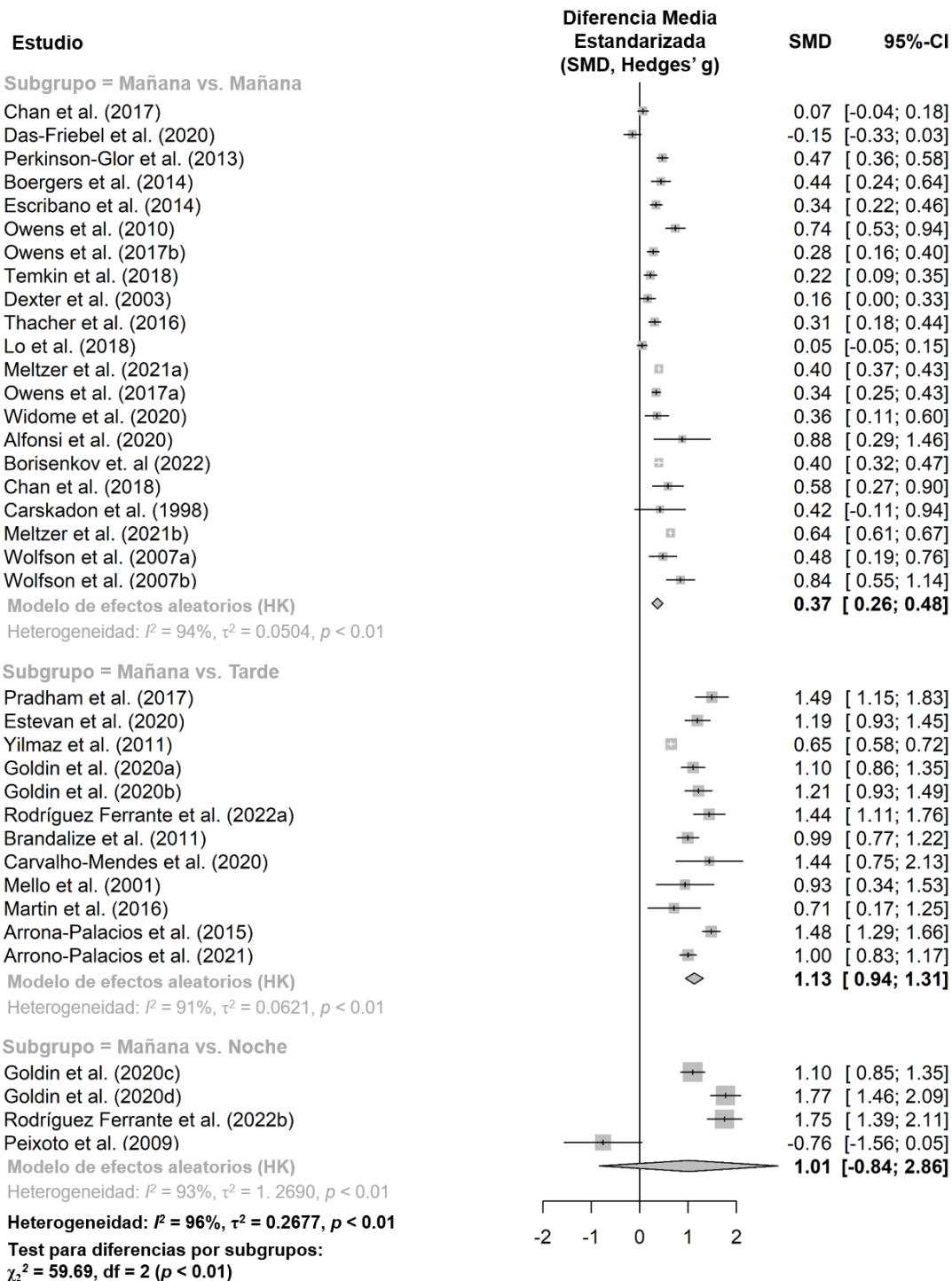


Figura 5.4. Forest plot para duración del sueño en días hábiles. Los subgrupos se definen según el momento del día en el que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, el estudio se incluye en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenan ascendenteamente según el Δ SST y alfabéticamente cuando el Δ SST es el mismo.

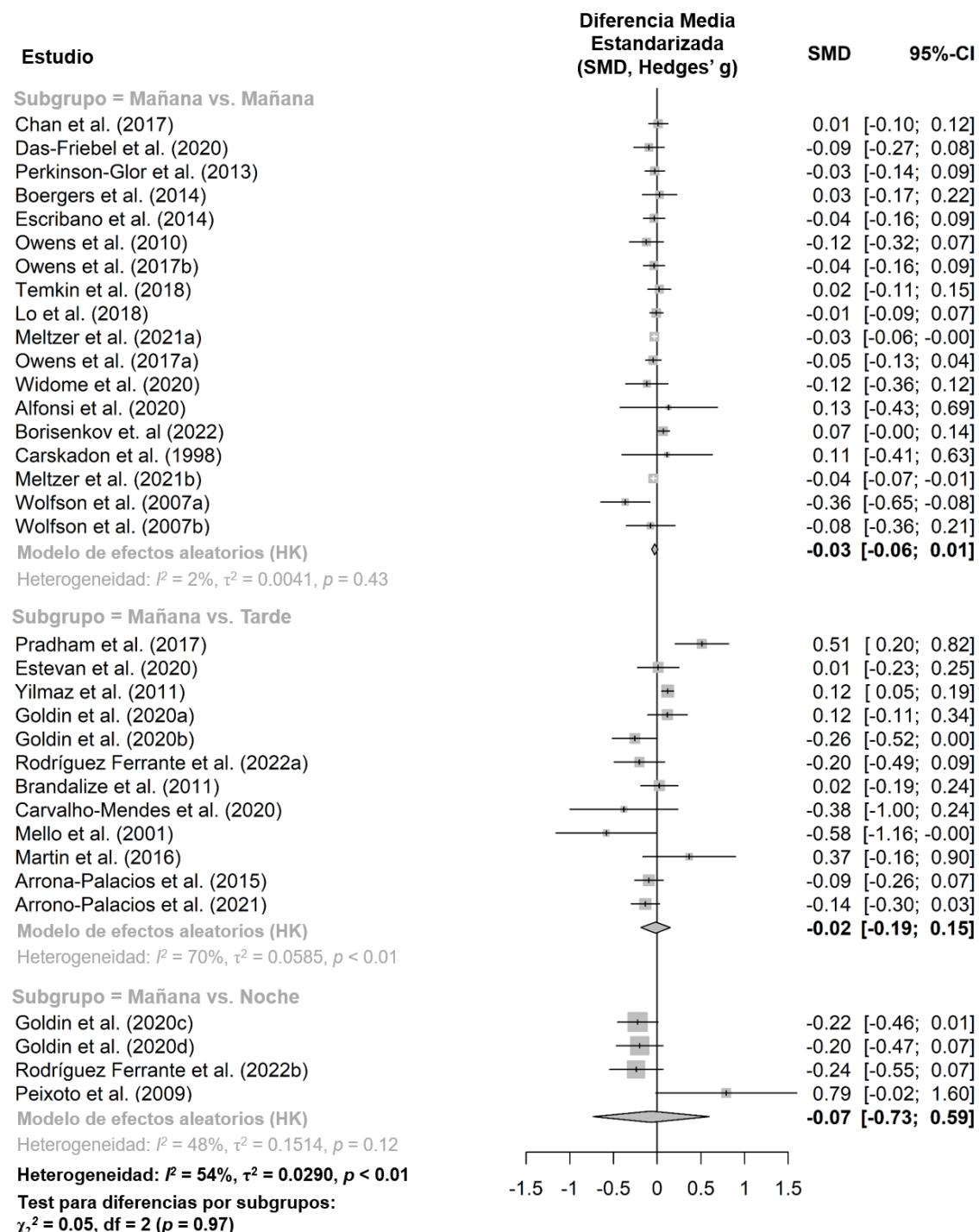


Figura 5.5. Forest plot para la duración del sueño en días libres. Los subgrupos se definen según el momento del día en que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, entonces el estudio está en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenan ascendenteamente según el ΔSST y alfabéticamente cuando el ΔSST es el mismo.

No se encontró ningún efecto global del SST sobre la SDf ($k = 34$, $SMD = -0.039$, 95% CI = -0.101-0.021; $p = 0.193$). Además, los subgrupos no difieren entre sí y la SMD en cada subgrupo no difiere de cero (Figura 5.5). Esto es consistente con lo que se mostró en los resultados expuestos en el Capítulo 2 de esta tesis, donde hallamos que los estudiantes de los diferentes turnos escolares no difieren entre sí en la duración de sueño en días libres. Estos resultados muestran que, aunque su SDw aumenta su SDf no disminuye y, por lo tanto, la duración de sueño promedio semanal aumenta. Esto sugiere que los adolescentes no logran recuperar completamente las horas de sueño perdidas durante la semana, ya que en caso de tener la posibilidad siguen aumentando su duración de sueño sugiriendo que aún no han conseguido alcanzar su necesidad de sueño. Es interesante ver que esto se da a nivel global y no solo en Argentina, donde los adolescentes están más privados de sueño que en muchas otras partes del mundo. Aunque nos alerta aún más sobre la vulnerabilidad de los adolescentes argentinos, quienes parecen encontrarse aún muy lejos de alcanzar las horas de sueño necesarias para su edad.

5.2.3.4. Horarios de sueño en días hábiles

Los resultados mostraron un efecto principal general de la SST tanto en la hora de acostarse como en la hora de levantarse ($k = 35$, $SMD = 0.405$; 95% CI = 0.253-0.558; $p < 0.0001$ y $k = 34$, $SMD = 1.704$; 95% CI = 1.372-2.035; $p < 0.0001$, respectivamente), con horas de dormir y despertar más tardías asociadas a SSTs más tardíos. Como era de esperar, el efecto es mayor para la hora de despertar que para la hora de dormir, lo que concuerda con el hecho de que una SDw más prolongada esté asociada a SSTs más tardíos. Interesantemente, esto no es así solo a nivel global, sino que se da casi todos los estudios incluidos, exceptuando los estudios de Das-Friebel et. al y Peixoto et. al (Das-Friebel et al., 2020; Peixoto et al., 2009), que son también los únicos que mostraron una disminución del sueño en días hábiles. En el caso del estudio de Das-Friebel et al. la diferencia en la magnitud del efecto es baja y puede deberse a que el instrumento utilizado para evaluar la hora de dormir y despertar no era idóneo para el cambio en el SST que estaban estudiando. En particular, las preguntas acerca de los horarios de sueño solo ofrecían opciones de respuesta con intervalos de 30min cuando el cambio en el SST fue solo de 20min. Por otro lado, en el caso del estudio de Peixoto et al. las diferencias en la magnitud del efecto para la hora de dormir y despertar son mucho mayores, mostrando que la hora de dormir se retrasa mucho más de lo que lo hace la hora de despertar al comprar el turno noche con el turno mañana. Este resultado, que parece atípico al compararlo con lo que se ve en otros estudios, puede deberse a que los estudiantes de este estudio presentan cronotipos considerablemente

tempranos, lo que a su vez probablemente esté relacionado con el hecho de que pertenecen a una zona rural.

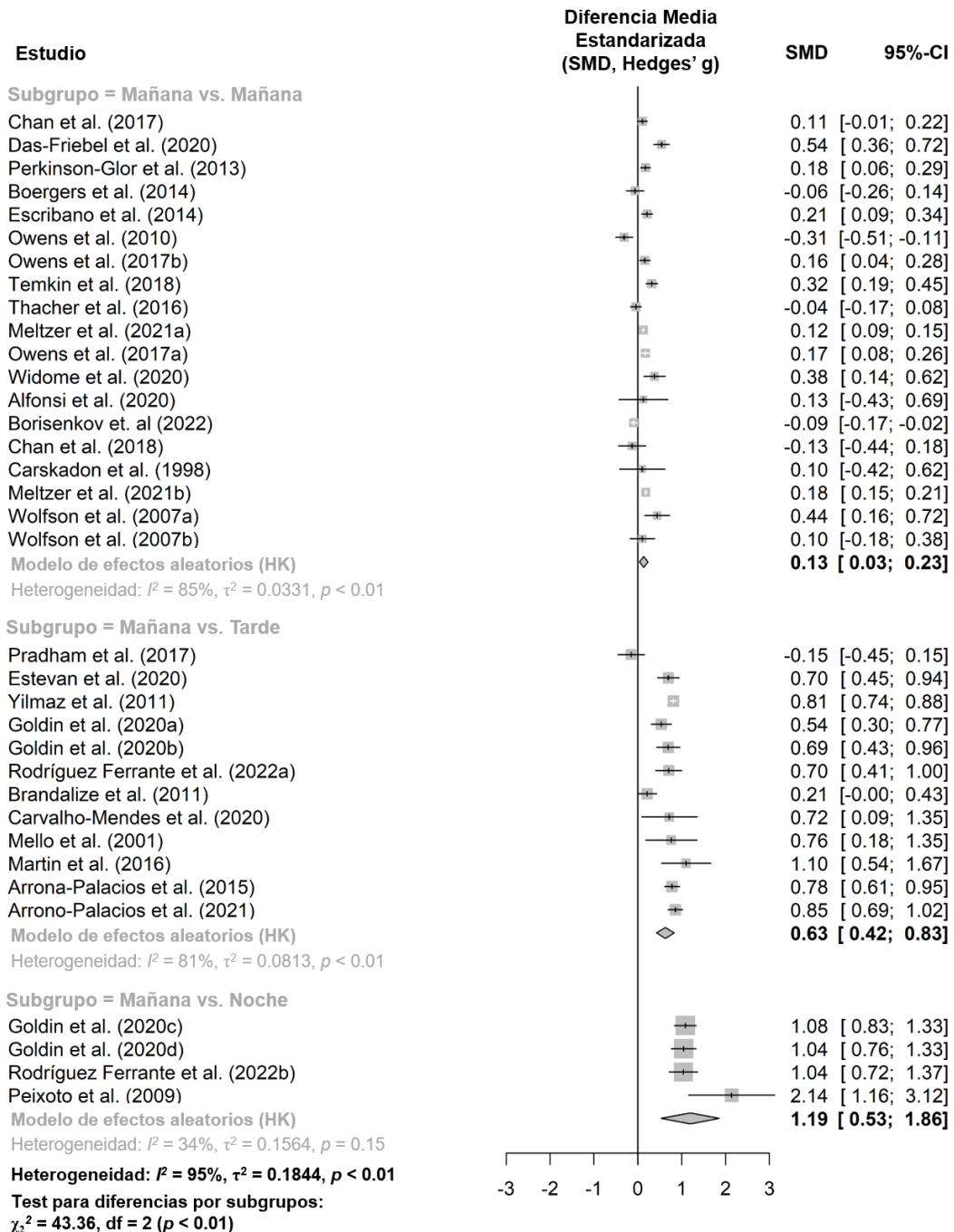


Figura 5.6. Forest plot para la hora de dormir en días hábiles. Los subgrupos se definen según el momento del día en que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, el estudio se incluye en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenan ascendenteamente según el ΔSST y alfabéticamente cuando el ΔSST es el mismo.

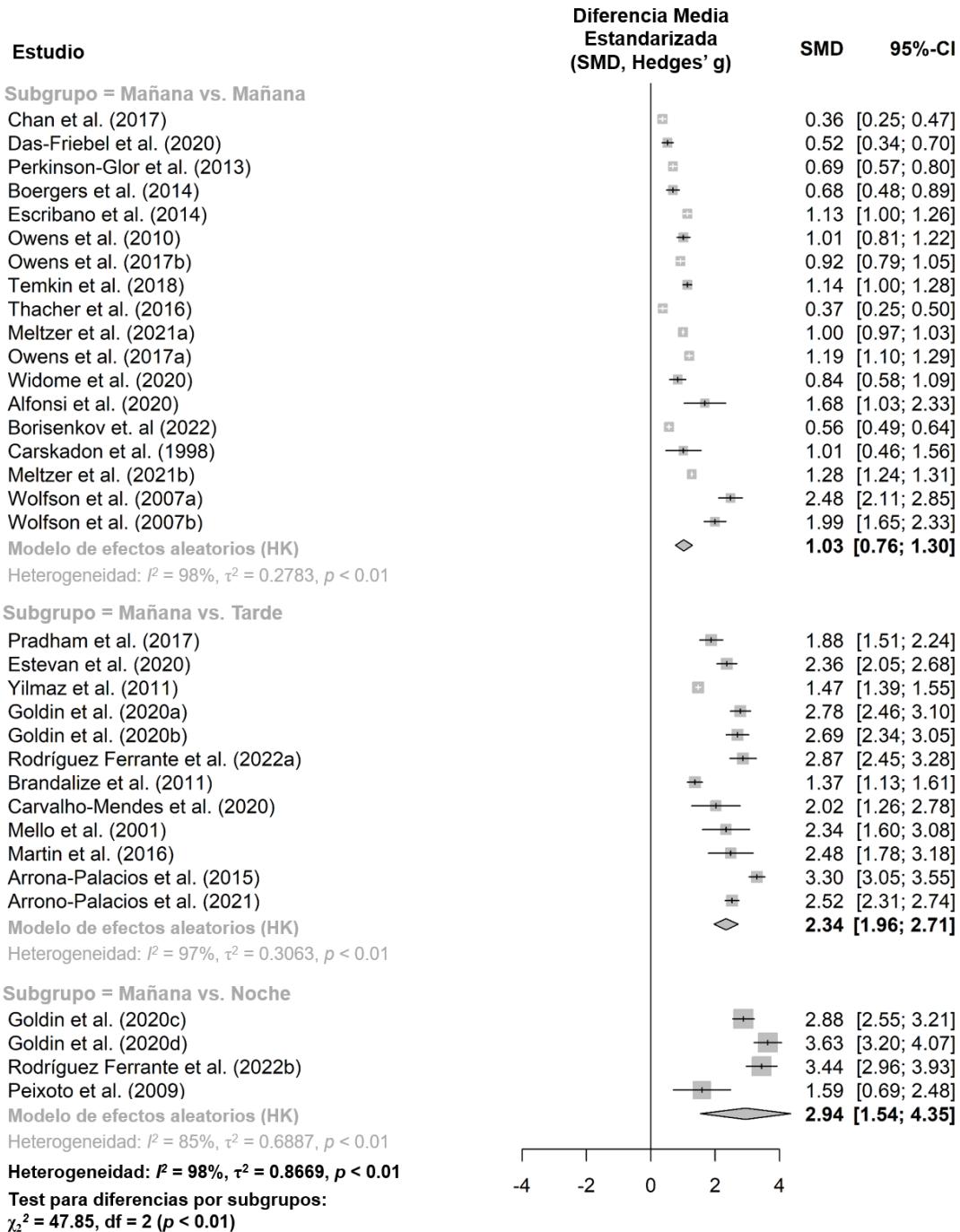


Figura 5.7. Forest plot para la hora de despertar en días hábiles. Los subgrupos se definen según el momento del día en el que comienzan los dos horarios escolares comparados (por ejemplo, si ambos horarios escolares comienzan por la mañana, el estudio se incluye en el subgrupo "Mañana vs. Mañana"). Los estudios se ordenan ascendenteamente según el ΔSST y alfabéticamente cuando el ΔSST es el mismo.

Aunque en algunos de los estudios no incluidos en el meta-análisis, la hora de dormir se retrasa cuando el SST es más tardío (Dunster et al., 2018; K. Wahlstrom, 2002), uno de ellos mostró un adelanto de la hora de acostarse con un horario escolar más tardío (Borlase et al., 2013). Sin embargo, esto último podría deberse a que los datos se tomaron en 1999 y 2008 y, en este intervalo de 9 años, podría producirse un cambio cultural u otro tipo de cambios no relacionados con el SST.

La diferencia entre subgrupos fue significativa tanto para la hora de dormir como para la hora de despertar ($p<0.001$), observándose un efecto mayor cuando los SST comparados son más distantes (Figuras 5.6 y 5.7). Mientras que, para la hora de despertar, la heterogeneidad fue significativa en general y en todos los subgrupos (Figura 5.7), para la hora de dormir la heterogeneidad en el subgrupo "Mañana vs. Noche" no fue significativa (Figura 5.6).

5.2.4. Evaluación del sesgo de publicación

Se realizaron gráficos *Funnel plots* y la prueba de Egger para evaluar el sesgo de publicación para cada variable de interés en cada subgrupo (Figura 5.8). Sólo el subgrupo "Mañana vs. tarde" presenta asimetría en los *Funnel plots* para el cronotipo ($p=0.038$), la SDw ($p=0.010$) y la hora de despertar ($p=0.020$), pero no para la SJL y la hora de dormir. Uno de los motivos para observar estos resultados puede ser que varios de los estudios incluidos en esta categoría son de Argentina y Uruguay, donde los efectos pueden llegar a ser mayores que en otros países debido a que el cronotipo de los estudiantes en estos países es muy tardío. Sin embargo, consideramos que es poco probable que estos resultados se deban realmente a un sesgo en la publicación, sino que realmente se observa un claro efecto del SST cuando compramos turno mañana con turno tarde.

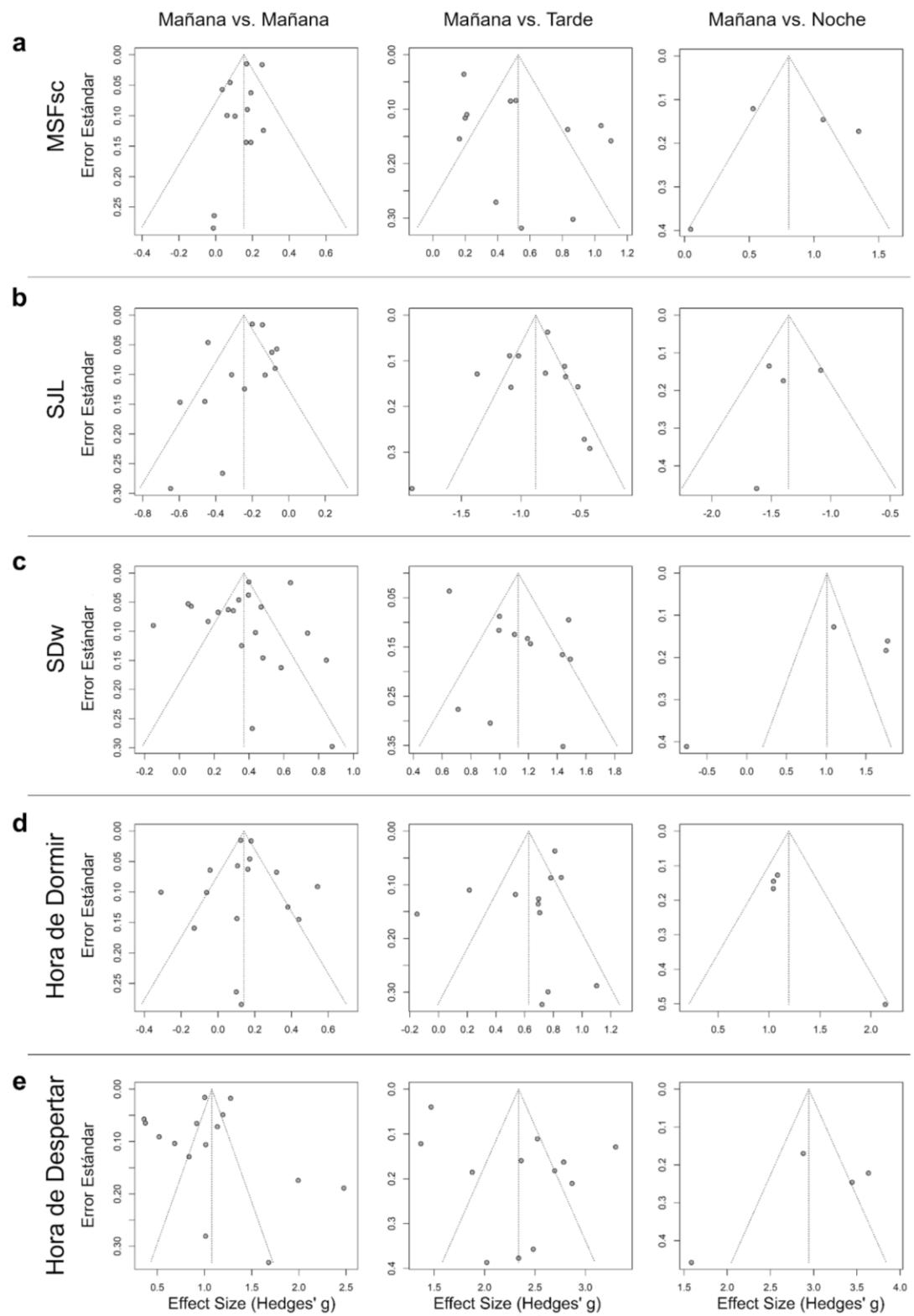


Figura 5.8. *Funnel plots* para cada variable de interés para cada subgrupo.

5.3. Discusión

Si bien los adolescentes presentan cronotipos nocturnos deben asistir al colegio temprano por la mañana, se propone que esto es la causa de que presenten hábitos de sueño poco saludables, como privación crónica de sueño y altos niveles de SJL (Carskadon, 2011a, p. 20011; Crowley et al., 2018; Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022; Wittmann et al., 2006). Esta revisión sistemática y los meta-análisis añaden evidencia en esta dirección, mostrando que los SSTs que comienzan más tarde por la mañana se asocian con una mayor duración del sueño en días hábiles (SDw), niveles más bajos de SJL, horas de despertar más tardías en días hábiles y cronotipos más tardíos. Además, las pruebas presentadas aquí muestran que cuando se comparan diferentes turnos escolares (Mañana vs. Tarde o Mañana vs. Noche), los beneficios de los horarios escolares más tardíos son aún mayores. Es importante destacar que para la mayoría de las variables estudiadas y en la mayoría de los subgrupos, la heterogeneidad de los resultados fue significativa, lo que indica que podría haber factores desconocidos que modulen el efecto de los diferentes SST sobre el cronotipo y las variables asociadas al sueño.

La magnitud del efecto de diferentes SST sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes varía según la variable bajo estudio y el subgrupo. Cuando se comparan dos SST del turno mañana, la magnitud del efecto varía según la variable bajo estudio: es pequeña para el cronotipo (MSFsc), el SJL y la hora de dormir, intermedia para la SDw y grande para la hora de despertar. Estas diferencias en la magnitud del efecto son esperables como discutiremos en esta sección.

En primer lugar, la hora de dormir no se ve tan afectada por las señales sociales que comienzan temprano por la mañana, en este caso el SST, como la hora de despertar entre semana. Esto probablemente tiene que ver con la proximidad temporal de los eventos, la hora de despertar es mucho más cercana al comienzo de las clases que la hora de dormir. Sin embargo, esto también está relacionado con los mecanismos que regulan el sueño: debido a sus cronotipos tardíos, los adolescentes no podrían dormirse temprano ya que no se sienten cansados a la hora que deberían dormirse para alcanzar las 8h de sueño mínimas recomendadas y a su vez su reloj interno les indica que sigan durmiendo en los horarios que deben despertarse para ir al colegio (Dunster et al., 2018; Rahafar et al., 2017; Roenneberg et al., 2003; Wittmann et al., 2006). En segundo lugar, el aumento de la duración del sueño es el resultado tanto de un pequeño retraso en la hora de dormir como de un mayor retraso en la hora de despertar y, por lo tanto, la magnitud del efecto es menor que para la hora de despertar pero mayor que para la hora de dormir. En

tercer lugar, aunque el SST actúa como una señal social que modula el cronotipo, el MSFsc se calcula utilizando principalmente el horario de sueño en días libres y, en consecuencia, se espera que la magnitud del efecto sea menor en dicho resultado, ya que se están comparando diferentes SSTs que afectan la agenda únicamente de los días hábiles. Por último, el SJL depende de los horarios de sueño en días hábiles y libres y, aunque los horarios de sueño en días hábiles se ven más afectados, ambos se retrasan cuando el SST es más tardío. Por ello, es razonable observar un tamaño del efecto pequeño para el SJL.

Curiosamente, aunque no todos los estudios que comparan las SSTs del turno mañana presentan un tamaño del efecto significativamente distinto de cero, para la mayoría de ellos la dirección del cambio es la misma: sólo dos estudios presentan un avance no significativo de los cronotipos (Alfonsi et al., 2020; Carskadon et al., 1998), uno un aumento de SJL (Escribano & Díaz-Morales, 2014), uno un acortamiento de SDw (Das-Friebel et al., 2020) y cinco de ellos un adelanto de la hora de dormir (Boergers et al., 2014; Borisenkov et al., 2022; C. S. Chan et al., 2018; Owens et al., 2010; Thacher & Onyper, 2016).

La magnitud del efecto es mayor para todos los trabajos incluidos cuando se comparan un SST del turno mañana con otro del turno tarde que cuando se comparan dos SST del turno mañana y las magnitudes del efecto fueron intermedias para el cronotipo y la hora de dormir en días hábiles y altas para el SJL, la SDw y la hora de despertarse en días hábiles. La mayoría de los estudios mostraron que los adolescentes alcanzan las 8h de sueño recomendadas por noche (Hirshkowitz et al., 2015; Paruthi et al., 2016) cuando asisten a la escuela por la tarde (Martin et al., 2016; Mello et al., 2001; Pradhan & Sinha, 2017; Yilmaz et al., 2011) y sus niveles de SJL son similares a los de la población adulta o incluso inexistentes (Arrona-Palacios et al., 2021; Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan, 2020; Goldin et al., 2020; Roenneberg et al., 2004; Wittmann et al., 2006). Estos resultados podrían indicar que el turno tarde es más saludable para los adolescentes que el turno mañana, lo que es especialmente relevante porque la mayoría de los países donde no tienen un turno tarde y, en general, cuando se propone un retraso del SST solo se considera la posibilidad de que estos comiencen más tarde, pero siempre por la mañana (Boergers et al., 2014; N. Y. Chan et al., 2017; Das-Friebel et al., 2020; Dunster et al., 2018).

Existen sólo unos pocos estudios que comparan SSTs del turno mañana y del turno noche (Goldin et al., 2020; Peixoto et al., 2009; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a) y los resultados son coherentes entre sí para algunas variables, pero difieren en otras. Tanto la hora de dormir como la hora de despertar en días hábiles se retrasan y los niveles de SJL disminuyen

para el SST del turno noche en todos los estudios. Sin embargo, mientras que el MSFsc se retrasa y SDw aumenta en los estudios que tuvieron lugar en Argentina (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a), el MSFsc no cambia y la SDw se acorta en el estudio que tuvo lugar en Brasil (Peixoto et al., 2009). Se sabe que los adolescentes argentinos presentan cronotipos más tardíos que la mayoría de los adolescentes del resto del mundo y, en particular, en comparación con los jóvenes brasileños (Carvalho-Mendes et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a), lo que podría explicar, al menos parcialmente, la diferencia de resultados. Sin embargo, las causas de tal diferencia en los cronotipos parecen ser principalmente culturales (por ejemplo, horarios de cena tardíos en Argentina) y reforzadas por mecanismos de sincronización fótica del reloj biológico, ya que los adolescentes brasileños se despiertan más temprano y, sistemáticamente, se exponen antes a la luz solar, lo que, probablemente adelante su cronotipo (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Skeldon et al., 2017; Wright et al., 2013).

Teniendo en cuenta el papel relevante de la cultura en los hábitos de sueño de los adolescentes (Randler, 2008b; von Schantz et al., 2015) y que la mayoría de los estudios que evalúan el efecto de diferentes SST se llevaron a cabo en los EE.UU. y en zonas urbanas, es importante generar más evidencia en diferentes países y entornos (por ejemplo, poblaciones rurales o de bajos ingresos). Por otro lado, sólo unos pocos estudios presentan una asignación aleatoria de los participantes a diferentes grupos y todos ellos comparan un SST del turno mañana con otro(s) SST(s) más tardío(s) (tarde y/o noche).

Interesantemente, algunos de los estudios incluidos en este meta-análisis para algunas de las variables y sus desviaciones estándar se estimaron a partir de la media de otras variables que sí fueron reportadas en los trabajos originales. Si bien estimar las variables de esta manera podría implicar una sobreestimación de la varianza, también permitió incluir datos que no hubieran podido ser tenidos en cuenta de otra forma. En cualquier caso, la magnitud del efecto estaría subestimada y no sobreestimada por la inclusión de estos estudios, por lo que consideramos que el balance de incluir estos resultados es beneficioso. También es importante mencionar que en este meta-análisis no diferenciamos entre estudios longitudinales (dentro de un mismo sujeto) y transversales (entre sujetos). Por un lado, si bien es importante creemos que el tipo de estudio no es relevante a la hora de responder a nuestra pregunta original es muy baja. Por el otro, dado que las comparaciones entre sujetos tienden a arrojar tamaños del efecto mayores (Kadlec et al., 2023), el efecto estimado probablemente sea menor al efecto real al incluir estudios

transversales. Finalmente, resulta importante destacar que un metaanálisis previo encontró resultados similares para estudios longitudinales y transversales (Bowers & Moyer, 2017).

Hasta donde sabemos, este es el primer meta-análisis que incluye estudios que no sólo comparan dos SSTs del turno mañana, sino que también comparan un SST del turno mañana con otro del turno tarde y/o noche. En particular, los tamaños del efecto son mayores cuando se compara SST más distantes entre sí (Arrona-Palacios et al., 2015; Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; Pradhan & Sinha, 2017; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Yilmaz et al., 2011). Por lo tanto, estos resultados sugieren que las autoridades de instituciones educativas y aquellos capaces de tomar decisiones a nivel regional, provincial y nacional no solo deberían considerar retrasos del SST solo dentro del turno mañana, sino también la posible implementación de turnos tarde y/o noche, que podría ser una herramienta útil para mejorar el sueño y el bienestar de los adolescentes.

Por último, la alta heterogeneidad observada entre los resultados de los diferentes estudios indica que existen diferentes factores que modulan el efecto del SST sobre el cronotipo y las variables asociadas al sueño. Uno de ellos podría ser la relación entre el SST y el ciclo de luz-oscuridad natural. Abordaremos este tema con mayor profundidad en el capítulo siguiente.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Registro del protocolo

El protocolo se registró en el Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas (“the International Prospective Register of Systematic Reviews”, PROSPERO) con el número de registro CRD42022344582. Esta revisión sistemática y metanálisis se realizó siguiendo las pautas PRISMA (“Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses”) (Moher et al., 2015).

5.4.2. Búsqueda bibliográfica

En junio de 2022 se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, Scopus y Web of Science. La búsqueda en Web of Science se limitó al periodo 2011-junio de 2022 debido a que el acceso a esta base de datos solo se encontraba disponible en dichas fechas. La búsqueda se actualizó en enero de 2023 utilizando las bases de datos PubMed y Scopus. Todas las búsquedas se restringieron a estudios escritos en inglés.

Los resultados de la primera búsqueda se exportaron a Cadima (<https://www.cadima.info/>) para facilitar su chequeo. Se eliminaron los duplicados y dos codificadoras independientes evaluaron los títulos y resúmenes de los registros restantes en función de los criterios de elegibilidad. Para

comprobar si era necesario revisar los criterios de inclusión, se comprobó el acuerdo entre los codificadores cuando se había completado el 25% del chequeo. Se obtuvo un 95% de acuerdo entre las codificadoras, por lo que dicha revisión no fue necesaria. A continuación, la totalidad de los textos completos de los estudios seleccionados fueron chequeados por la primera codificadora (GRF, autora de esta tesis) y el 25% de ellos (seleccionados aleatoriamente) fueron chequeados en paralelo por la segunda codificadora (FL). Los desacuerdos se resolvieron mediante discusión y, en caso de no llegar a un consenso, se consultó a MJL para la decisión final.

5.4.3. Criterios de selección

Tanto estudios longitudinales y transversales originales que cumpliesen los siguientes criterios de selección fueron incluidos. Los criterios de inclusión fueron: 1- estudios que comparasen el efecto de asistir a 2 (o más) horarios de inicio escolar diferentes sobre las variables relacionadas con el sueño de los adolescentes (horas de sueño, duración del sueño y/o jetlag social) y/o el cronotipo; 2- estudios que comparasen al menos dos grupos (un horario escolar más temprano y otro más tardío), es decir, el SST no podía introducirse como variable continua; 3- el SST debía ser similar para cada alumno de cada grupo (por ejemplo, si los grupos comparados eran 'antes de las 8:30' y 'después de las 8:30', el estudio quedaba excluido); 4- Los SST debían ser estables a lo largo de la semana y debían ser los mismos durante al menos 1 mes antes de la toma de datos; 5- Las clases debían tener lugar en el colegio (no clases virtuales). Se excluyeron los estudios que tuvieron lugar durante situaciones atípicas debido a la pandemia de COVID-19.

5.4.4. Extracción y tratamiento de datos

La extracción de datos fue realizada de forma independiente por GRF (100%) y FL (25%). Se extrajeron las características de la muestra (tamaño de la muestra, composición por sexos, edad promedio, intervalo de edad y SST), la información sobre la fecha, la zona horaria y la ubicación geográfica de la toma de datos y las variables de interés (horarios y duración del sueño en días hábiles y libres, jetlag social y MSFsc).

Si uno de los valores de una de las variables de interés no se reportó en el estudio, siempre que fue posible, se estimó utilizando las medias de otras variables (por ejemplo, es posible estimar la duración media de sueño a partir de los horarios medios de dormirse y despertarse). En esos casos, se utilizaron ecuaciones de propagación de la incertidumbre para estimar la desviación estándar de los resultados calculados.

Para algunos estudios, tuvimos acceso a información no publicada debido a contactos previos con los autores (Das-Friebel et al., 2020; Escribano & Díaz-Morales, 2014) o porque eran estudios de nuestro grupo (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). También nos pusimos en contacto con los autores de Wahlstrom et al. (K. L. Wahlstrom & Owens, 2017) para solicitarles los valores exactos de los datos representados gráficamente, pero no pudieron facilitarnos la información requerida.

5.4.5. Evaluación de la calidad

Para la evaluación de la calidad de los estudios incluidos y del riesgo de que estos presenten sesgos se utilizó el *checklist* para evaluar la calidad de los estudios cuantitativos propuesta por Kmet et al., 2004 (Kmet et al., 2004). Los resultados de esta evaluación no formaron parte de los criterios de inclusión/exclusión.

5.4.6. Análisis de datos

Se realizó un meta-análisis de efectos aleatorios con tres subgrupos diferentes para cada variable de interés (horario de sueño en días hábiles, SDw, SDf, SJL y MSFsc) utilizando la diferencia de medias estandarizada (SMD, del inglés *Standardized mean difference*) como medida del tamaño del efecto. En particular, utilizamos como SMD la medida *Hedges' g* que tiene en cuenta el tamaño de la muestra en su cálculo para evitar un bias cuando las muestras son muy pequeñas. Los valores de *Hedges' g* de 0.2, 0.5 y 0.8 indican efectos pequeños, medianos y grandes, respectivamente. Se definieron subgrupos según la distancia entre las SST comparadas: "Mañana vs. mañana", "Mañana vs. tarde" y "Mañana vs. noche". La heterogeneidad entre los estudios se calculó mediante los estadísticos Q e I² (Higgins et al., 2003). Para abordar la existencia de posibles sesgos de publicación, se realizaron *Funnel plots* y la prueba de Egger para cada resultado en cada subgrupo.

El análisis se realizó utilizando R (v.4.0.2; R-Core-Team, 2020). Para los metanálisis se utilizó el paquete Meta (Balduzzi et al., 2019) y el paquete dmetar (Harrer et al., 2019) para las pruebas de Egger y el cálculo de los tamaños del efecto.

6. Importancia relativa de los relojes social y solar en el efecto de diferentes horarios de inicio escolar⁶

6.1. Introducción

La rotación de la Tierra alrededor de su propio eje produce un ambiente externo cíclico en el que se alternan la luz y la oscuridad. Este ciclo diario de luz-oscuridad de 24 horas constituye un reloj solar que se asocia a la existencia de ritmos cercanos a las 24 horas o circadianos en los organismos vivos. El comportamiento y la fisiología humanos muestran ritmos que tienen como característica mantenerse de forma endógena (en ausencia de claves externas) y se ponen en hora (se sincronizan o son entrenados) por la luz (Duffy & Wright, 2005; Harmer et al., 2001; Orth et al., 1979; Roenneberg, Kumar, et al., 2007).

Aunque la mayoría de los seres humanos están activos durante el día y descansan por la noche, la expresión del reloj interno en un ciclo de luz-oscuridad específico (es decir, la fase de entrenamiento) difiere entre individuos. Esto es lo que conocemos como cronotipo que como se explicó previamente es un continuo entre la matutinidad y la vespertinidad. Los factores que modulan el cronotipo son varios, entre ellos las propiedades del ciclo luz-oscuridad (por ejemplo, el horario, la duración y la intensidad de la luz diurna), el horario de las actividades habituales (asociadas a hábitos culturales y sociales, por ejemplo, la hora de cenar, el horario de trabajo) y los cambios asociados con el desarrollo. En particular, el cronotipo se retrasa progresivamente a lo largo de la adolescencia, con un pico de vespertinidad al final de este periodo de desarrollo (Randler et al., 2017; Roenneberg et al., 2004). Sin embargo, en todo el mundo, las clases comienzan temprano por la mañana chocando con el cronotipo tardío de los adolescentes y representando un factor social con importantes consecuencias negativas para los mismos (Carskadon, 1990), entre ellas una corta Duración del Sueño en Días hábiles (SDw) y altos niveles de Jetlag social (SJL) (Roenneberg et al., 2012; Wittmann et al., 2006) (Figura 6.1). Además, como mostramos en el Capítulo 2 de esta tesis, el horario de inicio escolar (SST) no sólo modula los hábitos de sueño de los adolescentes, sino que también puede modular su cronotipo.

⁶ Los resultados de este capítulo son parte de un artículo ya publicado y de otro que está actualmente en revisión: Rodríguez Ferrante, G., & Leone, M. J. Solar clock and school start time effects on adolescents' chronotype and sleep: A review of a gap in the literature. *Journal of Sleep Research*, e13974; y Rodríguez Ferrante, G., Lee F., & Leone, M. J. (2023). Effects of school start time and its interaction with the solar clock on adolescents' chronotype and sleep: a Systematic Review and Meta-analysis

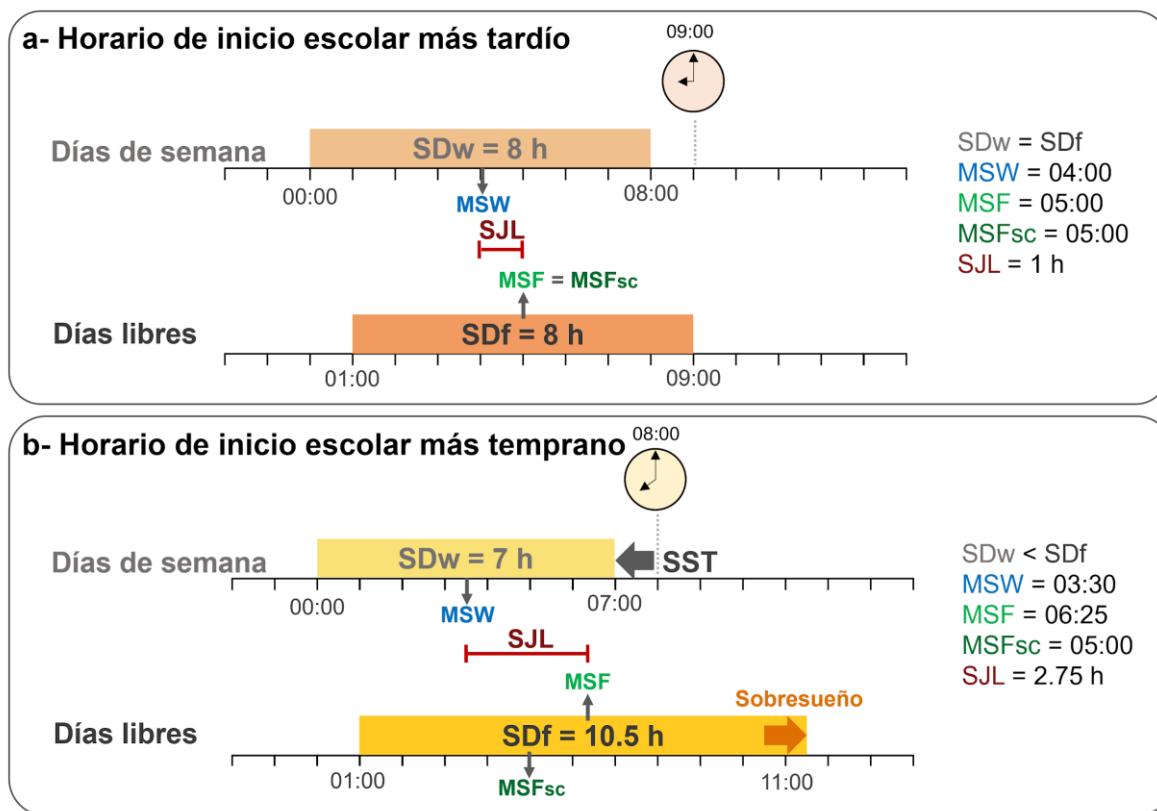


Figura 6.1. Horario de inicio escolar, cronotipo y variables asociadas al sueño en dos SSTs diferentes. a- SST más tarde. En esta situación hipotética, cuando la escuela empieza más tarde (por ejemplo, a las 09:00), la duración del sueño del estudiante en días hábiles (SDw) y en días libres (SDf) es la misma y, en consecuencia, $MSF=MSFsc$. Cabe destacar que, aunque el estudiante duerme 8h todos los días, experimenta jetlag social (SJT): los horarios de sueño, no su duración, difiere entre los días hábiles y los días libres. **b- SST más temprano.** Cuando la escuela comienza más temprano (por ejemplo, a las 08:00), el estudiante experimenta niveles de SJT más altos y una SDw más corta. Esto último genera una privación de sueño que a su vez implica que el estudiante duerma más de la cuenta en los días libres (sobresueño). Esto conduce a un valor de MSF más tardío de lo que hubiese sido en ausencia del mecanismo de compensación del sueño. Es por ello que, para obtener un valor de cronotipo no influido por el exceso de sueño, hay que corregir el MSF. En este caso, la corrección da como resultado un $MSFsc$ igual al $MSFsc$ que se hubiese obtenido en ausencia de sobresueño, es decir el $MSFsc$ de la figura a y b son iguales. Tener en cuenta que el ciclo de luz-oscuridad es el mismo para los dos escenarios. $MSW = Son_w + SDw/2$. $MSF = Son_f + SDf/2$. $SJT = MSW - MSF$. $MSFsc = MSF - 0.5*(SDf - (5*SDw + 2*SDf)/7)$. Son_w : hora de dormir en días hábiles, Son_f : hora de dormir días libres.

Una posibilidad para reducir las consecuencias negativas asociadas al horario de inicio escolar es que la escuela comience por más tarde, es decir, retrasar el horario de inicio escolar. Brevemente, los SSTs más tardíos se han visto asociados a beneficios para los adolescentes, incluyendo mayor duración del sueño, menor SJT, mejor rendimiento académico y menor tasa

de accidentes de tráfico, entre otros (Dunster et al., 2018; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Vorona et al., 2011; K. Wahlstrom, 2002). Sin embargo, estas mejoras no se observaron en todos los estudios previos (Das-Friebel et al., 2020; Hinrichs, 2011). Interesantemente, tanto los meta-análisis previos (Bowers & Moyer, 2017; Yip et al., 2022) como el meta-análisis presentado en el capítulo anterior de esta tesis mostraron que la magnitud del efecto de diferentes SSTs sobre variables asociadas al sueño es muy variable entre estudios. Esto sugiere que existen factores que podrían estar actuando como moderadores del efecto del horario de inicio escolar. Al comparar dos SSTs diferentes, la magnitud del efecto observada podría estar asociada no sólo a cuán distantes son los dos SSTs (Δ SST), sino también a otros factores como el cronotipo y la edad de los adolescentes, las características del ciclo luz-oscuridad y el horario de las actividades regulares (tanto sociales como culturales). En este capítulo nos centraremos en cómo la relación entre los relojes social y el solar puede ser un factor que module el efecto de diferentes SST sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes.

6.1.1. Interacción entre el reloj social y el solar: el sistema de husos horarios

En este momento y en cualquier otro, el reloj solar señala horas diferentes en distintos lugares del mundo. En un lugar específico, su longitud geográfica determina el momento del mediodía solar y, tanto su latitud como el momento del año (estación), el fotoperiodo o cantidad de horas de luz solar que tiene un día. Es decir, en el Ecuador hay cerca de 12h de luz y 12h de oscuridad durante todo el año, pero las noches son más largas/cortas según la distancia al Ecuador y la época del año.

La rotación completa de la Tierra alrededor de su propio eje dura 24h, por lo tanto, nuestro planeta gira 15° cada hora. Así, el mundo puede dividirse en 24 "husos horarios". Cada huso horario incluye una línea imaginaria semicircular (conocida como meridiano) en su centro que va del Polo Norte al Polo Sur. Nuestro actual sistema mundial de husos horarios se basa en estos 24 meridianos, cada uno distante del siguiente en un ángulo de 15°. Si una región del mundo adopta el huso horario correspondiente a su meridiano más cercano, el reloj local y el solar serían similares, pero no exactamente iguales (excepto que se encuentre sobre el meridiano) y, en diferentes longitudes dentro de esta región, la relación entre la hora indicada por el sol y la indicada por el reloj local serían diferentes. Más específicamente, el reloj local informará de la misma hora en todo el huso horario, pero el mediodía solar coincidirá con las 12:00 (es decir, el mediodía según la hora local) sólo a lo largo del meridiano y se producirá 30 minutos antes (o

después) en el límite oriental (u occidental) del huso horario. Es importante señalar que la adopción del horario local basado en los husos horarios no es obligatoria y, sistemáticamente, muchas regiones no ajustan su hora local al huso horario que teóricamente les corresponde por motivos históricos, políticos o de otro tipo. Como consecuencia, la diferencia entre los relojes solar y social es superior a 30 minutos en muchos lugares del mundo. Por ejemplo, Argentina adopta UTC+3 mientras que su ubicación geográfica corresponde a UTC+4 y UTC+5 (Figura 6.2a) y China adopta UTC+8 como huso horario oficial para todo el país a pesar de que su territorio abarca cinco husos horarios diferentes.

En el pasado, la luz solar era indispensable para la mayoría de las actividades sociales y productivas y, por tanto, se mantenía naturalmente la coherencia entre los relojes social, solar y biológico. Hoy en día, las poblaciones humanas han disminuido su exposición diurna a la luz solar y aumentado su exposición nocturna a la luz artificial, es decir, las mañanas actuales son menos luminosas y las noches, menos oscuras que antes. En todo el mundo, tanto el horario como la intensidad de la exposición a la luz han cambiado y estos cambios afectan a los ritmos circadianos de las personas. La exposición a la luz durante la mañana adelanta los ritmos circadianos y, al atardecer, los retrasa (Crowley & Eastman, 2017; Minors et al., 1991). En cuanto a la intensidad, la luz brillante es más eficiente sincronizando o entrenando a los ritmos circadianos (Duffy & Wright, 2005; Wright et al., 2013).

Actualmente, debido a que los seres humanos pueden controlar su propio ciclo luz-oscuridad, la fuerza del reloj solar como sincronizador o zeitgeber (es decir, dador de tiempo en alemán) se ha debilitado, especialmente en las sociedades humanas industrializadas. En estas condiciones, las distribuciones de los cronotipos son más amplias y más tardías (Leone et al., 2020; Roenneberg, Winnebeck, et al., 2019). Esto se acentúa en los adolescentes porque presentan altos niveles de uso de pantallas (Hale et al., 2019) y son más susceptibles a la exposición a la luz por la noche que los adultos (Crowley et al., 2015; Figueiro & Overington, 2016; Nagare et al., 2019). Como era de esperar, la duración del sueño ha disminuido significativamente durante el último siglo en niños y adolescentes, pero ante todo en adolescentes mayores (Matricciani et al., 2012).

Los efectos de un ciclo luz-oscuridad débil son aún peores en aquellos lugares donde el huso horario adoptado no se corresponde con su posición geográfica: cuanto mayor es la distancia al meridiano del huso horario adoptado (es decir, DMATZ), mayor es la discrepancia entre los relojes social y solar. Esta incoherencia entre los relojes influye en los cronotipos y los hábitos

de sueño de las personas, probablemente al afectar el horario y la duración de la exposición a la luz solar, que a su vez modula su reloj biológico interno (Roenneberg et al., 2003, 2010). En particular, los cronotipos tienden a ser más tardíos cuanto mayor es la DMATZ hacia Oeste (Borisenkov et al., 2012; Leone et al., 2020; Roenneberg, Winnebeck, et al., 2019).

Aunque la asociación entre ubicaciones más occidentales respecto al meridiano de la zona horaria adoptada y cronotipos más tardíos también se ha descripto en adolescentes (Masal et al., 2015; Randler, 2008a), los estudios que comparan diferentes SST no tuvieron en cuenta la discrepancia entre los relojes sociales y solares. Los estudios anteriores sólo consideran la SST determinada por el reloj social y definida por la hora local (es decir, SST_{LT}), pero los efectos asociados con un cambio en la SST (por ejemplo, de 07:45 a 08:30) podrían diferir para diferentes DMATZ. Como consecuencia, cuando se comparan diferentes SST, poco se sabe sobre el efecto del reloj solar sobre las variables relacionadas con el sueño (es decir, SDw y SJL) y el cronotipo de los estudiantes y, en particular, si la magnitud del efecto observado depende de DMATZ.

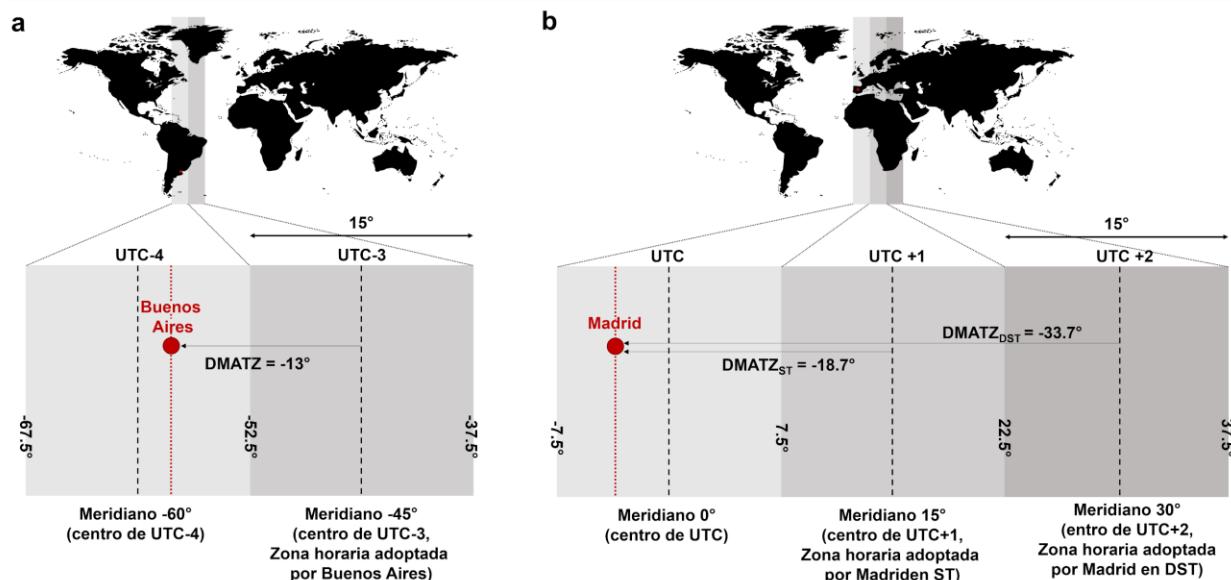


Figura 6.2. Representación gráfica de la distancia (en °) entre una ciudad y el meridiano central del huso horario adoptado. a- Ejemplo 1: Buenos Aires. Aunque la ciudad de Buenos Aires (-58°) está situada dentro del huso horario UTC-4, adopta el UTC-3. Esto implica que la distancia entre Buenos Aires y el meridiano central del huso horario adoptado es mayor que el máximo teórico de 7.5° . En consecuencia, la discrepancia entre los relojes solar y el social en esta ciudad es cercana a 1 hora (52 minutos, 4 minutos por °). **b- Ejemplo 2: Madrid (durante ST y DST).** La posición geográfica de Madrid corresponde al UTC. Sin embargo, Madrid adopta UTC+1 como hora estándar y UTC+2 durante el DST. UTC: Hora Universal Coordinada, ST: Hora Estándar, DST: Horario de Verano, DMATZ: Distancia del Meridiano del Huso Horario Adoptado.

En los lugares donde se aplica el horario de verano (DST, de “*Daylight Saving Time*”), la hora local se adelanta 1h durante los meses de verano, generalmente aumentando el desajuste con el reloj solar. Por ejemplo, mientras que la longitud de España corresponde a UTC-1 y UTC, el huso horario adoptado es UTC+1 durante el horario estándar (ST) y UTC+2 durante el DST. En concreto, mientras que la longitud de Madrid es de aproximadamente -3.7° y, por tanto, su posición geográfica está dentro del huso horario UTC, los husos horarios adoptados son UTC+1 y UTC+2, durante el invierno y el verano, respectivamente. En consecuencia, la discrepancia entre los relojes solar y social en Madrid es de casi 1.25h durante el ST y de 2.25h durante el DST (Figura 6.2b). Estas discrepancias aumentan en unos 20 minutos en las ciudades más occidentales de España (por ejemplo, Vigo y Santiago de Compostela, situadas geográficamente en el huso horario UTC-1). La implementación del DST se ha asociado con efectos negativos tanto a corto como a largo plazo sobre la salud y el bienestar de las personas y, de manera consistente, la literatura científica actual argumenta fuertemente en su contra (Borisenkov et al., 2017; Roenneberg, Wirz-Justice, et al., 2019; Schneider & Randler, 2009). Teniendo en cuenta los horarios escolares, el DST podría revertir los beneficios obtenidos tras retrasar una hora el SST_{LT} durante el ST. En ese escenario, la implementación del DST equivaldría a adelantar el SST según el reloj solar, volviendo a un SST solar igual al utilizado antes de que se dé el cambio de horario escolar (Skeldon & Dijk, 2019).

6.1.2. Amanecer y SST

El impacto de la luz en el cronotipo y los hábitos de sueño depende no solo del momento de exposición a la luz, sino también de su intensidad y duración (Roenneberg et al., 2003, 2010; Skeldon et al., 2017; Wright et al., 2013). Crucialmente, estas dos últimas propiedades de la luz no se explican completamente por la DMATZ, sino que están determinadas por la latitud y la época del año (estaciones) (Allebrandt et al., 2014; Brockmann et al., 2017; Friberg et al., 2012; Leocadio-Miguel et al., 2017).

La hora del amanecer define el momento en que la luz solar empieza a estar disponible por la mañana, lo que es especialmente importante para sincronizar los ritmos circadianos humanos al ciclo de luz-oscuridad de 24 horas. Por lo tanto, se espera que la hora del amanecer y, especialmente, la distancia en horas entre el SST y el horario del amanecer (SST-Sun), sea un buen indicador de la discrepancia entre los relojes social y solar para los estudiantes de

secundaria y, en consecuencia, un *proxy* de la restricción impuesta por el SST a los relojes biológicos de los adolescentes. En este sentido, evidencias previas muestran que una menor exposición a la luz solar por la mañana se correlaciona con un retraso en la secreción de melatonina, mientras que una mayor exposición conduce a acostarse antes (Crowley et al., 2007; Figueiro et al., 2011; Wright et al., 2013). Un trabajo reciente informa que empezar la escuela a la misma hora local, pero una hora más tarde en relación con la salida del sol aumenta las puntuaciones en las pruebas de matemáticas y lectura (Heissel & Norris, 2018). En este estudio, los investigadores disponían de información de estudiantes que se desplazan de un lado a otro de la frontera horaria en el estado de Florida en EEUU: mientras que la posición geográfica de los estudiantes no cambia significativamente, el SST-Sun es casi 1h más tarde en el lado Oeste de la frontera (UTC-6 en ST) que en el lado Este (UTC-5 en ST). Cuanto más temprano ocurra el amanecer respecto del SST, se espera que el reloj biológico tardío de los adolescentes esté mejor alineado con el reloj social. Si el SST corresponde a una hora solar y endógena más tardía, conducirá a menores niveles de SJL. Es importante destacar que un mayor número de horas de luz solar antes del SST debería aumentar la exposición matutina a la luz solar de los adolescentes, lo que se espera que esté asociado con un adelanto del reloj interno y, en consecuencia, con un adelanto del horario de sueño (Crowley & Eastman, 2017; Minors et al., 1991).

En particular, casi ninguno de los estudios disponibles que comparan las SST tiene en cuenta el momento del amanecer y muchos de ellos ni siquiera proporcionan información suficiente para estimar cuál fue la hora del amanecer durante la toma de datos (Arrona-Palacios et al., 2015; Lufi et al., 2011; K. Wahlstrom, 2002). Por supuesto, la falta de estos datos hace muy difícil evaluar la importancia del reloj solar en el efecto del SST. Aquí, utilizando los datos disponibles de estudios publicados que comparan diferentes SST_{LT} en condiciones estándar (es decir, escuela presencial y con horarios regulares), discutimos la influencia relativa tanto del reloj solar como del social en el reloj circadiano y el sueño de los adolescentes.

6.1.3. Efectos de la SST en la duración del sueño, el SJL y el MSFsc: importancia relativa del reloj social y el solar

La contribución relativa de los relojes social y solar en la fisiología circadiana y el comportamiento humano es uno de los debates más cándentes en cronobiología (Skeldon & Dijk, 2021; Zerbini et al., 2021, 2022). Sin embargo, al evaluar el impacto del SST en el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes, el efecto de estos relojes suele evaluarse de forma independiente o sin

tener en cuenta la influencia de ambos (Arrona-Palacios et al., 2015; Heissel & Norris, 2018). Aquí estudiamos si la interacción entre los relojes solar y social en situaciones de la vida real modula el efecto del SST en los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes, y de qué manera lo hace.

Existen algunas situaciones naturales y artificiales en las que la relación entre el amanecer y la hora local cambia. En primer lugar, las estaciones del año y la latitud geográfica son dos factores naturales importantes que modulan el fotoperiodo. En cuanto a las estaciones, durante el verano hay más horas de luz solar que durante el invierno y, asociado a esto, el amanecer ocurre más temprano durante el verano. Por lo tanto, los datos tomados bajo un mismo SST_{LT} pero en diferentes estaciones se asociarían con diferentes SST-Sun (Figura 6.3a). Algunos estudios no tienen en cuenta este hecho y comparan el efecto de dos SST_{LT} diferentes sobre el sueño de los estudiantes tomando datos en dos estaciones diferentes. Dado que en esa situación cambia tanto el SST_{LT} como la SST-Sun resulta muy difícil desentrañar el efecto de cada reloj (Carskadon et al., 1998; N. Y. Chan et al., 2017). Incluso cuando la SST-Sun no cambia considerablemente, un efecto de la estacionalidad podría estar enmascarando el efecto del retraso del SST_{LT}, ya que el invierno se asocia con un horario de sueño más tarde y una mayor duración del sueño (Hashizaki et al., 2018; Roenneberg, Kuehnle, et al., 2007). La latitud modula el efecto de la estación del año sobre el fotoperiodo: cuanto mayor es la distancia al Ecuador, mayor es la diferencia entre los fotoperiodos de verano e invierno. Por ejemplo, en Quito (Ecuador) hay cerca de 12h de luz solar durante todo el año y la hora de salida del sol varía sólo alrededor de 30min con las estaciones, mientras que durante el verano en Buenos Aires hay ~14h de luz solar (~10h en invierno) y la hora del amanecer varía más de 2h (Figura 6.3b). Entonces, tanto la estación del año como la latitud deben ser consideradas al momento de tomar datos: si los datos se recolectan durante un largo período de tiempo, la relación entre los relojes solar y social podría variar mucho y, en consecuencia, los resultados. Existen trabajos que comparan el efecto de diferentes SST en la misma posición geográfica, pero en los que la toma de datos se realizó durante tres o incluso seis meses (Brandalize et al., 2011; Escribano & Díaz-Morales, 2014; Meltzer et al., 2021; Temkin et al., 2018; Wolfson et al., 2007). En estos casos si bien los resultados son adjudicados a los diferentes SST_{LT}, también podrían estar afectados por los cambios estacionales, lo cual podría implicar una sub- o sobreestimación del efecto del SST, dependiendo del caso.

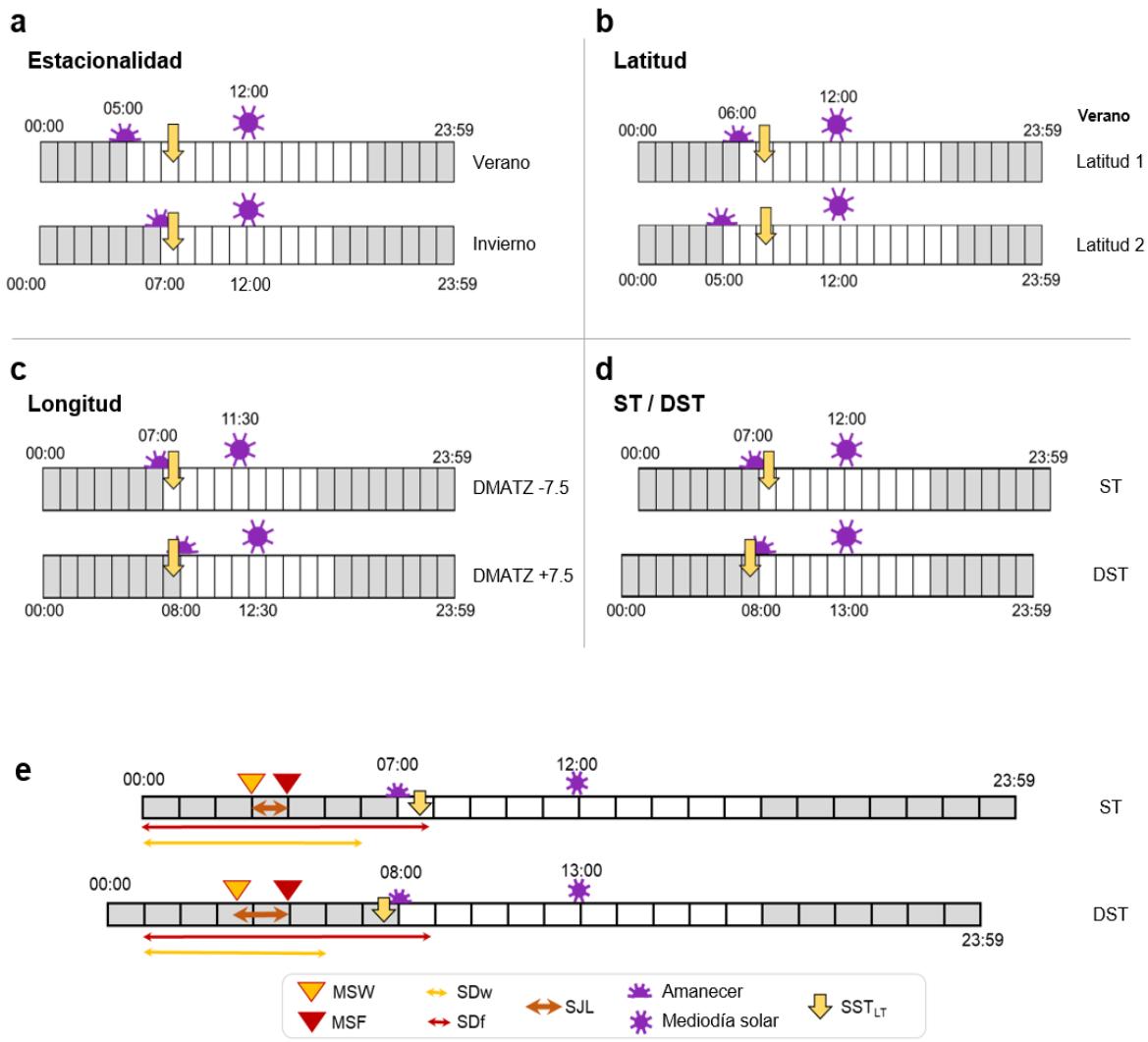


Figura 6.3. Factores naturales y artificiales que influyen en la relación entre el reloj social (SST_{LT}) y el solar (SST-Sun). Considerando un SST_{LT} específico (por ejemplo, 07:45) diferentes factores podrían modular su distancia al amanecer (SST-Sun). **a. Estacionalidad.** La SST-Sun es diferente en diferentes estaciones debido al cambio en el fotoperiodo asociado a la estacionalidad, siendo mayor la SST-Sun en verano y menor en invierno. **b. Latitud.** Considerando dos lugares en la misma longitud dentro de la misma zona horaria y en la misma época del año, la SST-Sun variará con la latitud. Los lugares más alejados del Ecuador presentan una mayor variación del fotoperiodo entre estaciones. Así, durante el verano la SST-Sun será mayor para un lugar alejado del Ecuador (latitud 2) que para un lugar cercano al Ecuador (latitud 1). **c. Longitud.** Considerando dos lugares con la misma latitud dentro de la misma zona horaria y en la misma época del año, la SST-Sun variará con la longitud. En concreto, si uno de estos dos lugares está situado 7.5° al Oeste y el otro 7.5° al Este desde el meridiano central del huso horario adoptado la SST-Sun diferirá en 1h entre ellos (-15min y 45min, respectivamente). **d. ST/DST.** En este caso, no cambia la posición geográfica pero sí la DMATZ (ya que cambia el huso horario adoptado). Es decir, la relación social entre reloj social y solar cambia en 1h, dando lugar a una SST-Sun 1h mayor durante ST que en DST (al comparar justo antes y después del cambio). **e. Ejemplo de cómo los hábitos de sueño de los adolescentes podrían verse alterados por un cambio en la relación entre los relojes social y solar**

(de ST a DST). El diagrama ilustra el efecto esperado que un cambio de ST a DST puede tener en el sueño de un adolescente cuyo MSF es 04:00 (durante ST) y que necesita dormir 8h. En ST, el adolescente se acostaría a las 01:00 (00:00 en ST), pero los días laborables se levantaría a las 06:00 para ir a la escuela a las 07:45. Es decir, sólo dormiría 6 horas en días hábiles, lo que supone una pérdida de sueño de 2 horas al día y 1 hora de SJL. Sin embargo, cuando se produzca el cambio a DST, mantendrá su horario de sueño según la hora solar, pero lo retrasará 1 hora según el horario social. Así, se iría a dormir a la 01:00 pero, entre semana, volvería a despertarse a las 06:00 porque la SSTLT no cambia (07:45). Esto conduce a un aumento de la pérdida de sueño y de los niveles de SJL (3h y 1.5h, respectivamente).

En segundo lugar y como se ha explicado anteriormente, la adopción de una zona horaria y el cambio de esta zona horaria durante el verano (es decir, DST) son algunas causas artificiales relacionadas con la discrepancia entre el reloj solar y el social. En concreto, dos ciudades diferentes que adopten el mismo huso horario pero que estén situadas en el límite más occidental y más oriental del huso horario presentarán una discrepancia de 30min entre sus relojes solar y social. Aunque la magnitud de la discrepancia sea la misma, el sentido de esta será opuesto. El amanecer será 30 minutos más tarde y 30 minutos más temprano en el extremo occidental y oriental del huso horario, respectivamente (Figura 6.3c). Consistentemente, cuando se evalúa el efecto del SST sobre el sueño de los adolescentes en diferentes ciudades o países (o incluyendo un grupo heterogéneo en cuanto a posición geográfica), deben considerarse las mencionadas diferencias de latitud y longitud que generan diferencias en la relación entre los relojes solar y social. Finalmente, el DST implica un cambio en el huso horario adoptado, es decir, si bien la posición geográfica no cambia, la relación entre el reloj solar y el social sí lo hace: el ciclo externo luz-oscuridad no cambia pero la hora local se adelanta (Figura 6.3d). A modo de ejemplo, si durante el DST una escuela empieza a las 07:45 y el amanecer se produce a las 08:00 entonces, SST-Sun correspondería a -15min el día antes de cambiar al horario de verano y a -75min después. Por ello, al evaluar el efecto del SST sobre el cronotipo y el sueño de los adolescentes, los datos deben recogerse durante el horario estándar o durante el horario de verano, pero no durante ambos. Sin embargo, el periodo de toma de datos de algunos estudios incluye el momento del cambio entre ST y DST (Arrona-Palacios et al., 2021; Escribano & Díaz-Morales, 2014).

Es relevante considerar los diferentes factores que modulan la relación entre los relojes solar y social al estudiar el efecto de diferentes SSTs sobre los hábitos de sueño de los adolescentes, ya que la relación entre dichos relojes podría estar modulando los resultados observados. La Figura 6.3e, ilustra esto planteando un caso hipotético. En dicha figura se representa un adolescente que necesita dormir 8h, con un MSF = 04:00 (inicio del sueño a las 00:00 y

finalización del sueño a las 08:00, en días libres) y que se despierta a las 06:00 para ir al colegio a las 07:45 de la mañana durante el ST. Por lo tanto, este adolescente estará 2h privado de sueño y presentará 1h de SJL. Sin embargo, cuando se produzca el cambio a DST, la relación entre ambos relojes cambiará 1h, pero el adolescente mantendrá su horario de sueño sin modificaciones en relación con el reloj solar y habrá consecuencias asociadas a esto: MSF=05:00, tendrá 3h de falta de sueño y presentará 1.5h de SJL. Aunque esta situación hipotética implica algunas asunciones (por ejemplo, los adolescentes no cambian su horario de sueño para ajustarse al cambio del reloj social), ilustra cómo la relación entre los relojes solar y social, y no sólo el reloj social (SST_{LT}), puede modular los hábitos de sueño de los adolescentes.

Es importante señalar que diferentes agentes (científicos/as, políticos/as, etc.) han sugerido que la escuela no debería comenzar antes de las 08:30, pero este SST_{LT} podría corresponder a diferentes horarios solares en función de la posición geográfica y de la época del año, lo que a su vez podría asociarse a diferentes niveles de deuda de sueño y de SJL. Por lo tanto, esta sugerencia respecto a un SST_{LT} "mínimo" podría tener sentido bajo cierto ciclo de luz-oscuridad pero no ser tan beneficioso en todos los casos (cabe aclarar que en todos los casos, que el SST sea tarde por la mañana será beneficioso para los adolescentes). Además, el efecto de un retraso de la SST_{LT} podría sobreestimarse o subestimarse en función de cómo cambie la relación entre los relojes social y solar en la toma de datos previa al cambio con respecto a la toma de datos después del cambio en el SST_{LT} . Para ser más concretos, mientras que la diferencia entre el SST previo y el posterior ($\Delta SST_{LT} = SST_{post} - SST_{pre}$) sería la misma independientemente del momento de la toma de datos, la $\Delta SST\text{-Sun}$ ($SST\text{-Sun}_{post} - SST\text{-Sun}_{pre}$) cambiará dependiendo del momento del año. Por ejemplo, al evaluar el efecto de un retraso de 30min en el SST_{LT} en Buenos Aires, los datos podrían tomarse antes del cambio en junio y después del cambio en octubre (la $\Delta SST\text{-Sun}$ sería de 130min) o primero en octubre y después en junio (en este caso, la $\Delta SST\text{-Sun}$ sería de -70min (Figura 6.4). En la primera situación (SST_{LT} : 07:45 en junio, 08:15 en octubre, Figura 6.4a), esperaríamos que el efecto de los 30min de ΔSST_{LT} esté sobreestimado porque no sólo se retrasa el SST_{LT} sino que $SST\text{-Sun}$ aumenta ($\Delta SST\text{-Sun} = 130\text{min}$). Específicamente, las clases empiezan 12min antes de la salida del sol a las cuando el SST_{LT} es 07:45 en junio y 118min después de la salida del sol cuando el SST_{LT} es 08:15 en octubre. Por el contrario, en la segunda situación (07:45 en octubre, 08:15 en junio), aunque la SST_{LT} es de 30min, se espera una subestimación del efecto del retraso de la SST_{LT} porque las horas de luz solar antes del colegio se reducen (-70min) incluso cuando se retrasa el SST_{LT} : el colegio empieza 88min

después de la salida del sol a las 07:45 en octubre y sólo 18min después de la salida del sol a las 08:15 en junio.

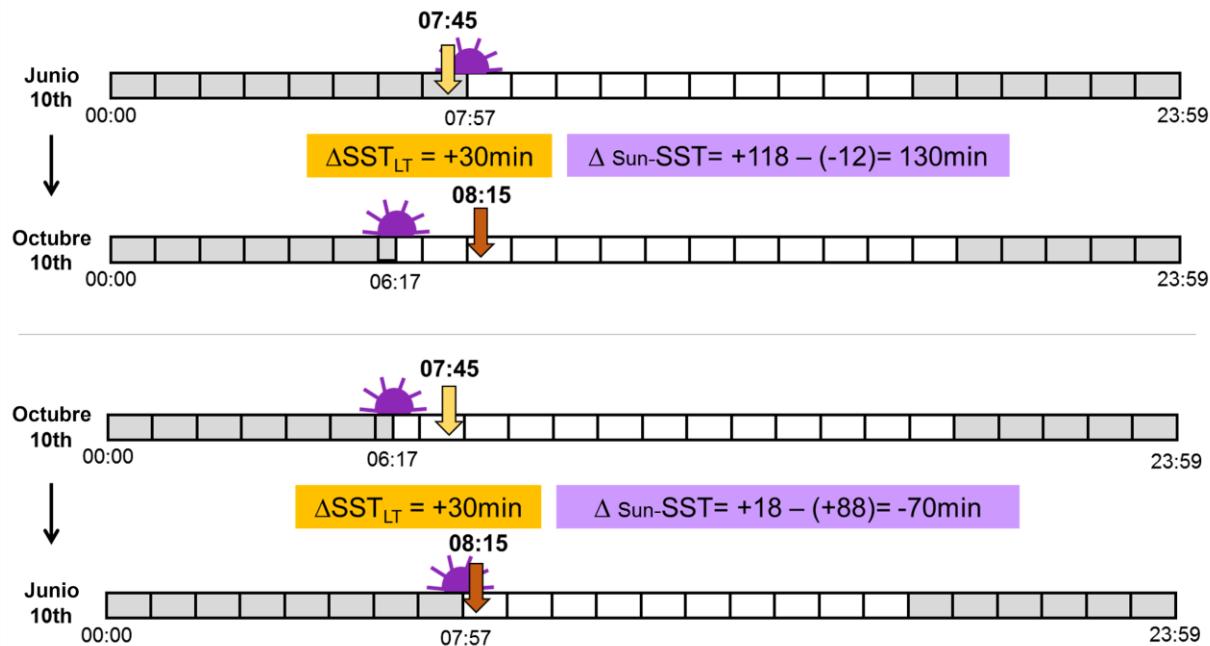


Figura 6.4. El efecto de un retraso del SST_{LT} podría variar según el momento del año en que se toman datos. A la hora de estudiar el efecto de retrasar el SST es importante tener en cuenta el momento del año en el que se tomaron datos y esto debe ser informado en los trabajos. Especialmente teniendo en cuenta que, si bien el ΔSST_{LT} sería el mismo independientemente del momento del año, el ΔSST -Sun variaría. Un ejemplo de esto se observa en el diagrama: en (a) la toma de datos antes del retraso del SST_{LT} se realiza un 10 de junio y la toma de datos después del retraso un 10 de octubre mientras que en (b) es al revés. Así, mientras que en (a) la escuela comienza antes de la salida del sol durante la toma de datos previa al cambio (12min antes de la salida del sol) y casi 2h después de la salida del sol durante la toma de datos posterior al cambio, en (b) la escuela comienza 88min y 18min después del amanecer durante las tomas de datos previa y posterior al cambio, respectivamente. Esto conduce a una ΔSST -Sun de 130min en (a) y -70min en (b), lo que podría enmascarar los resultados observados al evaluar el efecto del retraso del SST_{LT} sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes.

A pesar de que se entiende que la relación entre los relojes social y solar puede modular el efecto del SST sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes, la evidencia sobre la existencia y la magnitud de este efecto es escasa. Es importante destacar que, aunque los SST más tardíos se asociaron mayoritariamente con mejores hábitos de sueño, existe una gran variabilidad en la magnitud de los efectos reportados (Carvalho-Mendes et al., 2020; Dunster et al., 2018; Goldin et al., 2020; Meltzer et al., 2021; Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022).

En ese sentido y asociado a la relación entre los relojes solar y social, existen al menos tres escenarios posibles:

- Escenario 1 (E1): el reloj social explica por sí solo la variabilidad observada en el efecto del SST sobre la SDw, el SJL y el MSFsc.
- Escenario 2: el reloj solar explica por sí solo la variabilidad observada en el efecto del SST sobre la SDw, el SJL y el MSFsc.
- Escenario 3: tanto el reloj social como el solar son relevantes para explicar la variabilidad observada en el efecto del SST sobre la SDw, el SJL y el MSFsc.

Para ilustrar estos escenarios, aquí consideramos diferentes SST_{LT} en dos ciudades hipotéticas (X e Y) situadas dentro de la misma zona horaria, pero en diferentes longitudes: la ciudad X está situada en el meridiano de la zona horaria adoptada y la ciudad Y, 7.5° al Oeste (Figura 6.5a). Obsérvese que, para simplificar la explicación, consideramos dos ciudades situadas en la misma latitud y en las que la toma de datos tiene lugar en la misma época del año. De forma coherente, el amanecer se produce antes en la ciudad X (es decir, a las 07:00, 08:00 y 09:00) que en la ciudad Y (donde ocurre a las 07:30, 08:30 y 09:30). Entonces, los SSTs según el reloj social son los mismos en ambas ciudades (SST_{LT}: 07:00, 08:00 o 09:00), pero diferentes según el reloj solar (es decir, SST-Sun es 0.5 h mayor en la ciudad X que en la ciudad Y) (Figura 6.5a).

Si sólo fuera relevante el reloj social (E1), observaremos una mejor correlación entre SST_{LT} y las variables de interés (entre ellas SDw) que entre SST-Sun y dichas variables (Figura 6.5b). Sin embargo, si sólo el reloj solar es relevante (E2), la correlación será mejor con SST-Sun (Figura 6.5c). Finalmente, si tanto el reloj solar como el social son relevantes (E3), la correlación entre las variables de respuesta y tanto el SST_{LT} como la SST-Sun será probablemente alta (Figura 6.5d). Aunque los tres escenarios son posibles, consideramos que el principal factor asociado al impacto de la SST sobre el cronotipo y las variables relacionadas con el sueño (es decir, SDw y SJL) debería ser el reloj solar, ya que el ciclo luz-oscuridad es un importante sincronizador del reloj interno humano (Roenneberg, Kumar, et al., 2007). Sin embargo, como hemos discutido previamente en esta tesis, las señales sociales diarias también afectan a los ritmos circadianos (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Skeldon et al., 2017) y, por tanto, esperamos que el reloj social también contribuya a este fenómeno.

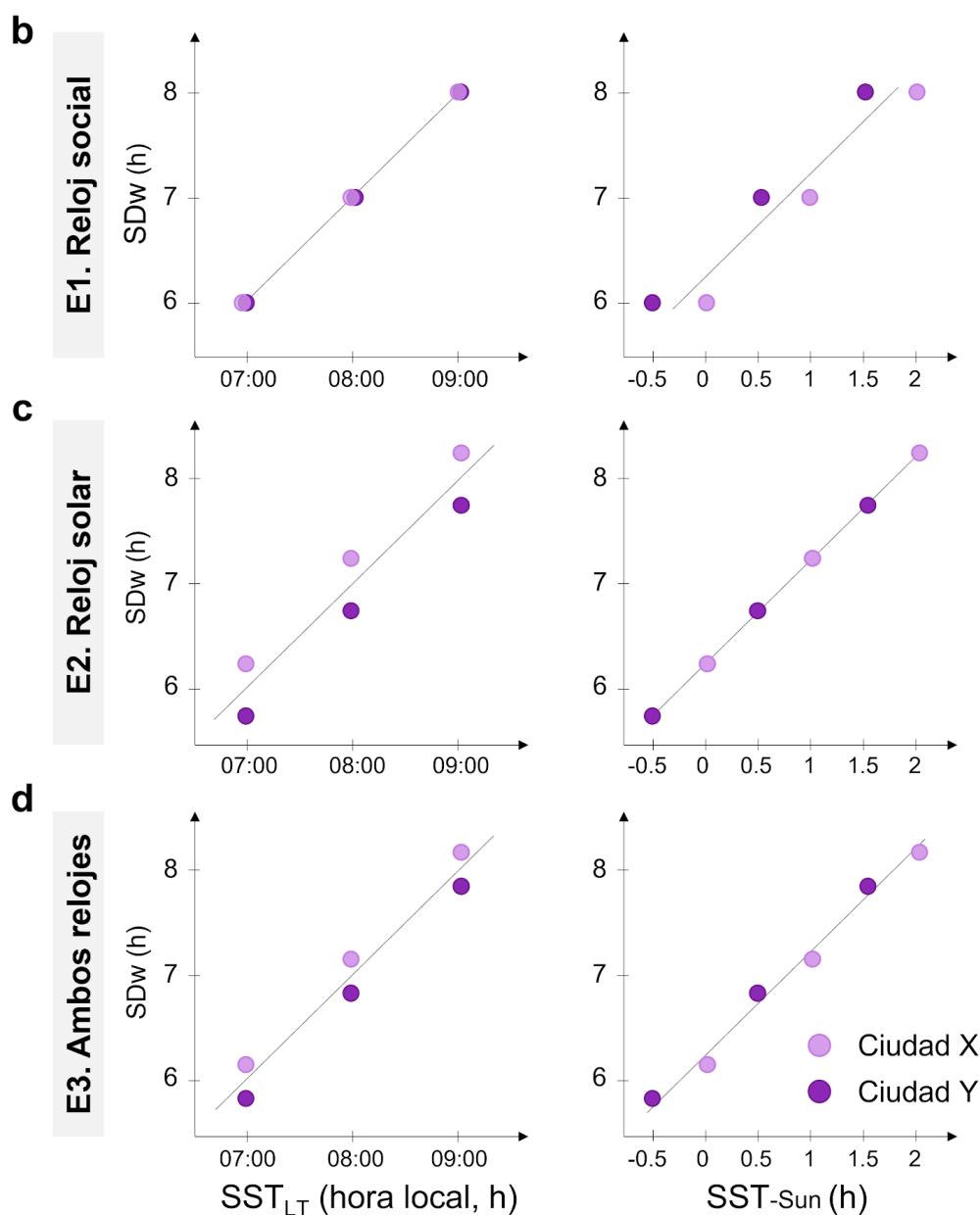
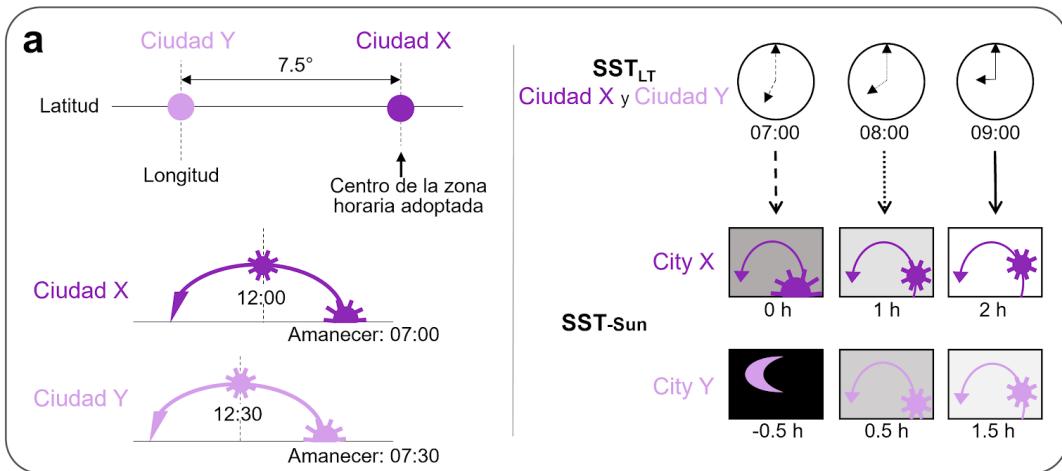


Figura 6.5. Predicciones teóricas sobre el efecto de la hora de inicio de las clases, medida según los relojes sociales o solares sobre la SDw. **a.** Para ilustrar los tres escenarios posibles (E1, E2 y E3), consideramos dos ciudades que adoptan el mismo huso horario, situadas en la misma latitud, pero en diferentes longitudes. Se ilustran los mismos tres SST_{LT} (es decir, 07:00, 08:00 o 09:00) para cada ciudad en la misma época del año. La ciudad Y se encuentra 7.5° al oeste de la ciudad X, lo que implica que el mediodía solar, así como el amanecer, se producen 30min más tarde en Y que en X, según la hora local. Esto implica también que, si consideramos el mismo SST local (SST_{LT} , reloj social) para ambas ciudades, la distancia de la salida del sol a la SST (SST_{-Sun} , reloj solar) será diferente en cada ciudad. **b.** Los tres SST_{LT} considerados son iguales en las dos ciudades. Consecuentemente, si el SST_{LT} es suficiente para explicar la SDw de los estudiantes, la relación entre la SST_{LT} y la SDw será similar para ambas ciudades. Debe tenerse en cuenta que aquí suponemos que SST es la única variable que afecta a SDw, lo cual es, obviamente, una simplificación de la realidad. **c.** Sin embargo, si la SST_{-Sun} es suficiente para explicar la SDw de los estudiantes, los estudiantes de la ciudad X dormirían 30 minutos más que los estudiantes de la ciudad Y (suponiendo que 1h más de SST_{-Sun} implica 1h más de SDw). Además, SDw se correlacionaría perfectamente con SST_{-Sun} . **d.** Por último, si tanto la SST_{LT} como la SST_{-Sun} son relevantes para explicar la SDw de los estudiantes, su correlación sería fuerte tanto para la SST_{LT} como para la SST_{-Sun} . Las líneas grises ilustran la correlación entre SDw y SST_{LT} y SST_{-Sun} en cada escenario.

En este este capítulo, intentaremos responder cual de estos escenarios es más plausible valiéndonos de los datos disponibles en trabajos ya publicados que estudian el efecto se diferentes SST s en el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes. Para ello utilizaremos los dos *proxies* de la relación del reloj social y solar ya presentados previamente. Brevemente, en primer lugar, proponemos corregir la SST por la distancia al meridiano de la zona horaria adoptada (SST_{mc}). Este proxy tiene en cuenta el efecto del sistema de husos horarios, que genera una discrepancia entre la hora local y la hora solar cuando la longitud local no coincide con el meridiano del huso horario adoptado. En segundo lugar, proponemos la distancia entre el amanecer y la SST_{LT} (SST_{-Sun}) como proxy. A diferencia de la SST_{mc} , este proxy tiene en cuenta el efecto de la latitud y la estacionalidad, ya que la hora de salida del sol se ve afectada por ambos factores. Además, la hora del amanecer podría ser importante para modular la hora de despertarse de los adolescentes debido a su proximidad temporal. Además, utilizamos dos abordajes diferentes. Por un lado, extrajimos las medias de las variables de interés (MSFsc, SJL, SDw y horarios de sueño) siempre que correspondiesen a SST s del turno mañana y cada una fue considerada “un dato” para incluir en un set de modelos lineales mixtos para indagar cuál de los *proxies* del reloj social o solar (SST_{LT} o la SST_{-Sun} y el SST_{mc} , respectivamente) explican mejor la variabilidad observada en estas variables. Por el otro, tomando aquellos trabajos que comparan dos SST s diferentes dentro del turno mañana, realizamos meta-regresiones para estudiar si la magnitud del efecto en las variables de interés depende del $SST_{LT_{earlier}}$, el

$SST_{mc_{earlier}}$ o la $SST_{earlier-Sun}$. Notar que, en este caso, como son dos los SSTs comparados tomamos de referencia al más temprano (en hora local) de ellos.

6.1.4. Objetivos e hipótesis

El objetivo de este capítulo es estudiar la importancia relativa de los relojes social y solar en el efecto del SST sobre el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes utilizando la bibliografía disponible sobre este tema. Para eso, consideramos el SST según el reloj local (SST_{LT}) y dos *proxies* de la relación entre el SST y el reloj solar ($SST-Sun$ y SST_{mc}) e intentaremos distinguir entre los escenarios planteados en la Figura 6.5: E1- Solo el reloj social es relevante; E2- Solo el reloj solar es relevante; E3 - ambos relojes son relevantes.

Abordaremos este objetivo de dos maneras:

1. Abordaje 1: estudiaremos cómo están asociados los valores medios de MSFsc, SD y SJL extraídos de trabajos publicados con el SST_{LT} o la $SST-Sun$, utilizando modelos lineales.
2. Abordaje 2: realizamos meta-regresiones para entender si la variabilidad en la magnitud del efecto observada en la bibliografía comparando diferentes SSTs puede ser explicada por el $SST_{LT_{earlier}}$, el $SST_{mc_{earlier}}$ o la $SST_{earlier-Sun}$.

En cuanto al primer abordaje, esperamos que el reloj solar sea más relevante a la hora de explicar el efecto del SST sobre la SDw y el SJL, aunque también consideramos que el reloj social tendrá impacto. Nuestra hipótesis entonces coincide con el Escenario 3. En particular, esperamos que una mayor $SST-Sun$ (y un SST_{LT} y SST_{mc} más tardíos) se correlacione con una SDw más larga y niveles de SJL más bajos. Este será el caso cuando los cronotipos de los estudiantes sean lo suficientemente tardíos y el SST lo suficientemente temprano como para conducir a altos niveles de SJL y privación crónica del sueño. En consonancia con resultados anteriores, este sería probablemente el caso en la mayoría de las ciudades alrededor del mundo (Carskadon, 2011a; Dunster et al., 2018; Goldin et al., 2020). Sin embargo, la asociación entre SST y SDw (o SJL) podría no ser lineal si se consideran horarios escolares más tardíos (turno tarde o noche), ya que los adolescentes no estarían necesariamente privados de sueño durante los días hábiles (Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan, 2020; Martin et al., 2016; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Yilmaz et al., 2011).

Para el cronotipo (es decir, MSFsc), las predicciones son más complejas. En primer lugar, ya hemos mostrado que un SST_{LT} más tardío se asocia con cronotipos más tardíos en adolescentes.

Sin embargo, un SST_{LT} más tardío teóricamente debería estar asociado a más horas de luz solar antes del inicio escolar (es decir, mayor SST-Sun, porque independientemente de la ubicación geográfica, si la escuela comienza más tarde, probablemente esto ocurrirá cerca o después de la hora del amanecer). Esto último, podría implicar una mayor exposición a la luz por la mañana, lo que debería adelantar los ritmos circadianos (es decir, una SST_{LT} más tardía debería estar asociada a un MSFsc más temprano), pero como se ha mencionado antes, se espera que un SST_{LT} más tardío -como clave social- esté relacionado con cronotipos más tardíos. Por lo tanto, en cuanto al cronotipo, E3 parece ser el escenario más plausible y, en este caso, el impacto del reloj social podría ser inclusive más fuerte que el impacto del reloj solar.

En cuanto al segundo abordaje, esperamos que la magnitud del efecto de comparar dos SST diferentes sea mayor cuanto más temprano sea el SST más temprano de los dos (SST_{earlier}), según los relojes social y solar. Por último, nuestra hipótesis es que el reloj solar (SST_{mc_{earlier}} y, especialmente, SST_{earlier-Sun}) van a explicar mejor la magnitud del efecto observada al comparar dos SSTs diferentes escolares que el reloj social (SST_{LT_{earlier}}).

6.2. Resultados

6.2.1. Abordaje 1

Aquí discutimos la contribución relativa de los relojes solar y social, considerando datos de estudios publicados que comparan diferentes SSTs. En primer lugar, estudiamos la distribución geográfica de los datos y la relación entre algunas de las variables que son objeto de estudio en este capítulo (DMATZ, SST_{LT}, SST-Sun). Luego, presentamos los resultados obtenidos al estudiar la asociación entre la SDw, el SJL y el MSFsc de los adolescentes con el SST_{LT} y la SST-Sun y discutimos los diferentes escenarios presentados anteriormente (E1, E2 y E3). Dado que este abordaje no incluye una revisión sistemática ni pretende ser un meta-análisis, sólo evaluamos análisis simples para tener una primera aproximación a la contribución relativa de ambos relojes para explicar los efectos del SST sobre el cronotipo y los hábitos de sueño de los adolescentes.

6.2.1.1. Características de los estudios incluidos

Los criterios de inclusión abarcaron a aquellos estudios que comparaban dos (o más) SSTs y su efecto sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes, en los que se informaba de al menos una de las siguientes variables: horarios de sueño, SDw, SJL o MSFsc. Se incluyeron 31 estudios diferentes de los que también se extrajo (cuando se informó): ubicación geográfica y

fecha de la toma de datos, SST_{LT} y hora estimada del amanecer (Arrona-Palacios et al., 2015, 2021; Boergers et al., 2014; Borlase et al., 2013; Brandalize et al., 2011; Carskadon et al., 1998; Carvalho-Mendes et al., 2020; N. Y. Chan et al., 2017; Das-Friebel et al., 2020; Dexter et al., 2003; Dunster et al., 2018; Escribano & Díaz-Morales, 2014; Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Lo et al., 2018; Martin et al., 2016; Mello et al., 2001; O'Malley, 2008; Owens et al., 2010, 2017; Perkinson-Gloor et al., 2013; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; M. Short et al., 2013; Thacher & Onyper, 2016; K. Wahlstrom, 1997, 2002; K. Wahlstrom et al., 2014; Widome et al., 2020; Wolfson et al., 2007; Yilmaz et al., 2011).

Los datos no están distribuidos uniformemente en cuanto a fecha de publicación, ubicación geográfica y cultura. La mayoría de los estudios se realizaron en torno a la última década en distintos países, pero principalmente en EE.UU. En cuanto a la ubicación geográfica, la mayoría se sitúa al oeste del meridiano de la zona horaria adoptada y entre los $\pm 50^\circ$ y los $\pm 20^\circ$ de latitud (Figura 6.6a). En otras palabras, los estudios publicados son diversos, pero hay mucho margen para mejorar en este aspecto, como demuestran, por ejemplo, los pocos estudios existentes en latitudes extremas o cerca del Ecuador (Figura 6.6a). Además, el SST_{LT} presenta una distribución más estrecha (media = 07:53, SD = 00:29, rango = 07:00-08:45) que la SST_{Sun} (media=1.53h, SD=0.939h, rango = -0.617h a 3.050h) (Figura 6.6b). Por lo tanto, aunque los estudios parecen estar evaluando un fenómeno similar cuando se considera el reloj social, no está claro si los resultados obtenidos son comparables debido a la variabilidad respecto al reloj solar. De hecho, la variabilidad en el reloj solar podría explicar, al menos parcialmente, la variabilidad observada en los resultados (por ejemplo, en la SDw y el SJL) cuando se evalúa el efecto de un SST_{LT} más tardío.

En primer lugar, y de manera crucial, evaluamos si el SST_{LT} está asociado con la distancia entre la posición geográfica real y el meridiano de la zona horaria adoptada (es decir, DMATZ), ya que retrasar la SST de acuerdo con esa distancia podría estar corrigiendo la discrepancia entre el reloj social y el solar (no en la zona horaria, sino directamente en el SST). Un estudio reciente informó que las horas de inicio del trabajo están asociadas a la DMATZ, con horarios laborales más tardíos cuanto mayor es DMATZ hacia el oeste (Roenneberg, Winnebeck, et al., 2019). Es importante destacar que esta corrección solo tiene en cuenta las diferencias entre los relojes sociales y solares basados en DMATZ, pero no en la latitud o la época del año. Consistentemente y para evaluar si a nivel mundial se modifica el SST según la DMATZ, ejecutamos un modelo de regresión lineal con el SST_{LT} como variable dependiente y DMATZ (Figura 6.6c). No encontramos asociación entre el SST_{LT} y la DMATZ ($b=0,049$, $r^2=0,002$ $p=0,754$), es decir, los SST_{LT} no están

corregidos por la ubicación geográfica. Esto sugiere que los efectos deletéreos de las SST tempranas sobre el bienestar de los adolescentes deberían ser aún peores en aquellos lugares que se encuentran muy al Oeste del meridiano de su zona horaria adoptada.

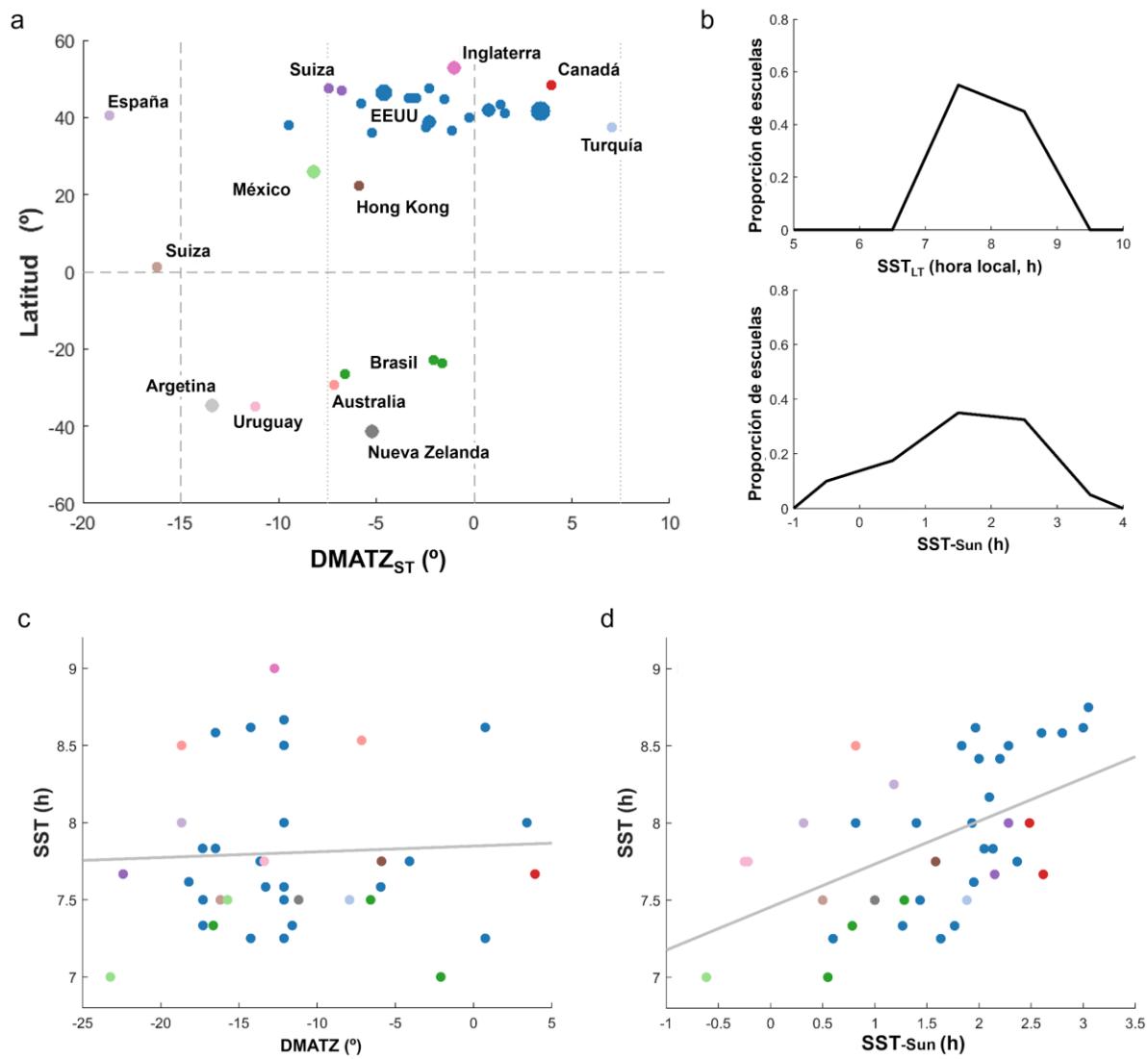


Figura 6.6. Distribuciones de datos extraídos de estudios que comparan diferentes horas de inicio escolar (SST). Los datos presentados en estos gráficos son valores medios (o estimaciones realizadas a partir de los datos reportados) extraídos de trabajos originales. La SD_W, el SJL y el MSFsc se calcularon a partir de los tiempos medios de sueño cuando no se informaron sus medias en los trabajos originales. La ubicación geográfica se obtuvo utilizando *Google Maps* cuando el nombre de la ciudad, el condado o el país era la única información comunicada. Por último, la hora de salida del sol se calculó considerando el punto medio del periodo cubierto por la toma de datos (por ejemplo, si la toma de datos tuvo lugar del 1 al 10 de junio de 2020 consideramos la hora de salida del sol del 5 de junio de 2020). Se excluyeron los trabajos que no proporcionaban información suficiente para estimar la hora de salida del sol. Sólo se consideraron los datos de los estudiantes que asisten al turno escolar matutino. **a. Distribución geográfica de estudios previos.** Los puntos representan la ubicación geográfica correspondiente al lugar

de la toma de datos. En el eje x se representa la distancia desde el meridiano de la zona horaria adoptada (DMATZ) durante la hora estándar (ST). El diámetro del punto indica el tamaño de la muestra de cada conjunto de datos. El color representa el país donde se realizó el estudio. n=37. **b. Distribución de SST_{LT} y SST-Sun.** La distribución de SST_{LT} es más estrecha que la distribución de SST-Sun en trabajos anteriores que estudian el efecto del SST en el sueño de los adolescentes. n=40. **c. El horario de inicio escolar no está asociado con la DMATZ.** Una DMATZ cuyo valor absoluto es mayor implica una mayor discrepancia entre los relojes solar y social. En particular, una DMATZ negativa se asocia con un mediodía solar más tarde y un amanecer más tarde expresado en hora local (por ejemplo, cuando la DMATZ es de -15° el mediodía solar es a las 13:00 en lugar de a las 12:00). El SST (medido en hora local, SST_{LT}) no se asocia con la DMATZ, lo que indica que la discrepancia entre los relojes solar y social no se considera al momento de definir el SST en lugares diferentes. n=43. **d. El SST_{LT} y la SST-Sun correlacionan moderadamente.** Existe una correlación moderada entre el SST_{LT} y la SST-Sun, lo cual es esperable teniendo en cuenta que, generalmente, una SST_{LT} más tardía implicaría una mayor SST-Sun n=40.

Resulta importante señalar que es esperable que las variables que utilizamos como *proxies* de ambos relojes (es decir, el SST_{LT} y la SST-Sun) estén correlacionadas. En general, un SST_{LT} más tarde implicaría una mayor SST-Sun, sin embargo, debido a la variabilidad de la muestra en cuanto a la DMATZ, la latitud y el momento del año de la toma de datos la asociación entre estas variables debería ser más débil que en una muestra homogénea. Debido justamente a que la correlación entre estas variables no es perfecta, es posible estudiar la importancia relativa de los relojes solar y social. En particular, nuestros resultados muestran una correlación moderada entre el SST_{LT} y la SST-Sun ($b=0.278$, $p=0.0003$, $r=0.542$) (Figura 6.6d). Como se explicó previamente, si bien desde diferentes entidades, se sugiere las 08:30 como piso recomendable para el SST_{LT}, no se suele discutir cómo se relaciona esta hora local con el reloj solar. Por ejemplo, en la muestra estudiada aquí hay al menos dos colegios que empiezan a las 08:30 pero sus SST-Sun están a casi 1.5h de distancia (0.817h y 2.283h), y esta diferencia podría modular el efecto del SST_{LT} sobre el sueño de los adolescentes.

6.2.1.2. El efecto de la SST en los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes se asocia con los relojes solar y social

Con el objetivo de estudiar la relevancia relativa de los relojes solar y social sobre el efecto de diferentes SST sobre el sueño de los adolescentes corrimos y comparamos dos modelos lineales mixtos para cada variable dependiente (es decir, SDw, SJL y MSFsc): uno incluía SST_{LT} y el otro la SST-Sun como predictores. Además, como en muchos casos se podía obtener más de un dato a partir del mismo estudio, se agregó el ID del trabajo como efecto aleatorio. Aunque algunos estudios incluyen no solo SSTs del turno mañana, sino también de tarde, e incluso de noche (Arrona-Palacios et al., 2021; Brandalize et al., 2011; Carvalho-Mendes et al., 2020; Estevan,

2020; Goldin et al., 2020; Martin et al., 2016; Mello et al., 2001; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Yilmaz et al., 2011), para este análisis sólo consideramos los datos que correspondiesen a estudiantes del turno mañana, ya que la mayoría de los adolescentes asisten a la escuela por la mañana y, además, porque es esperable que el efecto de la discrepancia entre los relojes solar y social sea más fuerte en este horario. Algunos estudios fueron excluidos por no disponer de información suficiente para estimar la hora de salida del sol (Arrona-Palacios et al., 2015; Borlase et al., 2013; O'Malley, 2008; M. Short et al., 2013; K. Wahlstrom, 1997, 2002; K. Wahlstrom et al., 2014). El criterio de Akaike fue utilizado para comparar los diferentes modelos (SST_{LT} y $SST\text{-Sun}$) para cada variable (SDw, SJL y MSFsc) (es decir, un AIC más bajo indica un modelo más parsimonioso).

Para la SDw, observamos una correlación significativa tanto con el SST_{LT} ($F_{1,47}=39.409$, $p<0.0001$) como con la $SST\text{-Sun}$ ($F_{1,47}=42.889$, $p<0.0001$): SDw mayores se vieron asociadas tanto a SST_{LT} más tardíos como a mayores $SST\text{-Sun}$ (es decir, una mayor distancia entre SST_{LT} y el amanecer) (Figura 6.7a). Aunque las pendientes asociadas a ambas variables fueron similares (SST_{LT} : $b=0.500$, $t=6.278$ $p<0.0001$; $SST\text{-Sun}$: $b=0.472$, $t=6.549$, $p<0.0001$), el modelo más parsimonioso fue el que incluyó el $SST\text{-Sun}$ como predictor (SST_{LT} : AIC=68.4, Peso=0.053; $SST\text{-Sun}$: AIC=62.6, Peso=0.937). Estos resultados sugieren que ambos relojes son importantes para la SDw de los adolescentes, pero el reloj solar parece ser un mejor predictor de esta variable. Esto último era de esperar teniendo en cuenta que la luz solar es un importante sincronizador del sistema circadiano de los seres humanos que, a su vez, regula su comportamiento, en particular, sus horarios de sueño (Leone et al., 2020; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Wams et al., 2017). La exposición a la luz de alta intensidad (como es el caso de la luz solar) durante la mañana se asocia con una hora de dormir más temprana en los adolescentes (Bonnar et al., 2015; Estevan et al., 2022; Gradisar et al., 2011; Perrault et al., 2019), lo que a su vez conduciría a una SDw más larga.

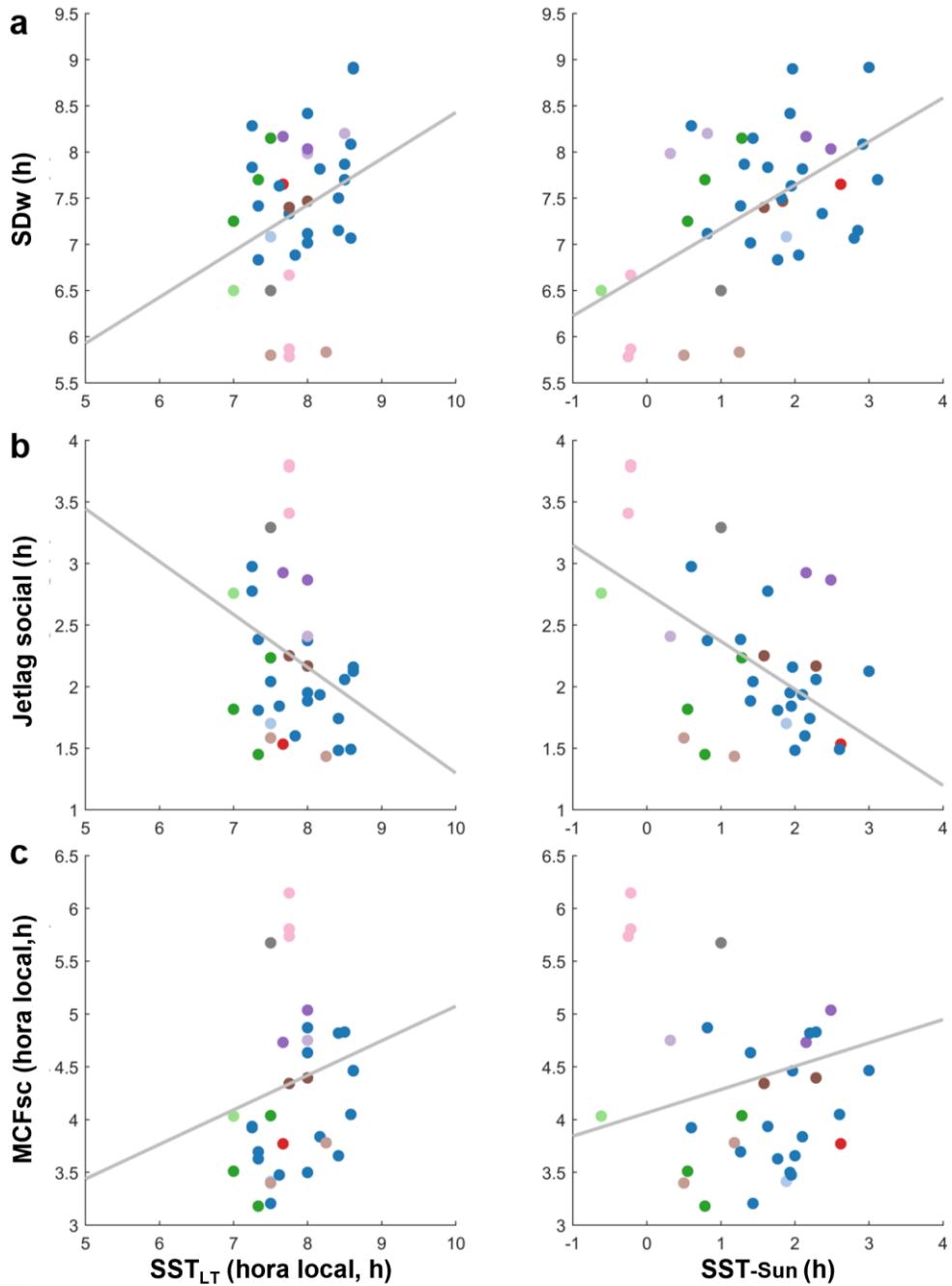


Figura 6.7. Datos extraídos de estudios que comparan diferentes horarios de inicio escolar (SST). Los datos presentados en estos gráficos son valores medios (o estimaciones realizadas a partir de los datos) comunicados en los estudios originales. La SDw, el SJL y el MCFsc se calcularon a partir de los tiempos medios de sueño cuando no se informaba en los trabajos originales. La hora del amanecer se calculó considerando el punto medio del periodo cubierto por la toma de datos (por ejemplo, si la toma de datos tuvo lugar del 1 al 10 de junio de 2020 consideramos la hora del amanecer del 5 de junio de 2020). Se excluyeron los trabajos que no incluían información suficiente para estimar la hora de salida del sol. Los colores representan el país en donde se llevó a cabo la toma de datos y coinciden con los de la Figura 6.6. **a. La variabilidad en SDw se explica mejor por el reloj solar (SST -Sun) que por el reloj social (SST_{LT}).** Para estudiar qué reloj explica mejor la variabilidad observada en SDw ejecutamos dos modelos

lineales mixtos con SDw como variable dependiente y SST_{LT} o SST-Sun como variable independiente, respectivamente. Se incluyó el ID del artículo como factor aleatorio para controlar por las similitudes entre datos obtenidos del mismo artículo. Se hizo lo mismo para SJL y MSFsc. Las pendientes de la asociación entre SDw y SST_{LT} o SST-Sun fueron similares, pero el modelo que incluía SST-Sun como predictor se ajustaba mejor a los datos (menor AIC, criterio de Akaike) **b. El reloj solar y el social explicaron de forma similar la variabilidad observada en SJL.** Tanto la pendiente como el AIC son similares para los dos modelos. **c. La variabilidad en MSFsc se explica mejor por el reloj social que por el solar.** El modelo SST-Sun tiene una pendiente ligeramente mayor y un AIC menor que el modelo SST-Sun.

El SJL correlaciona significativamente tanto con el SST_{LT} ($F_{1,47}=114.588$, $p<0,0001$) como con la SST-Sun ($F_{1,47}=55.464$, $p<0.0001$): los niveles más bajos de SJL se asocian tanto con un SST_{LT} más tardío como con una mayor SST-Sun (Figura 6.7b). Curiosamente, tanto la pendiente como el AIC fueron similares (SST_{LT}: $b=-0.429$, $t=-10.705$, $p<0.0001$, AIC=41.879, Peso=0.587; SST-Sun: $b=-0.390$, $t=-7.447$, $p<0.0001$, AIC=42.584, Peso=0.413), lo que sugiere que ambos relojes son predicción del efecto del SST sobre el SJL de los estudiantes de forma similar. Teniendo en cuenta que el SJL es la discrepancia en los horarios de dormir entre los días hábiles y los días libres (MSF-MSW, Figura 6.1), esperábamos que los relojes social y solar afectasen diferencialmente a los horarios de dormir en días hábiles y libres. Por un lado, esperábamos un efecto más fuerte del reloj social en los días hábiles, dado que el SST_{LT} tiene un gran impacto sobre la hora de despertar en días hábiles. Por otro lado, el reloj solar afectaría más fuertemente a los horarios de dormir en días libres, ya que los estudiantes elegirían su horario de dormir libremente y, por tanto, estos horarios reflejarían mejor su horario interno. Como discutimos previamente, este horario interno es ligeramente modulado por el SST, pero es modulado principalmente por la exposición a la luz (Roenneberg, Kumar, et al., 2007).

Por último, observamos que el MSFsc correlaciona significativamente tanto con el SST_{LT} ($F_{1,47}=22.338$, $p<0.001$) como con la SST-Sun ($F_{1,47}=9.789$, $p=0.010$): un MSFsc más tardío se asocia tanto con un SST_{LT} más tardío como con una mayor SST-Sun (Figura 6.7c). En este caso, la pendiente asociada a la SST_{LT} es mayor que la pendiente asociada a la SST-Sun (SST_{LT}: $b=0.327$, $t=4.726$ $p<0.001$; SST-Sun: $b=0.221$, $t=3.129$, $p=0.010$) y el modelo que incluye SST_{LT} es también el más parsimonioso (SST_{LT}: AIC=62.044, Peso=0.970; SST-Sun: AIC=70.901, Peso=0.012). Por un lado, es esperable que tanto un SST_{LT} más tardío como una mayor SST-Sun se asocien con un MSFsc más tardío (Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a), sobre todo teniendo en cuenta que el SST_{LT} y la SST-Sun correlacionan positivamente ($r=0.542$, $p=0.0003$). Por otro lado, una mayor SST-Sun probablemente implica una exposición a la luz mayor y más intensa por la mañana, lo que se asocia con cronotipos más

matutinos (Roenneberg et al., 2015; Stothard et al., 2017; Wright et al., 2013). En línea con esta idea, nuestros resultados muestran que mientras que un SST_{LT} 1h más tarde se asocia con un cronotipo 0.327h más tarde, por cada 1h que el amanecer ocurre antes que el SST_{LT} (1h mayor SST-Sun) el cronotipo de los adolescentes es 0.221h más tarde. Es decir, más horas de luz antes del inicio escolar parecen reducir el efecto de un SST_{LT} más tarde sobre el cronotipo de los adolescentes.

En conjunto, aquí cumplimos dos objetivos diferentes. En primer lugar, describimos y analizamos la bibliografía disponible sobre el efecto de la SST en relación con la DMATZ, el país, la latitud, el SST_{LT} y la SST-Sun. En segundo lugar, este primer enfoque representa una prueba de concepto de que la importancia relativa de los relojes solar y social puede abordarse a partir de datos publicados y, teniendo en cuenta los resultados, sugiere que ambos relojes son relevantes para explicar el efecto del SST sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes. Si bien este análisis nos permitió considerar un gran número de datos, el análisis es simplista y carece de rigor estadístico, por lo que las conclusiones que podemos extraer son limitadas. Por este motivo, realizamos un segundo abordaje más riguroso estadísticamente, pero que permite incluir un número más limitado de datos.

6.2.2. Abordaje 2: meta-regresiones

En el capítulo anterior, los meta-análisis revelaron que los resultados para el efecto de comparar dos SSTs diferentes sobre la mayoría de las variables (MSFsc, SDw, SJL y los horarios de dormir) presentan una heterogeneidad significativa. Por lo tanto, es probable que existan factores que estén modulando el efecto de la SST sobre el cronotipo y las variables relacionadas con el sueño (por ejemplo, la distancia entre las dos SST comparadas, Δ SST). Ahora, nos interesa conocer la importancia relativa de los relojes social y solar en la magnitud del efecto de comparar dos SSTs. En concreto, esperamos que cuanto más temprana sea el SST_{earlier} (el SST más temprano de los dos SST comparados) mayor sea el efecto observado, ya que un SST más temprano sería más desafiante para los adolescentes por sus cronotipos muy nocturnos. Sin embargo, no está claro si la hora local de la SST_{earlier} (SST_{LTearlier}) o su relación con el reloj solar serán mejores predictores de este efecto. Aquí trabajamos con dos *proxies* de la medida de la SST según el reloj solar: SST_{mc_{earlier}} y SST_{earlier-Sun}. Consecuentemente, utilizamos estas variables como predictores para probar si el reloj solar o el social son más relevantes para predecir el efecto de diferentes SST sobre el cronotipo y las variables relacionadas con el sueño. Para ello, realizamos un conjunto de meta-regresiones para cada una de las variables de interés

(MSFSc, SJL, etc.): el modelo base contiene Δ SST, ya que la distancia entre las SST comparadas podría explicar la magnitud del efecto, y los otros tres modelos contienen, además, una de cada una de las variables explicativas ($SST_{LTearlier}$, $SST_{mc_{earlier}}$ o $SST_{earlier-Sun}$) (Figura 6.8). Por último, los modelos fueron comparados utilizando el criterio de Akaike.

Para estos análisis utilizamos los mismos estudios que fueron incluidos en los meta-análisis del capítulo anterior, aunque únicamente los del subgrupo "Mañana vs. Mañana", ya que esperamos que la discrepancia entre los relojes solar y social tenga un mayor impacto cuando la escuela comienza temprano por la mañana. Además, se excluyeron algunos estudios porque no informan el SST (Perkinson-Gloor et al., 2013) o no informan cuándo o dónde se tomaron los datos o la región y/o el periodo de tiempo fueron muy extensos (Borisenkov et al., 2022; Escribano & Díaz-Morales, 2014), lo que dificulta la estimación del amanecer.

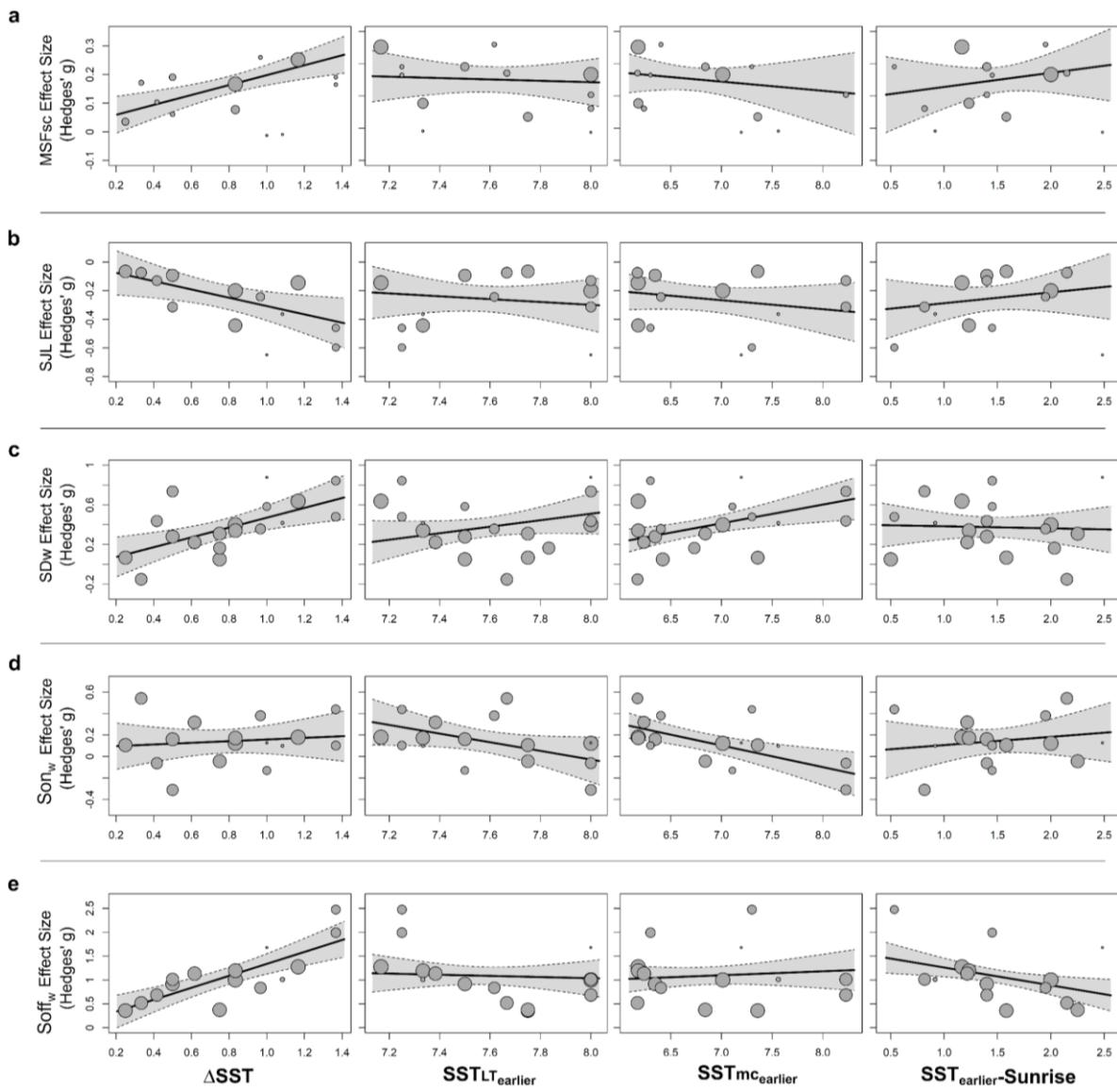


Figura 6.8. Meta-regresiones para el cronotipo y las variables asociadas al sueño. Meta-regresiones con (de izquierda a derecha) ΔSST , $\text{SST}_{\text{LTearlier}}$, $\text{SST}_{\text{mcearlier}}$ y $\text{SST}_{\text{earlier-Sun}}$ como predictores de los tamaños del efecto de: a- Cronotipo (MSFsc); b- Jetlag social (SJL); c- Duración del sueño en días hábiles (SDw); d- Hora de dormir en días hábiles (Son_w); y e- Hora de despertar en días hábiles (Soff_w). *Effect Size* = Tamaño o magnitud del efecto.

6.2.2.1. Cronotipo

El modelo más parsimonioso es el modelo base ($k=13$; $\text{AIC}=-15.921$; peso =0.782) y el ΔSST es un predictor significativo del efecto del SST sobre el cronotipo (coeficiente = 0.163, $p = 0.007$), indicando un retraso del MSFsc mayor cuando el ΔSST es mayor (Figura 6.8a). Además, en el modelo base, la heterogeneidad residual no es significativa ($Q_{\text{df}=11} = 11.130$, $p=0.432$, $I^2=28.42\%$), lo que indica que la diferencia de resultados entre estudios podría explicarse por el

Δ SST. Consistentemente, el SST_{earlier}, ya sea en relación con el reloj solar o el social, no parece ser un predictor relevante del efecto del SST sobre el cronotipo. En la Figura 6.9 se presenta el *Forest plot* de los estudios incluidos en la meta-regresión.

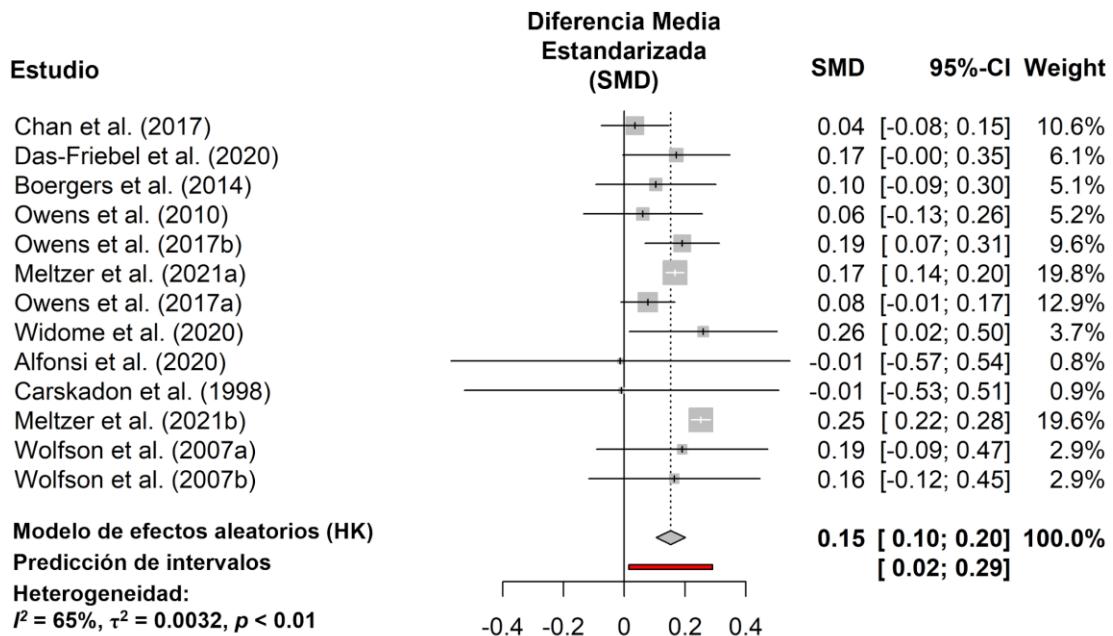


Figura 6.9. *Forest plot* para el MSFsc.

6.2.2.2. Jetlag social

El modelo más parsimonioso es el modelo base ($k=13$; AIC=-4.235; peso =0.610) y el Δ SST es un predictor significativo del efecto del SST sobre el SJL (coeficiente = -0.290, $p = 0.015$), indicando una mayor disminución del SJL cuando el Δ SST es mayor (Figura 6.8b). Sin embargo, en el modelo base, la heterogeneidad residual sigue siendo significativa ($Q_{df=11} = 63.191$, $p<0.0001$, $I^2=84.94\%$), lo que indica que todavía hay factores desconocidos que explican la diferencia de resultados entre los estudios (por ejemplo, la hora de la comida). El SST_{earlier}, ya sea en relación con el reloj solar o el social, no parece ser un predictor relevante del efecto del SST sobre el SJL. En la Figura 6.10 se presenta el *Forest plot* de los estudios incluidos en la meta-regresión.

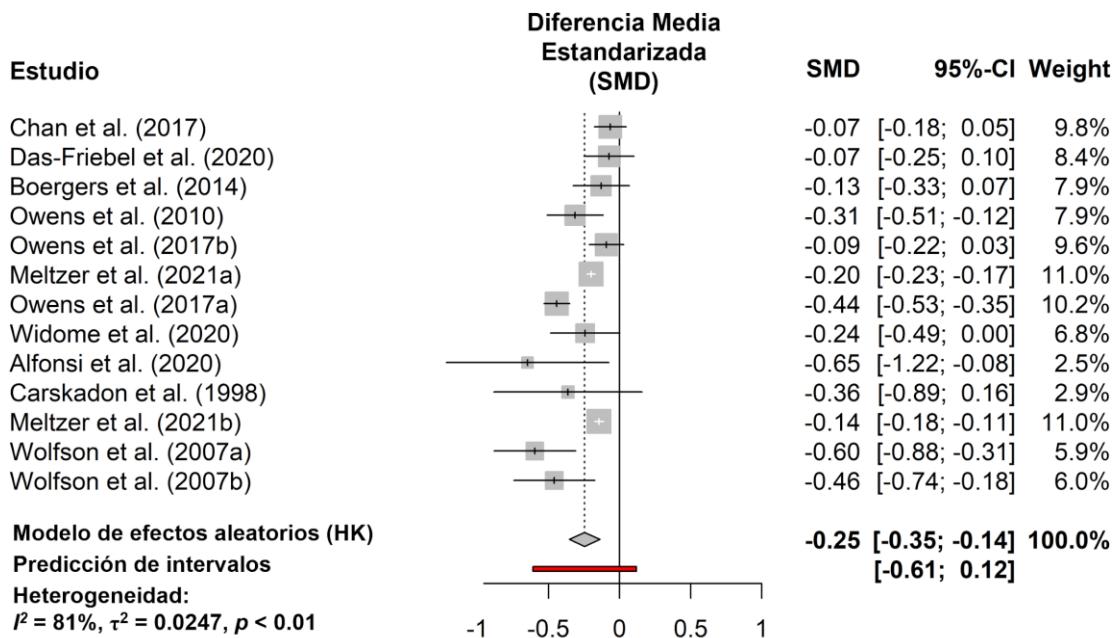


Figura 6.10. *Forest plot* para el SJL.

6.2.2.3. Duración de sueño

El modelo más parsimonioso es el que incluye a el $SST_{mc_{earlier}}$ como predictor ($k=18$; $AIC=-0.817$; peso =0.675). Tanto el ΔSST (coeficiente = 0.608, $p < 0.0001$) como el $SST_{mc_{earlier}}$ (coeficiente = 0.189, $p = 0.003$) son predictores significativos del efecto del SST sobre la SDw. Como era de esperar, un mayor aumento de la SDw se asocia con un mayor ΔSST y un $SST_{mc_{earlier}}$ más temprano. Curiosamente, ni la $SST_{LT_{earlier}}$ ni la $SST_{earlier-Sun}$ se asociaron con un mayor efecto del SST sobre la SDw (Figura 6.8c).

En el modelo del $SST_{mc_{earlier}}$, la heterogeneidad residual sigue siendo significativa ($Q_{df=16} = 79.724$, $p<0.0001$, $I^2=84.34\%$), lo que indica que todavía hay factores desconocidos que explican la diferencia de resultados entre los estudios incluidos. En la Figura 6.11 se presenta el *Forest plot* de los estudios incluidos en la meta-regresión.

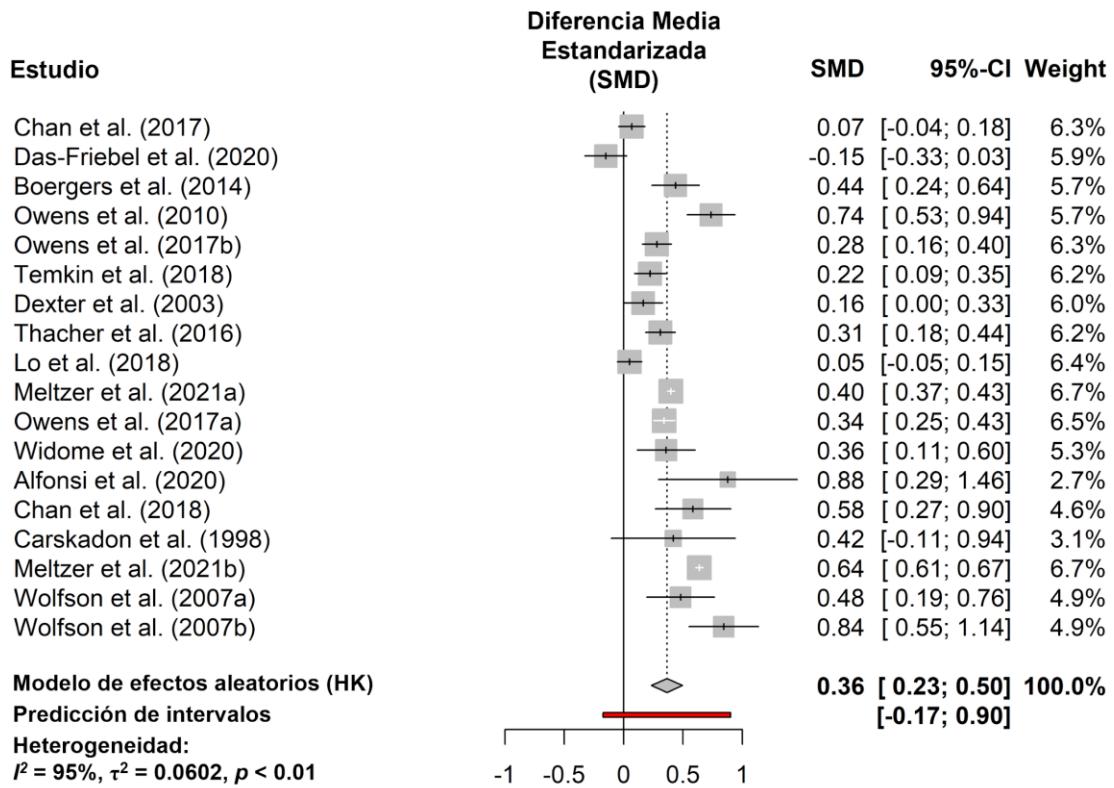


Figura 6.11. *Forest plot* para la SDw.

6.2.2.4. Horarios de dormir

El modelo más parsimonioso para explicar el efecto del SST sobre la hora de dormir en días hábiles es el modelo que incluye el SST_{mc_{earlier}} (k=16; AIC=0.186; peso =0.772). SST_{mc_{earlier}}, pero no el Δ SST, es un predictor significativo del efecto del SST sobre la hora de dormir (coeficiente = -0.202, p = 0.0012 y coeficiente = -0.051, p =0.695, respectivamente) y, como era de esperar, un mayor retraso en la hora de dormir se asocia con un SST_{mc_{earlier}} más temprano. Esto último es especialmente interesante si se tiene en cuenta que varios trabajos han informado de un retraso de la hora de dormir con SSTs más tardíos, pero, hasta donde sabemos, no se habían encontrado factores que explicaran la magnitud de este efecto. Ni el SST_{LT_{earlier}} ni la SST_{earlier-Sun} se asociaron con un mayor efecto del SST sobre la hora de dormir (Figura 6.8d). En el modelo de SST_{mc_{earlier}}, la heterogeneidad residual sigue siendo significativa ($Q_{df=13} = 43.465$, $p<0.0001$, $I^2=82.69\%$). En la Figura 6.12 se presenta el *Forest plot* de los estudios incluidos en la meta-regresión.

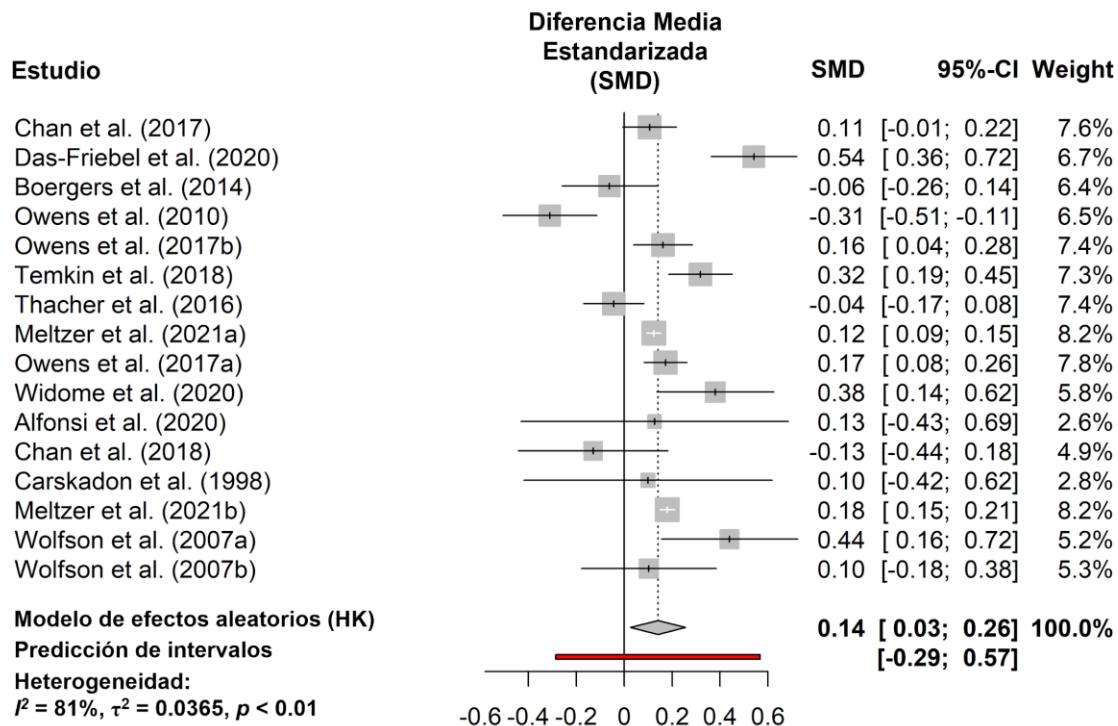


Figura 6.12. Forest plot para la Hora de dormir en días hábiles.

El modelo más parsimonioso para explicar el efecto de la SST sobre la hora de despertar en días hábiles es el modelo que incluye la SST_{earlier-Sun} ($k=15$; AIC=13.903; peso =0.650). Tanto Δ SST (coeficiente = 1.095, $p < 0.0001$) como SST_{earlier-Sun} (coeficiente = -0.374, $p = 0.0095$) son predictores significativos del efecto del SST sobre la hora de despertar en días hábiles. Como era de esperar, un mayor retraso en la hora de despertar se asocia con un mayor Δ SST y una menor SST_{earlier-Sunrise}. Ni el SST_{LTearlier} ni el SST_{mc_{earlier}} se asociaron con un mayor efecto del SST sobre la hora de despertar en días hábiles (Figura 6.8e). En el modelo de SST_{earlier-Sun}, la heterogeneidad residual sigue siendo significativa ($Q_{df=12} = 151.032$, $p<0.0001$, $I^2=92.56\%$). En la Figura 6.13 se presenta el Forest plot de los estudios incluidos en la meta-regresión.

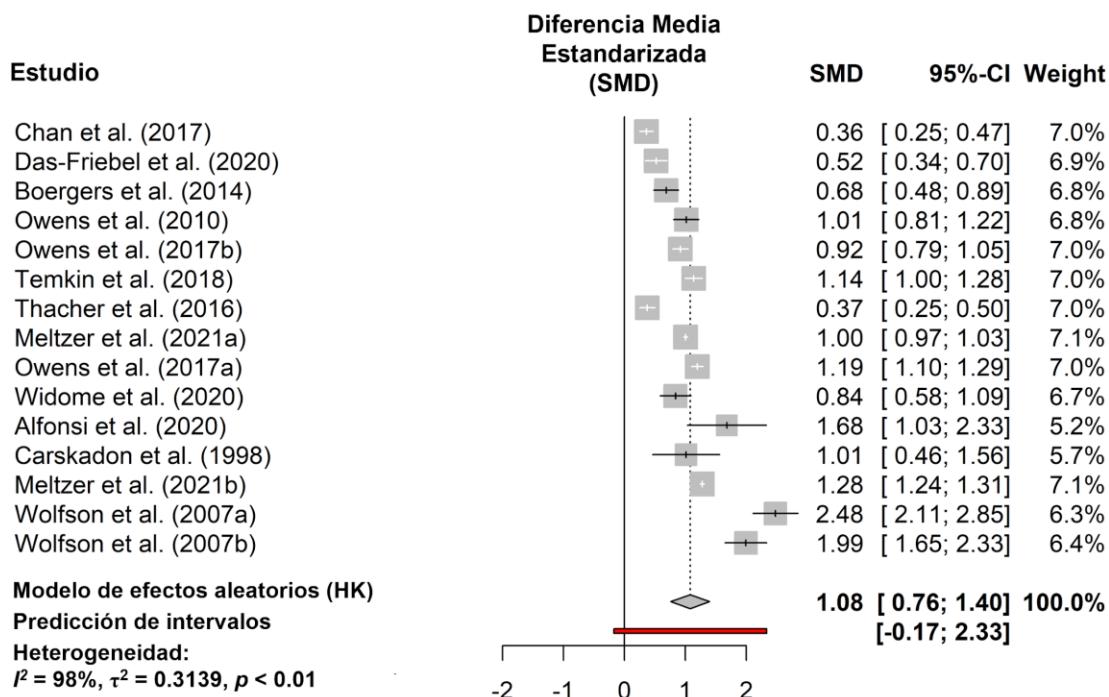


Figura 6.13. *Forest plot* para la Hora de despertar en días hábiles.

En resumen, el efecto del SST tanto en la hora de despertar como en la de dormir se explica mejor por el reloj solar que por el reloj social. Curiosamente, mientras que la SST_{earlier-Sun} es un mejor predictor del efecto sobre la hora de despertar, la SST_{mc_{earlier}} es un mejor predictor de la hora de dormir. Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que la hora de despertar es más cerca al amanecer que a la hora de dormir y, por tanto, la hora del amanecer podría tener un mayor impacto en la hora de despertar.

6.3. Discusión

En este capítulo, identificamos y discutimos lo que consideramos una importante laguna en la literatura relacionada con el impacto de la cronobiología en la educación: si el reloj solar modula el efecto de diferentes SSTs en los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes, y cómo lo hace. Propusimos la distancia entre la salida del sol y la hora de inicio escolar (SST-Sun) y el SST corregido por la DMATZ (SSTmc) como dos *proxies* útiles para capturar el rol del reloj solar sobre los efectos del SST en el sueño y los ritmos circadianos de los adolescentes.

La mayoría de los estudios publicados demuestran que la implementación de SSTs más tardíos se asocian con una amplia variedad de beneficios: mayor duración del sueño (Carvalho-Mendes et al., 2020; Dunster et al., 2018; Goldin et al., 2020; Meltzer et al., 2021; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Thacher & Onyper, 2016), menores niveles de jetlag social (Carvalho-Mendes et al., 2020; Goldin et al., 2020; Widome et al., 2020), mejoras en bienestar de los estudiantes (Arrona-Palacios et al., 2021; Boergers et al., 2014; Lo et al., 2018), menor tasa de incidentes automovilísticos (Danner & Phillips, 2008; Vorona et al., 2011), entre otros (Dunster et al., 2018; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022b). Si bien la evidencia es clara, la variabilidad es grande, por lo que algunos factores podrían explicar y probablemente potenciar los efectos positivos mencionados. Sabemos que la exposición a la luz (Roenneberg et al., 2015; Wright et al., 2013), la ubicación geográfica (Brockmann et al., 2017; Masal et al., 2015) y la cultura (Randler, 2008a; M. Short et al., 2013) influyen en los hábitos de sueño y el cronotipo. Aunque se desconoce si estos factores también modulan el efecto del SST sobre el cronotipo y las variables asociadas al sueño en adolescentes, sería esperable que lo hagan y que esto sea diferente para poblaciones distintas. Por un lado, la evidencia local es indispensable para hacer recomendaciones sobre la magnitud ideal que el retraso del SST debería tener en una población específica. Por ejemplo, la magnitud del retraso necesario para que los estudiantes alcancen hábitos de sueño saludables probablemente dependería de sus cronotipos (por ejemplo, las poblaciones con cronotipos más tardíos necesitarían retrasos mayores) y de las características locales de la población. Evidencia de esto es que los estudiantes argentinos que asisten a la escuela por la tarde exhiben mayores niveles de SJL que sus pares brasileños y una SDw similar a la de sus pares canadienses que asisten a la escuela por la mañana (Carvalho-Mendes et al., 2020; Goldin et al., 2020; Martin et al., 2016; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Por otro lado, si la cantidad y diversidad de estudios sobre el efecto del SST en todo el mundo sigue aumentando, será posible abordar cuestiones más específicas en futuras revisiones sistemáticas de la literatura, como los factores que explican la variabilidad en los efectos del SST sobre el rendimiento académico (Biller et al., 2021; Yip et al., 2022). Hasta ahora, la mayoría de los estudios apoyan la idea de que cuanto más tarde sea el SST mejor, pero las implicancias económicas y sociales de un retraso del SST son importantes. En consecuencia, es crucial saber cuál es el SST más temprano y, al mismo tiempo, saludable para los adolescentes que viven en diferentes lugares del mundo. Este SST “ideal” probablemente no dependa sólo de la hora local, sino también de factores asociados a la hora solar.

Encontrar "el mejor" SST para los adolescentes en una ubicación geográfica específica considerando el reloj solar no es fácil de lograr y la literatura que estudia el efecto del reloj solar sobre el sueño y el rendimiento de los adolescentes en condiciones naturalistas es escasa (Estevan et al., 2022; Heissel & Norris, 2018). Es importante destacar que en la literatura disponible existen claras inconsistencias sobre el reporte de variables asociadas al reloj solar al momento de la recolección de datos. Algunos estudios no reportan la fecha en que se recolectaron los datos (Arrona-Palacios et al., 2015; Lufi et al., 2011; M. Short et al., 2013) o se omite la información geográfica detallada de la población (Bandalize et al., 2011; Wolfson et al., 2007). Otros informan de un periodo extremadamente extenso a la hora de evaluar los hábitos de sueño de los adolescentes (Bandalize et al., 2011; Escribano & Díaz-Morales, 2014) o comparan dos muestras evaluadas en diferentes épocas del año (Boergers et al., 2014; Carskadon et al., 1998; N. Y. Chan et al., 2017). Asimismo, existen algunos estudios, especialmente difíciles de detectar, en los que el periodo señalado para la toma de datos incluye un cambio de ST a DST o se realizan en fechas próximas al mismo (Arrona-Palacios et al., 2021; Escribano & Díaz-Morales, 2014). Aquí, queremos enfatizar la importancia de evitar fechas cercanas a los cambios de hora local, indistintamente de la dirección del cambio, a la hora de tomar datos. Es importante destacar que la inclusión de los detalles relacionados con las fechas y el lugar de la toma de datos es crucial para comprender mejor cómo influye el reloj solar en el efecto del SST sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes.

La revisión de la bibliografía y los análisis posteriores que aquí se presentaron apoyan, en mayor o menor medida, la idea de que tanto el reloj solar como el social son relevantes a la hora de estudiar el efecto de la SST sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes y, la importancia relativa de cada reloj varía con la variable evaluada.

En cuanto al abordaje 1, estudiamos cómo correlacionan cada una de las variables de interés (SDw, SJL y MSFsc) con el SST_{LT} y la SST-Sun. Si bien todas las variables correlacionan con el SST_{LT} y la SST-Sun, vimos que SST-Sun explica mejor la variabilidad en SDw, que ambas variables explican una cantidad similar de la variabilidad de SJL y que SST_{LT} explica mejor la variabilidad en MSFsc. Este último resultado se puede explicar por un efecto dual y opuesto de la SST-Sun: una SST-Sun mayor y positiva se asocia con una SST_{LT} más tardía que predeciría cronotipos más tardíos (Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a), pero también podría implicar un aumento de la exposición a la luz durante la mañana, que se asocia con cronotipos más matutinos (Roenneberg, Kuehnle, et al., 2007; Wright et al., 2013). Dos revisiones sistemáticas encontraron asociaciones entre el reloj solar y

el cronotipo: horas de puesta de sol más tempranas (pero no con la hora del amanecer) y preferencias circadianas más tempranas (Randler et al., 2017) y entre cronotipos más tardíos y horas de puesta de sol más tardías (Porcheret et al., 2018). Sin embargo, estos dos estudios consideran a adultos y estudiantes universitarios, respectivamente, y no a una población adolescente. Aquí analizamos el efecto de la hora del amanecer (y no la hora de puesta del sol) porque establecerá el momento en que los adolescentes se expondrán (de manera obligatoria y no elegida por ellos) a luz intensa por la mañana (Gradisar et al., 2011; Skeldon et al., 2017; Wright et al., 2013), la cual es crucial para sincronizar los ritmos circadianos.

El primer abordaje presenta algunas limitaciones. Por un lado, la principal limitación es que el enfoque cuantitativo utilizado no tiene rigor estadístico, ya que por ejemplo no pesamos los diferentes estudios de ninguna manera. Por el otro, aunque la búsqueda bibliográfica fue exhaustiva y extensa, no se trató de una búsqueda sistemática. Si bien el segundo abordaje presentado en este capítulo no tiene tales limitaciones, cabe señalar que el primer abordaje presenta algunas ventajas sobre el segundo abordaje también. En primer lugar, con el primer abordaje pudimos incluir una mayor variedad de estudios, ya que también consideramos estudios que comparan diferentes horarios escolares y tomamos los datos del turno mañana para el análisis (Arrona-Palacios et al., 2021; Estevan, 2020; Goldin et al., 2020; Martin et al., 2016; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). En segundo lugar, al considerar cada punto por separado (por ejemplo, antes y después del cambio) pudimos calcular el SST-Sun para cada punto, lo cual no es posible en el segundo abordaje. Esto se debe a que en el segundo abordaje hay un punto por cada comparación de dos SSTs diferentes, ya que lo que se calcula es el *effect size* de dicha comparación para cada variable de interés. Por ello se utiliza el SST más temprano de los dos comparados como referencia ($SST_{earlier}$) para calcular $SST_{earlier-Sun}$ y $SST_{mc_{earlier}}$.

Los resultados del abordaje 2 mostraron que, mientras que el ΔSST predijo significativamente la magnitud del efecto (*Hedges' g*) de un SST más tardío sobre el cronotipo y el SJL, la hora de inicio escolar más temprana ($SST_{earlier}$) no lo hizo, ni cuando se midió según el reloj social ($SST_{LT_{earlier}}$) ni según el reloj solar ($SST_{mc_{earlier}}$ y $SST_{earlier-Sun}$). Como las meta-regresiones ponderan cada estudio en función de su varianza (Kadlec et al., 2023), la falta de relevancia de $SST_{earlier}$ podría estar influida por el hecho de que las desviaciones estándar de MSFsc y SJL se estimaron en su mayoría a partir de las desviaciones estándar de otros resultados y, por lo tanto, probablemente estén sobreestimadas debido al método de propagación de errores (Fantner, 2011). Sin embargo, la $SST_{earlier}$ medida según el reloj social o solar, podría no ser suficiente para modular significativamente el efecto de diferentes SST sobre el MSFsc y el SJL porque la

$SST_{earlier}$ afecta al horario de los días laborables y el MSFsc y el SJL dependen, en su mayoría o en parte, de los horarios de sueño de los días libres. Esto es aún más plausible si se tiene en cuenta que sólo se están estudiando SSTs de turno mañana y, por lo tanto, el intervalo de $SST_{earlier}$ podría no ser lo suficientemente amplio como para tener un efecto.

Es importante destacar que el efecto de los diferentes SST en los horarios de sueño en días hábiles estuvo modulado por el $SST_{earlier}$ medido según el reloj solar. Por un lado, una menor $SST_{earlier-Sun}$ se asoció con un mayor retraso de la hora de despertar, es decir, el impacto de retrasar el SST es mayor cuanto más cercano es el SST al Amanecer (considerando que los SST evaluados siempre son posteriores al amanecer). Esto último es esperable teniendo en cuenta que los ritmos circadianos humanos (incluyendo el ciclo sueño-vigilia) están sincronizados por la luz solar (Duffy & Wright, 2005; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Stothard et al., 2017), ya que si la escuela comienza varias horas después de la salida del sol, no debería ser difícil para los adolescentes despertarse a tiempo para asistir a la escuela y un retraso del SST puede no tener un impacto importante. Sin embargo, si la escuela comienza cerca del amanecer, y considerando que los adolescentes presentan cronotipos tardíos, debería ser extremadamente desafiante para ellos despertarse tan temprano para asistir a la escuela. En ese caso, un retraso de la escuela implicaría una oportunidad para despertarse más tarde y prolongar el sueño para la mayoría de los adolescentes. El ΔSST también fue un predictor significativo de la hora de despertar, lo cual es de esperar, ya que el ΔSST representa la ventana de oportunidad para prolongar el sueño, y cuanto más amplia sea la ventana, mayor será el efecto.

Por otro lado, un $SST_{mc_{earlier}}$ más temprano correlacionó con un mayor retraso de la hora de dormir en días hábiles, es decir, el impacto de retrasar el SST es mayor cuanto más temprano es el $SST_{mc_{earlier}}$. Teniendo en cuenta que la luz solar sincroniza los ritmos circadianos humanos (Duffy & Wright, 2005; Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Wright et al., 2013), un $SST_{mc_{earlier}}$ muy temprano implicaría que los estudiantes tienen que despertarse antes de lo que indica su propia fisiología. Además, si el $SST_{mc_{earlier}}$ es realmente temprano los adolescentes estarían extremadamente privados de sueño y, por tanto, necesitarían acostarse antes de lo que prefieren debido a la presión del sueño para alcanzar la cantidad mínima de horas de sueño que necesitan. Los resultados obtenidos aquí son consistentes con esto: si los estudiantes estaban adelantando su hora de acostarse debido a un $SST_{mc_{earlier}}$ muy temprano, un retraso del SST les permitiría despertarse más tarde, aumentando la ventana de oportunidad para dormir y permitiéndoles acostarse más tarde sin acortar la duración del sueño (Figura 6.14). Relacionado con esto, la literatura que estudia el efecto de diferentes SSTs sobre la hora de dormir ha reportado

resultados mixtos, algunos reportan un retraso mientras que otros no reportaron cambios en la hora de dormir con un SST más tardío, inclusive hay estudios que reportaron incluso avances en la hora de acostarse (N. Y. Chan et al., 2017; Das-Friebel et al., 2020; Dunster et al., 2018; Meltzer et al., 2021; Owens et al., 2010; Wolfson et al., 2007). Hasta donde sabemos, este es el primer informe de un factor que predice el efecto de un SST más tardío sobre la hora de dormir de los adolescentes, es decir, la discrepancia entre los relojes solares y sociales es relevante para explicar el efecto de diferentes SST en la hora de acostarse entre semana. Por último, el efecto de las SST sobre la SDw también está modulado por el reloj solar ($SST_{mc\text{earlier}}$) y el ΔSST , lo que es de esperar teniendo en cuenta que el cambio en la SDw es el resultado del cambio en los horarios de sueño.

Si bien los dos abordajes utilizados presentan algunas diferencias, también tienen importantes similitudes. Por ejemplo, en ambos abordajes trajimos algunas variables que no se reportan en los estudios originales a partir de otros valores reportados (por ejemplo, MSFsc a partir de los tiempos de sueño) permitiéndonos ampliar el alcance de algunos de los trabajos originales. Más importante aún, planteamos *gap* en la literatura y discutimos diferentes formas de abordarla, proponiendo y probando tres escenarios diferentes. En resumen, el reloj solar es crucial para sincronizar los ritmos circadianos y debería tenerse en cuenta a la hora de evaluar el efecto del SST sobre los hábitos de sueño y el cronotipo de los adolescentes. Sin embargo, la literatura actual relacionada con este tema es escasa. Como comunidad, debemos reconocer que un retraso en el SST evitando que la escuela comience a primera hora de la mañana tendrá beneficios para los adolescentes. Sin embargo, la cultura y la posición geográfica también son muy importantes e incluir y predecir el efecto de estas variables es extremadamente relevante para, finalmente, obtener mayores beneficios. Las SST más tardías son mejores, pero podrían serlo aún más si también se tiene en cuenta el reloj solar. En línea, y como ya mencionamos previamente, la evidencia local es decisiva para recomendar e implementar políticas públicas educativas, ya que la magnitud de un retraso de la SST depende de las características culturales y geográficas de la población estudiantil.

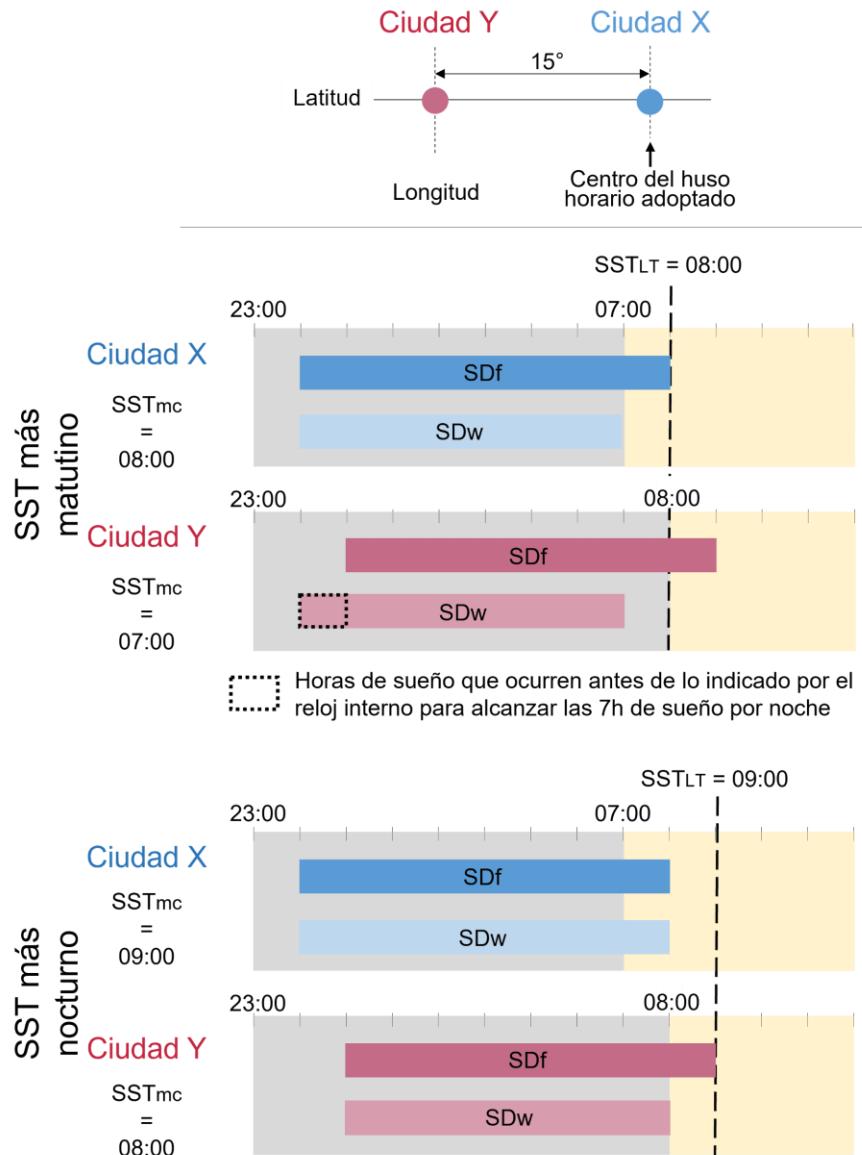


Figura 6.14. Impacto del reloj solar sobre el efecto del SST en la hora de dormir de los adolescentes. La ciudad X y la Y adoptan el mismo huso horario. Mientras la ciudad X se encuentra situada en el meridiano central de dicho huso, la ciudad Y se encuentra 15° al oeste de la ciudad X. Por lo tanto, si una escuela secundaria empieza a las 08:00 de la mañana (SST_{LT} = 08:00) entonces, luego de corregir por la distancia al meridiano central del huso horario adoptado, el SST_{mc} de la ciudad X será 08:00 y el de la ciudad Y será 07:00. Planteamos dos escenarios hipotéticos suponiendo que en los días libres los adolescentes duermen 8h y que no pueden reducir sus horas de sueño más allá de 7h por noche. Notar que estos son escenarios hipotéticos para explicar más claramente el efecto encontrado. De hecho, hemos observado que los adolescentes en los casos más extremos (como en Argentina) pueden llegar a dormir menos de 7h por noche, sin embargo, nos tomamos esta licencia para facilitar la explicación. Dado que lo explicado previamente respecto al reloj solar en la ciudad X y la ciudad Y, los adolescentes en sus días libres, guiados por su reloj interno, se dormirán 1h más tarde en la ciudad Y (01:00) que en la ciudad X (00:00). Si el colegio comienza a las 08:00 y deben despertarse a las 07:00 para llegar al mismo entonces los estudiantes de la ciudad X duermen las 7h mínima por noche que necesitan sin necesidad de cambiar

su hora de dormir en días hábiles. En cambio, para alcanzar las 7h de sueño en la semana los estudiantes de la ciudad Y deben irse a dormir una hora antes en días hábiles. Ahora, suponiendo que el horario de inicio escolar se retrasa una hora ($SSTLT = 09:00$), lo que ocurriría en la ciudad X es que los estudiantes se podrían ir a dormir y despertarse en el mismo horario que lo hacen en días libres. En cambio, en la ciudad Y lo que veríamos es que ahora durmiendo a la misma hora que en días libres, alcanzan a dormir las 7h mínimas. En resumen, si el $SSTmc$, es muy temprano es esperable que al retrasar el horario de inicio escolar también se retrase la hora de dormir, mientras que si era lo suficientemente tarde originalmente la hora de dormir en días hábiles ya fuese cercana a la hora de dormir en días libres y no se va a modificar tanto por un retraso del SST.

6.4. Materiales y métodos

6.4.1. Búsqueda bibliográfica

El contenido y los resultados presentados en este capítulo provienen de dos búsquedas bibliográficas diferentes.

La primera búsqueda si bien fue cuidadosamente llevada a cabo, no fue sistemática. Se utilizó un grupo inicial de revisiones bibliográficas, meta-análisis y trabajos en el tema, de los cuales luego se revisó la lista de referencias bibliográficas para aumentar el grupo de trabajos a considerar. Se repitió este procedimiento hasta no encontrar más trabajos de interés. Esta búsqueda comenzó en el 2019 y se actualizó por última vez en junio del 2022.

La segunda es la misma búsqueda que se utilizó para el meta-análisis presentado en el capítulo anterior. Brevemente, se realizó una búsqueda sistemática en junio de 2022 en PubMed, Scopus y Web of Science. La búsqueda se actualizó en enero de 2023 utilizando las bases de datos PubMed y Scopus. Todas las búsquedas se restringieron a estudios escritos en inglés. Dos codificadoras trabajamos en la selección de los estudios y una tercera funcionó como supervisora y ayudó a decidir en caso de que las dos primeras no llegásemos a un acuerdo.

6.4.2. Criterios de selección

Para ambas búsquedas se incluyeron estudios longitudinales y transversales originales que cumplieren los siguientes criterios de selección: 1- estudios que comparasen el efecto de asistir a 2 (o más) horarios de inicio escolar diferentes sobre las variables relacionadas con el sueño de los adolescentes (horas de sueño, duración del sueño y/o jetlag social) y/o el cronotipo; 2- debían compararse al menos dos grupos (un horario escolar más temprano y otro más tarde), es decir, el SST no podía introducirse como variable continua; 3- el SST debía ser similar para cada alumno de cada grupo (por ejemplo, si los grupos comparados eran 'antes de las 8:30' y 'después de las 8:30', el estudio quedaba excluido); 4- Los SST debían ser estables a lo largo de la semana y debían ser los mismos durante al menos 1 mes antes de la toma de datos; 5- Las clases debían tener lugar en el colegio (no clases virtuales). Se excluyeron los estudios que tuvieron lugar durante situaciones atípicas debido a la pandemia de COVID-19.

En el caso de la segunda búsqueda solo se incluyeron estudios que comparasen dos SSTs del turno mañana y a aquellos que reportaran suficiente información como para estimar su longitud y el horario del amanecer al momento de la toma de datos.

6.4.3. Extracción y tratamiento de datos

Siempre que se reportasen, se extrajeron las medias del MSFsc, SJL, SDw, SDf y los horarios de sueño en días hábiles y libres y sus desviaciones estándar. Si alguno de estos valores no fue informado se calculó a partir de la media de los otros siempre que fuese posible. Las desviaciones estándar se estimaron utilizando ecuaciones de propagación de errores.

A partir de la información geográfica y de la zona horaria adoptada en lugar de la toma de datos estimamos la hora del amanecer (utilizamos la hora del amanecer del punto medio del periodo de la toma de datos) y la longitud (utilizamos *Google Maps* para seleccionar visualmente un punto medio de la región que formó parte de cada estudio). Utilizando esta información y el SST, derivamos dos *proxies* de la interacción entre el SST y el reloj solar. En primer lugar, calculamos la hora de inicio escolar según el reloj solar (SSTmc) corrigiendo el SST expresado como hora local (SST_{LT}) por la distancia (expresada en grados) del lugar de la toma de datos al centro de la zona horaria adoptada (DMATZ) como:

$$\text{SSTmc} = \text{SST}_{\text{LT}} - 4^{\circ}\text{DMATZ}$$

En segundo lugar, calculamos la distancia temporal entre el SST_{LT} y la hora de salida del sol (SST-Sun):

$$\text{SST-Sun} = \text{SST}_{\text{LT}} - \text{Hora del Amanecer}$$

Para la segunda parte de este capítulo y al igual que en los meta-análisis del capítulo anterior se calcularon los *effect sizes* obtenidos en cada estudio al comparar dos SSTs diferentes para cada variable de interés. En este caso, como se están comparando dos SSTs diferentes se tomó el SST más temprano (SST_{earlier}) como referencia para calcular los dos *proxies* de la relación entre el reloj social y el solar. Por lo tanto, se calculó el SST_{mc}_{earlier} y el SST_{earlier-Sun} como:

$$\text{SST}_{\text{mc}}_{\text{earlier}} = \text{SST}_{\text{LT}}_{\text{earlier}} - 4^{\circ}\text{DMATZ}$$

$$\text{SST}_{\text{earlier-Sun}} = \text{SST}_{\text{LT}}_{\text{earlier}} - \text{Hora del Amanecer}$$

6.4.4. Análisis de datos

De los estudios seleccionados en la primera búsqueda solo seleccionamos aquellos con resultados de tres variables de interés (SDw, SJL y MSFsc) que correspondiesen a estudiantes del turno mañana. En el caso de que un estudio no sólo incluyese horarios escolares del turno mañana, sino también del turno tarde, e incluso del turno noche, solo consideramos los puntos

de datos del turno mañana, ya que la mayoría de los adolescentes asisten a la escuela por la mañana y el efecto de la discrepancia entre el reloj solar y el social probablemente sea más fuerte en este horario. Si el estudio comparaba más de un SST del turno mañana entonces se extrajeron tantos datos como SSTs se comparasen.

En primer lugar, estudiamos la correlación entre el SST_{LT} y la DMATZ y la correlación entre SST_{LT} y $SST\text{-Sun}$.

Luego, ejecutamos y comparamos tres modelos lineales mixtos para cada una de tres variables dependientes: uno incluía SST_{LT} como predictor, otro SST_{mc} y el último $SST\text{-Sun}$. Se agregó el ID de los estudios como factor aleatorio para controlar por similitudes entre resultados cuando se haya extraído más de un dato de la misma publicación. Utilizamos el criterio de Akaike para comparar los diferentes modelos (SST_{LT} , SST_{mc} y $SST\text{-Sun}$) para cada variable (SDw, SJL y MSFsc) (es decir, un AIC más bajo indica un modelo más parsimonioso). No se incluyeron los resultados para SST_{mc} , ya que no arrojaron información relevante.

Por último, a partir de los estudios seleccionados en la segunda búsqueda bibliográfica se realizaron meta-análisis de efectos aleatorios para el MSFsc, la SDw y los horarios de sueño en días hábiles. Sin embargo, es esperable que los resultados de estos meta-análisis sean similares a los obtenidos en el capítulo anterior. Lo novedoso es que en este capítulo realizamos un conjunto de meta-regresiones para estudiar la importancia relativa de los relojes solar y social en el efecto del SST en el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes. Las meta-regresiones incluyen a las variables $SST_{LT\text{earlier}}$, la $SST_{mc\text{earlier}}$ y la $SST_{earlier\text{-Sun}}$ como predictores y los comparamos utilizando el criterio de Akaike. Todos los modelos (incluido el modelo base) incluyen también la distancia entre las SST comparadas (ΔSST), ya que probablemente sea un factor predictivo importante del efecto de las diferentes SST sobre el cronotipo y las variables asociadas al sueño.

El análisis se realizó utilizando el programa R para computación estadística (v.4.0.2; R-Core-Team, 2020). Para los meta-análisis se utilizó el paquete Meta (Balduzzi et al., 2019), el paquete Metafor (Viechtbauer, 2010) para las meta-regresiones.

7. Discusión general

En esta tesis se estudió cómo el horario de inicio escolar interactuando con otros factores, como la edad y el reloj solar, afectan al cronotipo de los adolescentes y, a su vez, cómo el cronotipo interactuando con el horario escolar modula los hábitos de sueño y el logro académico. Si bien cada grupo de resultados presentados fue previamente discutido de manera individual, en esta sección buscaremos discutirlos de manera conjunta.

En primer lugar, en el Capítulo 2, observamos que el cronotipo es modulado sólo parcialmente por el turno escolar, ya que los estudiantes del turno mañana presentaron cronotipos más matutinos que sus compañeros del turno tarde y noche, pero también niveles de SJL más altos y una SDw más corta. Además, reportamos que la edad juega un rol importante, ya que en general los estudiantes presentaron cronotipos más nocturnos en 5^{to} año que en 1^{er} año. Sin embargo, esta diferencia no se observó en el turno mañana, sugiriendo que el turno escolar y la edad interaccionan al modular el cronotipo de los adolescentes.

Luego, en el Capítulo 3, ahondamos en los factores que influyen sobre el efecto de la edad sobre el cronotipo. En particular, vimos que la magnitud y la dirección en el cambio del cronotipo con la edad (Δ Cronotipo) no solo está asociada al turno escolar sino también al cronotipo basal (cronotipo en 1^{er} año). Además, observamos que cronotipos más matutinos en 1^{er} año estuvieron asociados a mayores retrasos del cronotipo de 1^{er} a 5^{to} año, para lo cual propusimos un posible mecanismo subyacente.

En el Capítulo 4, estudiamos el efecto del cronotipo (por sí solo) e interactuando con el turno escolar (efecto de sincronía), sobre el logro académico de los adolescentes. Para ello, no solo estudiamos el impacto que estos factores tienen sobre el rendimiento académico (notas) sino también sobre la probabilidad de repetir de año. Observamos que el rendimiento académico, particularmente en matemática, se ve influido por ambos efectos: con cronotipos tardíos presentando peores notas, pero siendo esta relación más fuerte en el turno mañana que en el turno tarde y noche. En cambio, la probabilidad de repetir está asociada únicamente a un efecto de sincronía, donde los cronotipos más tardíos tienen más chances de repetir en el turno mañana pero no en el turno noche.

Mientras que los Capítulos 2, 3 y 4, se centraron en estudiantes argentinos, en los Capítulos 5 y 6, estudiamos el efecto del turno escolar (y algunos factores que lo modulan) sobre el cronotipo, el SJL y la duración y horarios del sueño de adolescentes de todo el mundo, basándonos en la

bibliografía publicada. En el Capítulo 5 observamos que horarios de inicio escolar (SST) más tardíos están asociados a cronotipos más tardíos, menores niveles de SJL, horas de dormir y despertar más tardías en días hábiles y mayores duraciones de sueño en días hábiles (SDw) pero sin cambios en la duración de sueño en días libres (SDf). La magnitud del efecto no fue igual para todas las variables, siendo la hora de despertar la que presentó un mayor efecto, seguida por la SDw. Además, la magnitud del efecto fue mayor cuando se compararon SSTs del turno tarde con aquellos del turno mañana que cuando se compararon dos SSTs del turno mañana. Finalmente, en el Capítulo 6, presentamos dos abordajes para estudiar la importancia relativa del reloj social y el solar sobre el efecto de diferentes SSTs (únicamente considerando el turno mañana). En general, observamos que ambos relojes son relevantes, pero en cuanto a la hora de dormir y despertar y la SDw, el reloj solar parece ser más relevante que el social.

Entendiendo al cronotipo como la expresión del reloj interno de los individuos bajo un ambiente dado, es decir, como un “fenotipo temporal” (Roenneberg, Pilz, et al., 2019), es fácil notar que el mismo va a estar modulado por características intrínsecas de cada individuo, pero también por factores externos (Figura 7.1). Por un lado, la genética tiene un rol importante en determinar el funcionamiento del reloj interno (Casiraghi et al., 2010) pero también algunos otros aspectos biológicos, como cambios a lo largo del desarrollo (edad) modulan al cronotipo (Carskadon et al., 1993; Randler et al., 2017; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a; Roenneberg et al., 2004). De hecho, no se comprende del todo de qué manera la adolescencia está asociada a un retraso del cronotipo. Se ha propuesto que la presión de sueño se acumula más lentamente en los adolescentes (Jenni et al., 2005) y que los mismos son más sensibles a la luz (Crowley et al., 2015), a la que tienden a exponerse durante la noche debido al uso de dispositivos móviles (Arrona-Palacios, 2017; Hale et al., 2019).

Interesantemente, se conocen una gran cantidad de factores ambientales que modulan al cronotipo, siendo el más importante de ellos la luz (Roenneberg, Kumar, et al., 2007; Wright et al., 2013), y la interacción de estos factores genera un sinfín de ambientes diferentes. Por ejemplo, cuando no existía la luz artificial, la variabilidad de los posibles ambientes lumínicos (al menos suponiendo la misma posición geográfica) era mucho más baja de lo que es en la actualidad. Gracias a la iluminación artificial, cada individuo puede virtualmente exponerse a un ciclo de luz-oscuridad diferente al de su vecino e inclusive diferente al de una persona con la que conviva en la misma casa. Además, otros factores externos, como las claves sociales (horarios de estudiar o trabajar) y la cultura, pueden modular el cronotipo de manera directa, pero también podrían hacerlo de manera indirecta, afectando la exposición a la luz de los individuos. Por

ejemplo, nosotras y otros hemos mostrado que asistir al colegio temprano por la mañana está asociado a cronotipos más matutinos que en turnos más tardíos (Estevan et al., 2020; Goldin et al., 2020; Rodríguez Ferrante, Goldin, Sigman, et al., 2022a). Sin embargo, este fenómeno podría explicarse porque ir al colegio es una actividad que deben repetir cinco días a la semana, o bien porque implica que las y los adolescentes se expongan a la luz (solar y/o artificial) más temprano de lo que lo harían si no tuviesen esta actividad; o incluso por una combinación de ambos motivos.

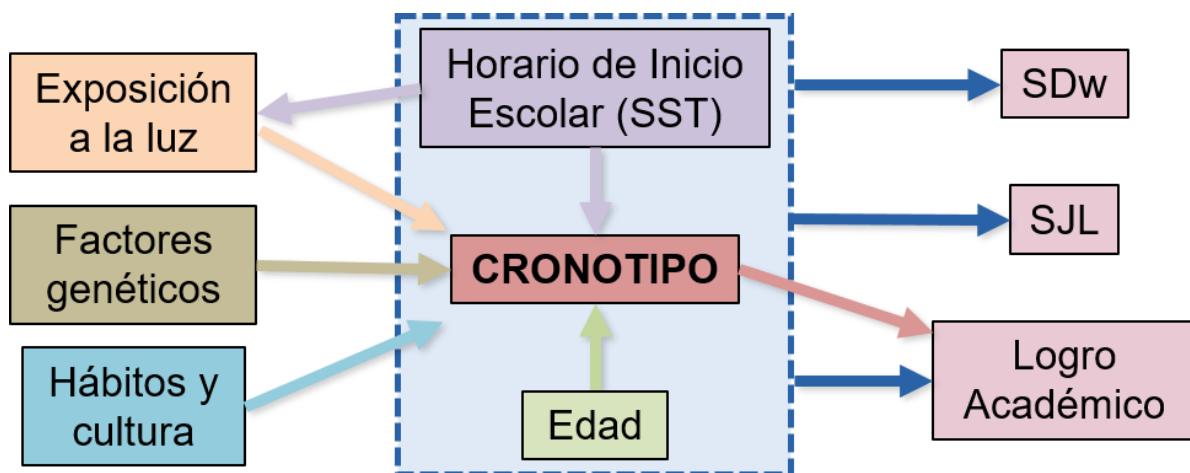


Figura 7.1. El cronotipo es la expresión del reloj interno bajo un ambiente dado, es decir, un “fenotipo temporal”. Como tal, es modulado por factores propios de cada individuo, pero también por factores ambientales. En esta tesis, nos centramos principalmente en estudiar cómo el cronotipo, interactuando con el horario de inicio escolar (SST) y la edad, impactan los hábitos de sueño (jetlag social -SJL- y duración de sueño en días hábiles -SDw-) y el logro académico de los adolescentes, así como también en algunos de los factores que modulan a este efecto. En particular, observamos que la interacción entre el cronotipo, el turno escolar y la edad (línea punteada) tiene un efecto sobre la duración de sueño en días hábiles el SJL y el logro académico. A su vez, vimos que el cronotipo por sí solo también modula el rendimiento académico. Por último, también mostramos que el reloj solar es relevante a la hora de evaluar el efecto de diferentes SSTs sobre el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes.

Este efecto indirecto del SST sobre el cronotipo es el que podría explicar por qué, cuando la discrepancia entre el reloj solar y el social es muy alta, el retraso del SST ejerce un mayor efecto sobre la duración de sueño y la hora de despertar y de dormir. En particular, cuanto más desalineado esté el reloj social del solar, es esperable que también esté más desajustado el reloj interno de los adolescentes respecto del reloj social. Por lo tanto, cuanto más desalineado esté el reloj social respecto del solar, el reloj interno se encontrará más presionado por el SST. Por

eso, en este escenario, es esperable que el efecto de un retraso en el SST sea mucho mayor que si el reloj social y el solar estuviesen alineados (porque en ese caso, el reloj biológico estaría menos presionado). Esta situación podría mitigarse si los SSTs en cada ubicación geográfica se decidiesen teniendo en cuenta el reloj solar en ese lugar específico. Por ejemplo, una ciudad que se encuentra en el extremo oeste de un huso horario podría establecer SSTs más tardíos que otra que se encuentre en el extremo este del mismo huso horario.

Como ya mencionamos, la existencia de la luz eléctrica debilitó la fuerza de la luz solar como sincronizador del reloj interno, siendo esta una de las causas que explica que hoy en día la variedad de cronotipos observables sea mucho mayor que hace apenas un siglo atrás (Roenneberg, Winnebeck, et al., 2019). Esta situación se ve agravada por el hecho de que la mayoría de las actividades se llevan a cabo en interiores, como por ejemplo en la escuela donde los estudiantes se encuentran la mayor parte del tiempo en las aulas. En este sentido, intervenciones que busquen robustecer el ciclo de luz-oscuridad en los estudiantes podrían alinear el cronotipo de los mismos al SST. Esto, a su vez, implicaría un aumento de la SDw y una disminución del SJL. Algunas de estas intervenciones podrían aprovechar la luz natural, por ejemplo, teniendo las horas curriculares de actividad física en el exterior y temprano por la mañana o utilizar aulas con ventanas que dejen pasar la luz solar. Por otro lado, también es posible diseñar intervenciones en el aula utilizando luz artificial en el aula, por ejemplo, aumentando la intensidad de las lámparas utilizadas en el turno mañana.

El cronotipo y los hábitos de sueño varían considerablemente entre países y, por lo tanto, el efecto de los SSTs matutinos, también. En particular, los resultados presentados aquí para los estudiantes argentinos del turno mañana, muestran que se encuentran en los extremos para todas las variables analizadas en comparación con los estudiantes del resto del mundo. Específicamente, presentan cronotipos más tardíos, duraciones de sueño más cortas y niveles de SJL más altos que estudiantes de Europa y Estados Unidos. Valores similares solo se han descrito en adolescentes de la ciudad de Montevideo (Uruguay), quienes presentan costumbres muy similares a las de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Algunas de estas costumbres, como el hecho de que la cena y las reuniones sociales sean muy tardías, podrían explicar el hecho de que los cronotipos de estos estudiantes sean tan tardíos. Además de la cultura, también la ubicación geográfica de ambas ciudades es cercana, por lo que a su vez la relación entre los relojes social, solar y biológico también resultan similares en sus poblaciones. Esto representa un ejemplo de por qué, en la práctica, es difícil separar los efectos de la cultura de los del ciclo de luz-oscuridad natural: normalmente países diferentes presentan culturas diferentes, pero

también la relación entre el reloj social y solar es distinta, mientras que ubicaciones geográficas similares suelen presentar con culturas similares.

Por otro lado, ya hemos señalado que en los trabajos que se observa una asociación entre cronotipo y rendimiento académico, la magnitud de la misma varía entre diferentes países. Sin embargo, el cronotipo medio de las poblaciones estudiadas también es variable. En particular, comparando resultados obtenidos en Argentina, Países Bajos y Rusia, vimos que cuanto más tardíos eran los cronotipos de las poblaciones bajo estudio, más fuerte resultó la asociación entre cronotipo y notas (Rodríguez Ferrante, Goldin, & Leone, 2022). En este caso, otra vez, es difícil separar los factores que pueden estar modulando estos resultados, ya que tanto el cronotipo como el rendimiento académico pueden estar modulados por la cultura de cada país. Adicionalmente, el cronotipo también puede variar por el ambiente lumínico y hasta la genética de las diferentes poblaciones. Esta complejidad asociada a la gran cantidad de factores que modulan el cronotipo y el rendimiento académico, podrían explicar por qué la evidencia disponible sobre el efecto del cronotipo, y su interacción con el SST, en las calificaciones de los adolescentes es aún poco clara (Biller et al., 2021).

En conjunto, queda claro que el ambiente es muy importante para entender cómo el cronotipo interactuando con el SST y la edad modulan los hábitos de sueño de los adolescentes y su rendimiento académico. Por lo tanto, un mayor número de trabajos en diferentes ambientes (distintos países, poblaciones urbanas vs. rurales, diferentes niveles socioeconómicos, etc.) es necesario para poder comprender el rol de cada uno de los diferentes factores ambientales ya discutidos. Además, la importancia de disponer de evidencia local a fin de entender las necesidades particulares de cada población estudiantil es clave, porque el ambiente modula los efectos observados. De esa forma, resulta primordial proveer de herramientas a las autoridades educativas y con capacidad de decidir sobre políticas públicas para actuar en pos de mejorar la salud, el bienestar y el rendimiento académico de los adolescentes. Dado los resultados presentados en esta tesis, queda claro que existe una necesidad urgente para este tipo de intervenciones en nuestro país, ya que los niveles de SJL y de privación crónica del sueño en los adolescentes argentinos resultan alarmantes.

Este trabajo de tesis responde muchas preguntas pero, sobre todo, abre nuevos interrogantes sobre los que seguiremos trabajando. Por ejemplo: ¿Cómo es la trayectoria de los cambios en el cronotipo y hábitos de sueño de los adolescentes a lo largo de toda la adolescencia (no solo al comienzo y final de la misma)? ¿Qué ocurriría si se llevase a cabo un retraso del horario de inicio

escolar en el turno mañana en nuestro país? ¿Es posible obtener beneficios para los adolescentes al implementar políticas educativas menos costosas que un cambio en el horario de inicio escolar, como lo serían reorganizar las materias tal que matemática no se de en las primeras horas o mejorar la iluminación en las aulas? Esperamos poder avanzar con nuestra agenda en los años venideros y de esa forma seguir aportando a pensar, diseñar, evaluar e implementar políticas públicas basadas en evidencias con el objetivo de mejorar el aprendizaje, el rendimiento, el bienestar y la salud de los y las adolescentes.

8. Conclusiones

Los resultados presentados en esta tesis mostraron que el horario de inicio escolar, junto con la edad, modula parcialmente el cronotipos de los adolescentes, lo cual implica y se asocia con diferencias en los hábitos de sueño (el jetlag social y los horarios y la duración de sueño en días hábiles) entre estudiantes que asisten al colegio en distintos horarios. En particular, horarios escolares más tempranos están asociados a cronotipos más matutinos, mayores niveles de jetlag social (SJL), horarios de sueño más matutinos y una menor duración de sueño en días hábiles (SDw).

Si bien estos resultados se observan en todos los países donde se ha estudiado la relación entre el SST y el sueño de los adolescentes (Estados Unidos, México, Uruguay, Brasil, Japón, Corea y varios países europeos), en Argentina los adolescentes presentan cronotipos particularmente tardíos y, consistentemente, aquellos que asisten al turno mañana presentan niveles de SJL extremadamente altos y una duración de sueño muy corta en días de semana. Si bien los cronotipos de los estudiantes del turno tarde y noche son más tardíos, los niveles de SJL son menores y la duración de sueño es más larga que la de los estudiantes argentinos del turno mañana, pero similares a los valores reportados para estudiantes que asisten al colegio por la mañana en Europa y Estados Unidos. Además, es posible observar diferencias entre cronotipos dentro de cada uno de los turnos escolares. En general, cronotipos más tardíos están asociados a mayores niveles de SJL pero esta relación es gradualmente más débil cuanto más tardío sea el turno escolar. En cambio, no se observa una relación entre el cronotipo y la SDw en el turno mañana, pero esta aumenta con cronotipos más tardíos en el turno tarde y noche.

Por otro lado, y respecto al efecto de la edad, los adolescentes acortan su SDw a medida que son mayores. Sin embargo, mientras que el cronotipo se retrasó a lo largo de la adolescencia en los turnos tarde y noche, esto no fue así en el turno mañana, indicando que el turno modula el efecto de la edad sobre el cronotipo. Además, pudimos observar que el cambio del cronotipo a lo largo de la adolescencia depende del valor inicial o cronotipo basal (en este caso el cronotipo de 1^{er} año).

Respecto al rendimiento académico, observamos que cronotipos más tardíos están asociados a notas más bajas, pero que esta asociación es más fuerte en el turno mañana que en los turnos tarde y noche. Esto último sugiere la existencia de un efecto de sincronía, es decir que el rendimiento depende de cuán bien esté alineado el reloj interno al turno escolar y, con esto, al momento de aprendizaje y/o evaluación. Interesantemente, se observó un efecto de sincronía

sobre la probabilidad de repetir de año. Específicamente, mientras estudiantes con cronotipos más tardíos presentan mayores chances de repetir un año en el turno mañana esto no sucede en el turno noche.

Dado que, tanto el cronotipo como los hábitos de sueño son modulados por diversos factores, entre ellos la cultura y la relación entre el reloj social y solar, generar evidencia local del efecto del horario escolar en los adolescentes es sumamente importante. A partir de esta evidencia, será posible pensar, diseñar e implementar medidas y políticas públicas con el objetivo de mejorar el bienestar, el sueño y el rendimiento de los adolescentes.

Abreviaturas utilizadas

DMATZ	<i>Distance from the Meridian of the Adopted Time Zone</i> Distancia al meridiano central del huso horario adoptado
CI	<i>Confidence interval</i> Intervalo de confianza
MSF	<i>Midpoint of Sleep on Free days</i> Punto medio de sueño en días libres
MSFsc	<i>MSF days corrected by sleep debt</i> MSF corregido por la deuda de sueño
MSW	<i>Midpoint of Sleep on Weekdays</i> Punto medio de sueño en días hábiles
SDf	<i>Sleep Duration on Free days</i> Duración de sueño en días libres
SDw	<i>Sleep Duration on Weekdays</i> Duración de sueño en días hábiles
SJL	Social Jetlag Jetlag social
SMD	Standarized Mean Difference Diferencia media estandarizada
Soff _f	<i>Sleep Offset on Free days</i> Hora de despertar en días libres
Soff _w	<i>Sleep Offset on Weekdays</i> Hora de despertar en días hábiles

Son_f	<i>Sleep Onset on Free days</i> Hora de dormir en días libres
Son_w	<i>Sleep Onset on Weekdays</i> Hora de dormir en días hábiles
SST	<i>School Start Time</i> Horario de inicio escolar
SST_{-Sun}	<i>Distance between SST and sunrise</i> Distancia entre el SST y la hora del amanecer
SST_{LT}	<i>SST according to Local Time</i> SST de acuerdo con la hora local
SST_{mc}	<i>SST corrected by DMATZ</i> SST corregido por la DMATZ
$SST_{earlier}$	The earliest SST of the compared SSTs El SST más temprano de los dos comparados
$SST_{earlier-Sun}$	<i>Distance between SST_{earlier} and sunrise</i> Distancia entre el SST _{earlier} y la hora del amanecer
$SST_{LT_{earlier}}$	<i>SST_{earlier} according to Local Time</i> SST _{earlier} de acuerdo con la hora local
$SST_{mc_{earlier}}$	<i>SST_{earlier} corrected by DMATZ</i> SST _{earlier} corregido por la DMATZ
ΔSST	<i>Distance between compared SSTs</i> Distancia entre los dos SSTs comparados

Bibliografía

- Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Milia, L. D., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian Typology: A Comprehensive Review. *Chronobiology International*, 29(9), 1153–1175. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.719971>
- Ahrberg, K., Dresler, M., Niedermaier, S., Steiger, A., & Genzel, L. (2012). The interaction between sleep quality and academic performance. *Journal of Psychiatric Research*, 46(12), 1618–1622. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.09.008>
- Alfonso, V., Palmizio, R., Rubino, A., Scarpelli, S., Gorgoni, M., D'Atri, A., Pazzaglia, M., Ferrara, M., Giuliano, S., & De Gennaro, L. (2020). The Association Between School Start Time and Sleep Duration, Sustained Attention, and Academic Performance. *Nature and Science of Sleep*, 12, 1161–1172. <https://doi.org/10.2147/NSS.S273875>
- Allebrandt, K. V., Teder-Laving, M., Kantermann, T., Peters, A., Campbell, H., Rudan, I., Wilson, J. F., Metspalu, A., & Roenneberg, T. (2014). Chronotype and sleep duration: The influence of season of assessment. *Chronobiology International*, 31(5), 731–740. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.901347>
- Arbabi, T., Vollmer, C., Dörfler, T., & Randler, C. (2015). The influence of chronotype and intelligence on academic achievement in primary school is mediated by conscientiousness, midpoint of sleep and motivation. *Chronobiology International*, 32(3), 349–357. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.980508>
- Arora, T., & Taheri, S. (2015). Associations among late chronotype, body mass index and dietary behaviors in young adolescents. *International Journal of Obesity*, 39(1), 39–44. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.157>
- Arrona-Palacios, A. (2017). High and low use of electronic media during nighttime before going to sleep: A comparative study between adolescents attending a morning or afternoon school shift. *Journal of Adolescence*, 61, 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.10.009>
- Arrona-Palacios, A., & Díaz-Morales, J. F. (2018). Morningness–eveningness is not associated with academic performance in the afternoon school shift: Preliminary findings. *British Journal of Educational Psychology*, 88(3), 480–498. <https://doi.org/10.1111/bjep.12196>
- Arrona-Palacios, A., Díaz-Morales, J. F., Parra-Robledo, Z., & Adan, A. (2021). Sleep and Depressive Symptoms in the Morningness/Eveningness-Suicidal Ideation Relationship Depend on School Shift in Mexican Adolescents. *Journal of Clinical Medicine*, 10(20). <https://doi.org/10.3390/jcm10204681>
- Arrona-Palacios, A., García, A., & Valdez, P. (2015). Sleep–wake habits and circadian preference in Mexican secondary school. *Sleep Medicine*, 16(10), 1259–1264. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.05.026>
- Aschoff, J. (1960). Exogenous and Endogenous Components in Circadian Rhythms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25, 11–28. <https://doi.org/10.1101/SQB.1960.025.01.004>

Baehr, E. K., Revelle, W., & Eastman, C. I. (2000). Individual differences in the phase and amplitude of the human circadian temperature rhythm: With an emphasis on morningness–eveningness. *Journal of Sleep Research*, 9(2), 117–127. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2000.00196.x>

Bai, S., Karan, M., Gonzales, N. A., & Fuligni, A. J. (2021). A daily diary study of sleep chronotype among Mexican-origin adolescents and parents: Implications for adolescent behavioral health. *Development and Psychopathology*, 33(1), 313–322. <https://doi.org/10.1017/S0954579419001780>

Balduzzi, S., Rücker, G., & Schwarzer, G. (2019). How to perform a meta-analysis with R: A practical tutorial. *BMJ Ment Health*, 22(4), 153–160. <https://doi.org/10.1136/ebmental-2019-300117>

Bekinschtein, T. A., Negro, A., Goldin, A. P., Fernández, M. P., Rosenbaum, S., & Golombok, D. A. (2004). Seasonality in a Mapuche Native Population. *Biological Rhythm Research*, 35(1–2), 145–152. <https://doi.org/10.1080/09291010412331313296>

Biller, A. M., Meissner, K., Winnebeck, E. C., & Zerbini, G. (2021). School start times and academic achievement—A systematic review on grades and test scores. *MedRxiv*, 2021.05.19.21252346. <https://doi.org/10.1101/2021.05.19.21252346>

Bjorvatn, B., Saxvig, I. W., Waage, S., & Pallesen, S. (2021). Self-reported seasonality is strongly associated with chronotype and weakly associated with latitude. *Chronobiology International*, 38(2), 278–285. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1844725>

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1994). Statistics Notes: Some examples of regression towards the mean. *BMJ*, 309(6957), 780. <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6957.780>

Blunden, S. L., Chapman, J., & Rigney, G. A. (2012). Are sleep education programs successful? The case for improved and consistent research efforts. *Sleep Medicine Reviews*, 16(4), 355–370. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.08.002>

Boergers, J., Gable, C. J., & Owens, J. A. (2014). Later School Start Time Is Associated with Improved Sleep and Daytime Functioning in Adolescents. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 35(1), 11–17. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000018>

Bonnar, D., Gradisar, M., Moseley, L., Coughlin, A.-M., Cain, N., & Short, M. A. (2015). Evaluation of novel school-based interventions for adolescent sleep problems: Does parental involvement and bright light improve outcomes? *Sleep Health*, 1(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.11.002>

Borbély, A. (2022). The two-process model of sleep regulation: Beginnings and outlook†. *Journal of Sleep Research*, 31(4), e13598. <https://doi.org/10.1111/jsr.13598>

Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1, 195–204.

Borisenkov, M. F., Fradkova, L. I., & Kolomeichuk, S. N. (2012). Factors Affecting Chronotype of Adolescents in the North According to Multiple Regression Analysis.

Chronobiology International, 29(10), 1418–1419.
<https://doi.org/10.3109/07420528.2012.728666>

Borisenkov, M. F., Perminova, E. V., & Kosova, A. L. (2010). Chronotype, Sleep Length, and School Achievement of 11- to 23-Year-Old Students in Northern European Russia. *Chronobiology International*, 27(6), 1259–1270.
<https://doi.org/10.3109/07420528.2010.487624>

Borisenkov, M. F., Polugrudov, A. S., Paderin, N. M., & Bakutova, L. A. (2019). Young inhabitants of the North with late chronotype and social jetlag consume more high-calorie foods and alcohol. *Biological Rhythm Research*, 50(3), 418–428.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1455867>

Borisenkov, M. F., Popov, S. V., Smirnov, V. V., Dorogina, O. I., Pecherkina, A. A., & Symaniuk, E. E. (2022). Later school start time is associated with better academic performance, sleep-wake rhythm characteristics, and eating behavior. *Chronobiology International*, 39(11), 1444–1453. <https://doi.org/10.1080/07420528.2022.2117050>

Borisenkov, M. F., Tserne, T. A., Panev, A. S., Kuznetsova, E. S., Petrova, N. B., Timonin, V. D., Kolomeichuk, S. N., Vinogradova, I. A., Kovyazina, M. S., Khokhlov, N. A., Kosova, A. L., & Kasyanova, O. N. (2017). Seven-year survey of sleep timing in Russian children and adolescents: Chronic 1-h forward transition of social clock is associated with increased social jetlag and winter pattern of mood seasonality. *Biological Rhythm Research*, 48(1), 3–12.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1223778>

Borlase, B. J., Gander, P. H., & Gibson, R. H. (2013). Effects of school start times and technology use on teenagers' sleep: 1999–2008. *Sleep and Biological Rhythms*, 11(1), 46–54. <https://doi.org/10.1111/sbr.12003>

Bowers, J. M., & Moyer, A. (2017). Effects of school start time on students' sleep duration, daytime sleepiness, and attendance: A meta-analysis. *Sleep Health*, 3(6), 423–431.
<https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.08.004>

Brandalize, M., Pereira, É. F., Leite, N., Filho, G. L., & Louzada, F. M. (2011). Effect of Morning School Schedule on Sleep and Anthropometric Variables in Adolescents: A Follow-Up Study. *Chronobiology International*, 28(9), 779–785.
<https://doi.org/10.3109/07420528.2011.603452>

Brockmann, P. E., Gozal, D., Villarroel, L., Damiani, F., Nuñez, F., & Cajochen, C. (2017). Geographic latitude and sleep duration: A population-based survey from the Tropic of Capricorn to the Antarctic Circle. *Chronobiology International*, 34(3), 373–381.
<https://doi.org/10.1080/07420528.2016.1277735>

Bücker, S., Nuraydin, S., Simonsmeier, B. A., Schneider, M., & Luhmann, M. (2018). Subjective well-being and academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Research in Personality*, 74, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2018.02.007>

Cain, N., Gradisar, M., & Moseley, L. (2011). A motivational school-based intervention for adolescent sleep problems. *Sleep Medicine*, 12(3), 246–251.
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.06.008>

Çam, Z., & Ögülmüs, S. (2021). Testing of a Model on the School Burnout among High School Students and Exploring the Model's Prediction Level of Grade Retention. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 13(2), 950–985.

Carissimi, A., Dresch, F., Martins, A. C., Levandovski, R. M., Adan, A., Natale, V., Martoni, M., & Hidalgo, M. P. (2016). The influence of school time on sleep patterns of children and adolescents. *Sleep Medicine*, 19, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.09.024>

Carpenter, J. S., & Andrykowski, M. A. (1998). Psychometric evaluation of the pittsburgh sleep quality index. *Journal of Psychosomatic Research*, 45(1), 5–13. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(97\)00298-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(97)00298-5)

Carrier, J., Monk, T. H., Buysse, D. J., & Kupfer, D. J. (1997). Sleep and morningness-eveningness in the 'middle' years of life (20–59y). *Journal of Sleep Research*, 6(4), 230–237. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1997.00230.x>

Carskadon, M. A. (2002). *Adolescent Sleep Patterns: Biological, Social, and Psychological Influences*. Cambridge University Press.

Carskadon, M. A. (2011a). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, 58(3), Article 3. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>

Carskadon, M. A. (2011b). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, 58(3), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>

Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between Puberty and Delayed Phase Preference. *Sleep*, 16(3), 258–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258>

Carskadon, M. A., Wolfson, A. R., Acebo, C., Tzischinsky, O., & Seifer, R. (1998). Adolescent Sleep Patterns, Circadian Timing, and Sleepiness at a Transition to Early School Days. *Sleep*, 21(8), 871–881. <https://doi.org/10.1093/sleep/21.8.871>

Carvalho, F. G., Hidalgo, M. P., & Levandovski, R. (2014). Differences in circadian patterns between rural and urban populations: An epidemiological study in countryside. *Chronobiology International*, 31(3), 442–449. <https://doi.org/10.3109/07420528.2013.846350>

Carvalho-Mendes, R. P., Dunster, G. P., de la Iglesia, H. O., & Menna-Barreto, L. (2020). Afternoon School Start Times Are Associated with a Lack of Both Social Jetlag and Sleep Deprivation in Adolescents. *Journal of Biological Rhythms*, 35(4), 377–390. <https://doi.org/10.1177/0748730420927603>

Casiraghi, L. P., Martino, D., Marengo, E., Igoa, A., Ais, E., Strejilevich, S., André, D., & Golombek, S. (2010). Human period-3 gene involvement in diurnal preference among Argentinean bipolar disorders patients. *Sleep Science*, 3(1), 22–26.

Casiraghi, L. P., Plano, S. A., Fernández-Duque, E., Valeggia, C., Golombek, D. A., & Iglesia, H. O. de la. (2020). Access to electric light is associated with delays of the dim-light melatonin onset in a traditionally hunter-gatherer Toba/Qom community. *Journal of Pineal Research*, 69(4), e12689. <https://doi.org/10.1111/jpi.12689>

Chan, C. S., Poon, C. Y. S., Leung, J. C. Y., Lau, K. N. T., & Lau, E. Y. Y. (2018). Delayed school start time is associated with better sleep, daytime functioning, and life satisfaction in residential high-school students. *Journal of Adolescence*, 66, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.05.002>

Chan, N. Y., Zhang, J., Yu, M. W. M., Lam, S. P., Li, S. X., Kong, A. P. S., Li, A. M., & Wing, Y. K. (2017). Impact of a modest delay in school start time in Hong Kong school adolescents. *Sleep Medicine*, 30, 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.09.018>

Cheung, F. T. W., Ho, A. W. Y., Chan, J. W. Y., Li, X., Chan, N. Y., Zhang, J., Ho, C. S., Wing, Y. K., & Li, S. X. (2022). Validation of the Chinese version of the Munich Chronotype Questionnaire (MCTQHK) in Hong Kong Chinese youths. *Chronobiology International*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1080/07420528.2022.2025821>

Chung, K.-F., & Cheung, M.-M. (2008). Sleep-Wake Patterns and Sleep Disturbance among Hong Kong Chinese Adolescents. *Sleep*, 31(2), 185–194. <https://doi.org/10.1093/sleep/31.2.185>

Crede, J., Wirthwein, L., McElvany, N., & Steinmayr, R. (2015). Adolescents' academic achievement and life satisfaction: The role of parents' education. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2015.00052>

Creux, N., & Harmer, S. (2019). Circadian Rhythms in Plants. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 11(9), a034611. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a034611>

Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>

Crowley, S. J., Cain, S. W., Burns, A. C., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2015). Increased Sensitivity of the Circadian System to Light in Early/Mid-Puberty. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 100(11), 4067–4073. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2775>

Crowley, S. J., & Eastman, C. I. (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. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, 67, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>

Danner, F., & Phillips, B. (2008). Adolescent sleep, school start times, and teen motor vehicle crashes. *Journal of Clinical Sleep Medicine : JCSM : Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 4(6), 533–535.

Darling-Hammond, L. (1998). Alternatives to Grade Retention. *School Administrator*, 55(7), 18–21.

Das-Friebel, A., Gkiouleka, A., Grob, A., & Lemola, S. (2020). Effects of a 20 minutes delay in school start time on bed and wake up times, daytime tiredness, behavioral persistence,

and positive attitude towards life in adolescents. *Sleep Medicine*, 66, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2019.07.025>

de la Iglesia, H. O., Fernández-Duque, E., Golombek, D. A., Lanza, N., Duffy, J. F., Czeisler, C. A., & Valeggia, C. R. (2015). Access to Electric Light Is Associated with Shorter Sleep Duration in a Traditionally Hunter-Gatherer Community. *Journal of Biological Rhythms*, 30(4), 342–350. <https://doi.org/10.1177/0748730415590702>

de Souza, J. C., de Sousa, I. C., Maia, A. P. L., & de Azevedo, C. V. M. (2012). Sleep patterns of teachers and adolescents who attend school in the morning. *Biological Rhythm Research*, 43(1), 65–72. <https://doi.org/10.1080/09291016.2011.638156>

Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 14(3), 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2009.10.004>

Dexter, D., Bijwadia, J., Schilling, D., & Applebaugh, G. (2003). Sleep, sleepiness and school start times: A preliminary study. *WMJ: Official Publication of the State Medical Society of Wisconsin*, 102(1), 44–46.

Díaz-Morales, J. F., & Escrivano, C. (2015). Social jetlag, academic achievement and cognitive performance: Understanding gender/sex differences. *Chronobiology International*, 32(6), 822–831. <https://doi.org/10.3109/07420528.2015.1041599>

Droste, S. K., de Groot, L., Atkinson, H. C., Lightman, S. L., Reul, J. M. H. M., & Linthorst, A. C. E. (2008). Corticosterone Levels in the Brain Show a Distinct Ultradian Rhythm but a Delayed Response to Forced Swim Stress. *Endocrinology*, 149(7), 3244–3253. <https://doi.org/10.1210/en.2008-0103>

Duffy, J. F., Dijk, D. J., Hall, E. F., & Czeisler, C. A. (1999). Relationship of endogenous circadian melatonin and temperature rhythms to self-reported preference for morning or evening activity in young and older people. *Journal of Investigative Medicine: The Official Publication of the American Federation for Clinical Research*, 47(3), 141–150.

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>

Dunster, G. P., Iglesia, L. de la, Ben-Hamo, M., Nave, C., Fleischer, J. G., Panda, S., & Iglesia, H. O. de la. (2018). Sleepmore in Seattle: Later school start times are associated with more sleep and better performance in high school students. *Science Advances*, 4(12), eaau6200. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau6200>

Eide, E. R., & Showalter, M. H. (2001). The effect of grade retention on educational and labor market outcomes. *Economics of Education Review*, 20(6), 563–576. [https://doi.org/10.1016/S0272-7757\(00\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0272-7757(00)00041-8)

Elliott, J. A. (1976). Circadian rhythms and photoperiodic time measurement in mammals. *Federation Proceedings*, 35(12), 2339–2346.

El-Sheikh, M., Saini, E. K., Gillis, B. T., & Kelly, R. J. (2019). Interactions between sleep duration and quality as predictors of adolescents' adjustment. *Sleep Health*, 5(2), 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2018.11.004>

Escribano, C., & Díaz-Morales, J. F. (2014). Daily fluctuations in attention at school considering starting time and chronotype: An exploratory study. *Chronobiology International*, 31(6), 761–769. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.898649>

Estevan, I. (2020). Psychometric properties of the Morningness/Eveningness scale for children among Uruguayan adolescents: The role of school start times. *Biological Rhythm Research*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/09291016.2020.1846284>

Estevan, I., Silva, A., & Tassino, B. (2018). School start times matter, eveningness does not. *Chronobiology International*, 35(12), Article 12. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1504785>

Estevan, I., Silva, A., Vetter, C., & Tassino, 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>

Estevan, I., Tassino, B., Vetter, C., & Silva, A. (2022). Bidirectional association between light exposure and sleep in adolescents. *Journal of Sleep Research*, 31(2), e13501. <https://doi.org/10.1111/jsr.13501>

Fantner, G. (2011). *A brief introduction to error analysis and propagation*. https://www.epfl.ch/labs/lben/wp-content/uploads/2018/07/Error-Propagation_2013.pdf

Fárová, E., Novák, J. M., Manková, D., & Kopřivová, J. (2020). Comparison of Munich Chronotype Questionnaire (MCTQ) and Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) Czech version. *Chronobiology International*, 0(0), 1–8. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1787426>

Fatima, Y., Doi, S. a. R., & Mamun, A. A. (2016). Sleep quality and obesity in young subjects: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 17(11), 1154–1166. <https://doi.org/10.1111/obr.12444>

Ferreira, L. R. C., Miguel, M. A. L., De Martino, M. M. F., & Menna-Barreto, L. (2013). Circadian rhythm of wrist temperature and night shift-work. *Biological Rhythm Research*, 44(5), 737–744. <https://doi.org/10.1080/09291016.2012.739931>

Figueiro, M., Brons, J., Plitnick, B., Donlan, B., Leslie, R., & Rea, M. (2011). Measuring circadian light and its impact on adolescents. *Lighting Research & Technology*, 43(2), 201–215. <https://doi.org/10.1177/1477153510382853>

Figueiro, M., & Overington, D. (2016). Self-luminous devices and melatonin suppression in adolescents. *Lighting Research & Technology*, 48(8), 966–975. <https://doi.org/10.1177/1477153515584979>

Folkard, S. (2008). Do Permanent Night Workers Show Circadian Adjustment? A Review Based on the Endogenous Melatonin Rhythm. *Chronobiology International*, 25(2–3), 215–224. <https://doi.org/10.1080/07420520802106835>

Ford, E. S., Cunningham, T. J., & Croft, J. B. (2015). Trends in Self-Reported Sleep Duration among US Adults from 1985 to 2012. *Sleep*, 38(5), 829–832. <https://doi.org/10.5665/sleep.4684>

French, M. T., Homer, J. F., Popovici, I., & Robins, P. K. (2015). What You Do in High School Matters: High School GPA, Educational Attainment, and Labor Market Earnings as a Young Adult. *Eastern Economic Journal*, 41(3), 370–386. <https://doi.org/10.1057/eej.2014.22>

Friborg, O., Bjorvatn, B., Amponsah, B., & Pallesen, S. (2012). Associations between seasonal variations in day length (photoperiod), sleep timing, sleep quality and mood: A comparison between Ghana (5°) and Norway (69°). *Journal of Sleep Research*, 21(2), 176–184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2011.00982.x>

Gaultney, J. F. (2016). Risk for Sleep Disorder Measured During Students' First College Semester May Predict Institutional Retention and Grade Point Average Over a 3-Year Period, With Indirect Effects Through Self-Efficacy. *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, 18(3), 333–359. <https://doi.org/10.1177/1521025115622784>

Geiser, S., & Santelices, M. V. (2007). *Validity of High-School Grades in Predicting Student Success beyond the Freshman Year: High-School Record vs. Standardized Tests as Indicators of Four-Year College Outcomes*. Research & Occasional Paper Series: CSHE.6.07. Center for Studies in Higher Education. <https://eric.ed.gov/?id=ED502858>

Goldin, A. P., Sigman, M., Braier, G., Golombok, D. A., & Leone, M. J. (2020). Interplay of chronotype and school timing predicts school performance. *Nature Human Behaviour*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0820-2>

Goldstein, D., Hahn, C. S., Hasher, L., Wiprzycka, U. J., & Zelazo, P. D. (2007). Time of day, intellectual performance, and behavioral problems in Morning versus Evening type adolescents: Is there a synchrony effect? *Personality and Individual Differences*, 42(3), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.07.008>

Gradisar, M., Dohnt, H., Gardner, G., Paine, S., Starkey, K., Menne, A., Slater, A., Wright, H., Hudson, J. L., Weaver, E., & Trenowden, S. (2011). A Randomized Controlled Trial of Cognitive-Behavior Therapy Plus Bright Light Therapy for Adolescent Delayed Sleep Phase Disorder. *Sleep*, 34(12), 1671–1680. <https://doi.org/10.5665/sleep.1432>

Hagenauer, M. H., Ku, J. H., & Lee, T. M. (2011). Chronotype changes during puberty depend on gonadal hormones in the slow-developing rodent, Octodon degus. *Hormones and Behavior*, 60(1), 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.02.004>

Hagenauer, M. H., & Lee, T. M. (2012). The neuroendocrine control of the circadian system: Adolescent chronotype. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 33(3), 211–229. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2012.04.003>

Hahn, C., Cowell, J. M., Wiprzycka, U. J., Goldstein, D., Ralph, M., Hasher, L., & Zelazo, P. D. (2012). Circadian rhythms in executive function during the transition to adolescence: The effect of synchrony between chronotype and time of day. *Developmental Science*, 15(3), 408–416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01137.x>

Hale, L., Li, X., Hartstein, L. E., & LeBourgeois, M. K. (2019). Media Use and Sleep in Teenagers: What Do We Know? *Current Sleep Medicine Reports*, 5(3), 128–134. <https://doi.org/10.1007/s40675-019-00146-x>

Han, C. H., & Chung, J. (2020). Late Chronotype is Associated with Adolescent Asthma: Assessment Using the Korean-Version MCTQ. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3000. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093000>

Haraszti, 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>

Harmer, S. L., Panda, S., & Kay, S. A. (2001). Molecular bases of circadian rhythms. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 17, 215–253. <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.17.1.215>

Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T., & Ebert, D. D. (2019). *dmetar: Companion R Package For The Guide “Doing Meta-Analysis in R”* (R package version 0.0.9000). <http://dmetar.protectlab.org/>

Hartmann, M. E., & Prichard, J. R. (2018). Calculating the contribution of sleep problems to undergraduates' academic success. *Sleep Health*, 4(5), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2018.07.002>

Hasher, L., Goldstein, D., & May, C. P. (2005). It's About Time: Circadian Rhythms, Memory, and Aging. In *Human learning and memory: Advances in theory and application: The 4th Tsukuba International Conference on Memory* (pp. 199–217). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Hashizaki, M., Nakajima, H., Shiga, T., Tsutsumi, M., & Kume, K. (2018). A longitudinal large-scale objective sleep data analysis revealed a seasonal sleep variation in the Japanese population. *Chronobiology International*, 35(7), 933–945. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1443118>

Hastings, M. H., Maywood, E. S., & Brancaccio, M. (2018). Generation of circadian rhythms in the suprachiasmatic nucleus. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(8), 453–469. <https://doi.org/10.1038/s41583-018-0026-z>

Haus, E. L., & Smolensky, M. H. (2013). Shift work and cancer risk: Potential mechanistic roles of circadian disruption, light at night, and sleep deprivation. *Sleep Medicine Reviews*, 17(4), 273–284. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2012.08.003>

Haynie, D. L., Lewin, D., Luk, J. W., Lipsky, L. M., O'Brien, F., Iannotti, R. J., Liu, D., & Simons-Morton, B. G. (2018). Beyond Sleep Duration: Bidirectional Associations Among Chronotype, Social Jetlag, and Drinking Behaviors in a Longitudinal Sample of US High School Students. *Sleep*, 41(2). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsx202>

Heissel, J. A., & Norris, S. (2018). Rise and Shine The Effect of School Start Times on Academic Performance from Childhood through Puberty. *Journal of Human Resources*, 53(4), 957–992. <https://doi.org/10.3368/jhr.53.4.0815-7346R1>

Hewitt, O. H., & Shaikh, H. M. (2021). The Rhythm of Many: Biological Rhythms in the Marine Environment, From Macro-Scale Planktonic Ecosystems to Micro-Scale Holobionts. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.744169>

Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>

Hinrichs, P. (2011). When the Bell Tolls: The Effects of School Starting Times on Academic Achievement. *Education Finance and Policy*, 6(4), 486–507. https://doi.org/10.1162/EDFP_a_00045

Hirano, A., Shi, G., Jones, C. R., Lipzen, A., Pennacchio, L. A., Xu, Y., Hallows, W. C., McMahon, T., Yamazaki, M., Ptáček, L. J., & Fu, Y.-H. (2016). A Cryptochrome 2 mutation yields advanced sleep phase in humans. *eLife*, 5, e16695. <https://doi.org/10.7554/eLife.16695>

Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Adams Hillard, P. J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., & Ware, J. C. (2015). National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: Final report. *Sleep Health*, 1(4), 233–243. <https://doi.org/10.1016/j.slehd.2015.10.004>

Horne, J. A., & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4, 97–110.

Hughes, J. N., West, S. G., Kim, H., & Bauer, S. S. (2018). Effect of early grade retention on school completion: A prospective study. *Journal of Educational Psychology*, 110(7), 974–991. <https://doi.org/10.1037/edu0000243>

Hummer, D. L., & Lee, T. M. (2016). Daily timing of the adolescent sleep phase: Insights from a cross-species comparison. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 70, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.07.023>

Intons-Peterson, M. J., Rocchi, P., West, T., McLellan, K., & Hackney, A. (1999). Age, testing at preferred or nonpreferred times (testing optimality), and false memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 23–40. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.1.23>

Ioannidis, J. P. A. (2012). Why Science Is Not Necessarily Self-Correcting. *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 645–654. <https://doi.org/10.1177/1745691612464056>

Itzek-Greulich, H., Randler, C., & Vollmer, C. (2016). The interaction of chronotype and time of day in a science course: Adolescent evening types learn more and are more motivated in the afternoon. *Learning and Individual Differences*, 51, 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.09.013>

Jankowski, K. S. (2015). Composite Scale of Morningness: Psychometric properties, validity with Munich ChronoType Questionnaire and age/sex differences in Poland. *European Psychiatry*, 30(1), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.01.004>

Jenni, O. G., Achermann, P., & Carskadon, M. A. (2005). Homeostatic Sleep Regulation in Adolescents. *Sleep*, 28(11), 1446–1454. <https://doi.org/10.1093/sleep/28.11.1446>

Jimerson, S. R., Anderson, G. E., & Whipple, A. D. (2002). Winning the battle and losing the war: Examining the relation between grade retention and dropping out of high school. *Psychology in the Schools*, 39(4), 441–457. <https://doi.org/10.1002/pits.10046>

John, B., Bellipady, S. S., & Bhat, S. U. (2016). Sleep Promotion Program for Improving Sleep Behaviors in Adolescents: A Randomized Controlled Pilot Study. *Scientifica*, 2016, e8013431. <https://doi.org/10.1155/2016/8013431>

Kadlec, D., Sainani, K. L., & Nimpfius, S. (2023). With Great Power Comes Great Responsibility: Common Errors in Meta-Analyses and Meta-Regressions in Strength & Conditioning Research. *Sports Medicine*, 53(2), 313–325. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01766-0>

Kandeger, A., Selvi, Y., & Tanyer, D. K. (2019). The effects of individual circadian rhythm differences on insomnia, impulsivity, and food addiction. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 24(1), 47–55. <https://doi.org/10.1007/s40519-018-0518-x>

Kantermann, T. (2013). Circadian Biology: Sleep-Styles Shaped by Light-Styles. *Current Biology*, 23(16), R689–R690. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.065>

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>

Karan, M., Bai, S., Almeida, D. M., Irwin, M. R., McCreath, H., & Fuligni, A. J. (2021). Sleep–Wake Timings in Adolescence: Chronotype Development and Associations with Adjustment. *Journal of Youth and Adolescence*, 50(4), 628–640. <https://doi.org/10.1007/s10964-021-01407-1>

Kelley, P., Lockley, S. W., Kelley, J., & Evans, M. D. R. (2017). Is 8:30 a.m. Still Too Early to Start School? A 10:00 a.m. School Start Time Improves Health and Performance of Students Aged 13–16. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00588>

Kervezee, L., Kosmadopoulos, A., & Boivin, D. B. (2020). Metabolic and cardiovascular consequences of shift work: The role of circadian disruption and sleep disturbances. *European Journal of Neuroscience*, 51(1), 396–412. <https://doi.org/10.1111/ejn.14216>

Keyes, K. M., Maslowsky, J., Hamilton, A., & Schulenberg, J. (2015). The Great Sleep Recession: Changes in Sleep Duration Among US Adolescents, 1991–2012. *Pediatrics*, 135(3), 460–468. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2707>

King, D. P., & Takahashi, J. S. (2000). Molecular Genetics of Circadian Rhythms in Mammals. *Annual Review of Neuroscience*, 23(1), 713–742. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.23.1.713>

Kira, G., Maddison, R., Hull, M., Blunden, S., & Olds, T. (2014). Sleep Education Improves the Sleep Duration of Adolescents: A Randomized Controlled Pilot Study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(07), 787–792. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3874>

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>

Kmet, L. M., Cook, L. S., & Lee, R. C. (2004, February 1). *Standard Quality Assessment Criteria for Evaluating Primary Research Papers from a Variety of Fields*. ERA. <https://doi.org/10.7939/R37M04F16>

Kolomeichuk, S. N., Randler, C., Shabalina, I., Fradkova, L., & Borisenkov, M. (2016). The influence of chronotype on the academic achievement of children and adolescents – evidence from Russian Karelia. *Biological Rhythm Research*, 47(6), 873–883. <https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1207352>

Komada, Y., Okajima, I., Kitamura, S., & Inoue, Y. (2019). A survey on social jetlag in Japan: A nationwide, cross-sectional internet survey. *Sleep and Biological Rhythms*, 17(4), 417–422. <https://doi.org/10.1007/s41105-019-00229-w>

Koo, D. L., Yang, K. I., Kim, J. H., Kim, D., Sunwoo, J.-S., Hwangbo, Y., Lee, H. R., & Hong, S. B. (2021). Association between morningness-eveningness, sleep duration, weekend catch-up sleep and depression among Korean high-school students. *Journal of Sleep Research*, 30(1), e13063. <https://doi.org/10.1111/jsr.13063>

Kouzma, N., & Kennedy, G. (2004). Self-reported sources of stress in senior high school students. *Psychological Reports*, 94, 314–316. <https://doi.org/10.2466/PR0.94.1.314-316>

Kuula, L., Pesonen, A.-K., Merikanto, I., Gradisar, M., Lahti, J., Heinonen, K., Kajantie, E., & Räikkönen, K. (2018). Development of Late Circadian Preference: Sleep Timing From Childhood to Late Adolescence. *The Journal of Pediatrics*, 194, 182-189.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.10.068>

Kuznetsova, A., Brockhoff, P., & Christensen, R. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Undefined*. /paper/lmerTest-Package%3A-Tests-in-Linear-Mixed-Effects-Kuznetsova-Brockhoff/87a775279bdd43847ca692d4258e306052250088

Lara, T., Madrid, J. A., & Correa, Á. (2014). The Vigilance Decrement in Executive Function Is Attenuated When Individual Chronotypes Perform at Their Optimal Time of Day. *PLOS ONE*, 9(2), e88820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088820>

Leocadio-Miguel, M. A., Louzada, F. M., Duarte, L. L., Areas, R. P., Alam, M., Freire, M. V., Fontenele-Araujo, J., Menna-Barreto, L., & Pedrazzoli, M. (2017). Latitudinal cline of chronotype. *Scientific Reports*, 7(1), 5437. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05797-w>

Leone, M. J. (2010). *ROL DE LOS ASTROCITOS EN LA INTERACCIÓN INMUNE-CIRCADIANA EN EL RELOJ BIOLÓGICO DE MAMÍFEROS*. Universidad Nacional de Quilmes.

Leone, M. J., Sigman, M., & Golombek, D. (2020). *Effects of Social Isolation on Human Sleep and Chronotype During the COVID-19 Pandemic* (SSRN Scholarly Paper ID 3624469). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3624469>

Levandovski, R., Dantas, G., Fernandes, L. C., Caumo, W., Torres, I., Roenneberg, T., Hidalgo, M. P. L., & Allebrandt, K. V. (2011a). Depression Scores Associate With Chronotype and Social Jetlag in a Rural Population. *Chronobiology International*, 28(9), 771–778. <https://doi.org/10.3109/07420528.2011.602445>

Levandovski, R., Dantas, G., Fernandes, L. C., Caumo, W., Torres, I., Roenneberg, T., Hidalgo, M. P. L., & Allebrandt, K. V. (2011b). Depression Scores Associate With Chronotype and Social Jetlag in a Rural Population. *Chronobiology International*, 28(9), 771–778. <https://doi.org/10.3109/07420528.2011.602445>

Lewy, H., Naor, Z., & Ashkenazi, I. E. (1999). From Ultradian to Infradian Rhythms: LH Releases Patterns In Vitro. *Chronobiology International*, 16(4), 441–450. <https://doi.org/10.3109/07420529908998719>

Lo, J. C., Lee, S. M., Lee, X. K., Sasmita, K., Chee, N. I. Y. N., Tandi, J., Cher, W. S., Gooley, J. J., & Chee, M. W. L. (2018). Sustained benefits of delaying school start time on adolescent sleep and well-being. *Sleep*, 41(6). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy052>

Lufi, D., Tzischinsky, O., & Hadar, S. (2011). Delaying school starting time by one hour: Some effects on attention levels in adolescents. *Journal of Clinical Sleep Medicine : JCSM : Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 7(2), 137–143.

Mak, K.-K., Lee, S.-L., Ho, S.-Y., Lo, W.-S., & Lam, T.-H. (2012). Sleep and Academic Performance in Hong Kong Adolescents. *Journal of School Health*, 82(11), 522–527. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2012.00732.x>

Malone, S. K., Zemel, B., Compher, C., Souders, M., Chittams, J., Thompson, A. L., & Lipman, T. H. (2016). Characteristics Associated With Sleep Duration, Chronotype, and Social Jet Lag in Adolescents. *The Journal of School Nursing*, 32(2), 120–131. <https://doi.org/10.1177/1059840515603454>

Martin, J. S., Gaudreault, M. M., Perron, M., & Laberge, L. (2016). Chronotype, Light Exposure, Sleep, and Daytime Functioning in High School Students Attending Morning or Afternoon School Shifts: An Actigraphic Study. *Journal of Biological Rhythms*, 31(2), 205–217. <https://doi.org/10.1177/0748730415625510>

Martínez-Lozano, N., Barraco, G. M., Ríos, R., Ruiz, M. J., Tvariijonaviciute, A., Fardy, P., Madrid, J. A., & Garaulet, M. (2020). Evening types have social jet lag and metabolic alterations in school-age children. *Scientific Reports*, 10(1), 16747. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73297-5>

Martins, A. J., Isherwood, C. M., Vasconcelos, S. P., Lowden, A., Skene, D. J., & Moreno, C. R. C. (2020). The effect of urbanization on sleep, sleep/wake routine, and metabolic health

of residents in the Amazon region of Brazil. *Chronobiology International*, 37(9–10), 1335–1343. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1802287>

Masal, E., Randler, C., Beşoluk, Ş., Önder, İ., Horzum, M. B., & Vollmer, C. (2015). Effects of longitude, latitude and social factors on chronotype in Turkish students. *Personality and Individual Differences*, 86, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.05.019>

Matricciani, L., Olds, T., & Petkov, J. (2012). In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews*, 16(3), 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.03.005>

May, C. P. (1999). Synchrony effects in cognition: The costs and a benefit. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(1), 142–147. <https://doi.org/10.3758/BF03210822>

May, C. P., Hasher, L., & Foong, N. (2005). Implicit Memory, Age, and Time of Day: Paradoxical Priming Effects. *Psychological Science*, 16(2), 96–100. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.00788.x>

May, C. P., Hasher, L., & Stoltzfus, E. R. (1993). Optimal Time of Day and the Magnitude of Age Differences in Memory. *Psychological Science*, 4(5), 326–330. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00573.x>

McCoy, A. R., & Reynolds, A. J. (1999). Grade Retention and School Performance: An Extended Investigation. *Journal of School Psychology*, 37(3), 273–298. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(99\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(99)00012-6)

McKnight-Eily, L. R., Eaton, D. K., Lowry, R., Croft, J. B., Presley-Cantrell, L., & Perry, G. S. (2011). Relationships between hours of sleep and health-risk behaviors in US adolescent students. *Preventive Medicine*, 53(4), 271–273. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.06.020>

Mecacci, L., & Zani, A. (1983). Morningness-eveningness preferences and sleep-waking diary data of morning and evening types in student and worker samples. *Ergonomics*, 26(12), 1147–1153. <https://doi.org/10.1080/00140138308963450>

Medic, G., Wille, M., & Hemels, M. E. (2017). Short- and long-term health consequences of sleep disruption. *Nature and Science of Sleep*, 9, 151–161. <https://doi.org/10.2147/NSS.S134864>

Mello, L., Louzada, F., & Menna-Barreto, L. (2001). Effects of school schedule transition on sleep-wake cycle of Brazilian adolescents. *Sleep and Hypnosis*, 3, 106–111.

Meltzer, L. J., Wahlstrom, K. L., Plog, A. E., & Strand, M. J. (2021). Changing school start times: Impact on sleep in primary and secondary school students. *Sleep, zsab048*. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsab048>

Milić, J., Kvolik, A., Ivković, M., Cikes, A. B., Labak, I., Benšić, M., Ilakovac, V., Zibar, L., & Heffer, M. (2014). Are there differences in students' school success, biorhythm, and daytime sleepiness depending on their school starting times? *Collegium Antropologicum*, 38(3), 889–894.

Minors, D. S., Waterhouse, J. M., & Wirz-Justice, A. (1991). A human phase-response curve to light. *Neuroscience Letters*, 133(1), 36–40. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(91\)90051-T](https://doi.org/10.1016/0304-3940(91)90051-T)

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>

Moseley, L., & Gradisar, M. (2009). Evaluation of a School-Based Intervention for Adolescent Sleep Problems. *Sleep*, 32(3), 334–341. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.3.334>

Muecke, S. (2005). Effects of rotating night shifts: Literature review. *Journal of Advanced Nursing*, 50(4), 433–439. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03409.x>

Nagare, R., Plitnick, B., & Figueiro, M. (2019). Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults. *Lighting Research & Technology*, 51(4), 530–543. <https://doi.org/10.1177/1477153518763003>

Ng, E. P., Ng, D. K., & Chan, C. H. (2009). Sleep duration, wake/sleep symptoms, and academic performance in Hong Kong Secondary School Children. *Sleep and Breathing*, 13(4), 357–367. <https://doi.org/10.1007/s11325-009-0255-5>

Nguyen-Louie, T. T., Brumback, T., Worley, M. J., Colrain, I. M., Matt, G. E., Squeglia, L. M., & Tapert, S. F. (2018). Effects of sleep on substance use in adolescents: A longitudinal perspective. *Addiction Biology*, 23(2), 750–760. <https://doi.org/10.1111/adb.12519>

O'Malley, E. B. O. and M. B. (2008). School Start Time and Its Impact on Learning and Behavior. In *Sleep and Psychiatric Disorders in Children and Adolescents*. CRC Press.

Orth, D. N., Besser, G. M., King, P. H., & Nicholson, W. E. (1979). Free-Running Circadian Plasma Cortisol Rhythm in a Blind Human Subject. *Clinical Endocrinology*, 10(6), 603–617. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.1979.tb02120.x>

Owens, J. A., Belon, K., & Moss, P. (2010). Impact of Delaying School Start Time on Adolescent Sleep, Mood, and Behavior. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 164(7), 608–614. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2010.96>

Owens, J. A., Dearth-Wesley, T., Herman, A. N., Oakes, J. M., & Whitaker, R. C. (2017). A quasi-experimental study of the impact of school start time changes on adolescent sleep. *Sleep Health*, 3(6), 437–443. <https://doi.org/10.1016/j.slehd.2017.09.001>

Owens, J. A., & Weiss, M. R. (2017). Insufficient sleep in adolescents: Causes and consequences. *Minerva Pediatrica*, 69(4), 326–336. <https://doi.org/10.23736/S0026-4946.17.04914-3>

Owings, W. A., & Magliaro, S. (1998). Grade Retention: A History of Failure. *Educational Leadership*, 56(1), 86–88.

Pagani, L., Tremblay, R. E., Vitaro, F., Boulerice, B., & Mcduff, P. (2001). Effects of grade retention on academic performance and behavioral development. *Development and Psychopathology*, 13(2), 297–315. <https://doi.org/10.1017/S0954579401002061>

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>

Parsons, M. J., Moffitt, T. E., Gregory, A. M., Goldman-Mellor, S., Nolan, P. M., Poulton, R., & Caspi, A. (2015). Social jetlag, obesity and metabolic disorder: Investigation in a cohort study. *International Journal of Obesity*, 39(5), Article 5. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.201>

Paruthi, S., Brooks, L. J., D'Ambrosio Carolyn, Hall, W. A., Kotagal, S., Lloyd, R. M., Malow, B. A., Maski, K., Nichols, C., Quan, S. F., Rosen, C. L., Troester, M. M., & Wise, M. S. (2016). Recommended Amount of Sleep for Pediatric Populations: A Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 12(06), 785–786. <https://doi.org/10.5664/jcsm.5866>

Patel, S. R., & Hu, F. B. (2008). Short Sleep Duration and Weight Gain: A Systematic Review. *Obesity*, 16(3), 643–653. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.118>

Patke, A., Murphy, P. J., Onat, O. E., Krieger, A. C., Özçelik, T., Campbell, S. S., & Young, M. W. (2017). Mutation of the Human Circadian Clock Gene CRY1 in Familial Delayed Sleep Phase Disorder. *Cell*, 169(2), 203-215.e13. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.03.027>

Peixoto, C. A. T., da Silva, A. G. T., Carskadon, M. A., & Louzada, F. M. (2009). Adolescents living in homes without electric lighting have earlier sleep times. *Behavioral Sleep Medicine*, 7(2), 73–80. <https://doi.org/10.1080/15402000902762311>

Perkinson-Gloor, N., Lemola, S., & Grob, A. (2013). Sleep duration, positive attitude toward life, and academic achievement: The role of daytime tiredness, behavioral persistence, and school start times. *Journal of Adolescence*, 36(2), 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2012.11.008>

Perlow, M. J., Reppert, S. M., Boyar, R. M., & Klein, D. C. (1981). Daily Rhythms in Cortisol and Melatonin in Primate Cerebrospinal Fluid. *Neuroendocrinology*, 32(4), 193–196. <https://doi.org/10.1159/000123157>

Perrault, A. A., Bayer, L., Peuvrier, M., Afyouni, A., Ghisletta, P., Brockmann, C., Spiridon, M., Hulo Vesely, S., Haller, D. M., Pichon, S., Perrig, S., Schwartz, S., & Sterpenich, V. (2019). Reducing the use of screen electronic devices in the evening is associated with improved sleep and daytime vigilance in adolescents. *Sleep*, 42(zsz125). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz125>

Piggins, H. D. (2002). Human clock genes. *Annals of Medicine*, 34(5), 394–400. <https://doi.org/10.1080/078538902320772142>

Pilcher, J. J., Ginter, D. R., & Sadowsky, B. (1997). Sleep quality versus sleep quantity: Relationships between sleep and measures of health, well-being and sleepiness in college

students. *Journal of Psychosomatic Research*, 42(6), 583–596. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(97\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(97)00004-4)

Pintrich, P. R., Roeser, R. W., & de Groot, E. A. M. (1994). Classroom and Individual Differences in Early Adolescents' Motivation and Self-Regulated Learning. *The Journal of Early Adolescence*, 14(2), 139–161. <https://doi.org/10.1177/027243169401400204>

Porcheret, K., Wald, L., Fritschi, L., Gerkema, M., Gordijn, M., Merrow, M., Rajaratnam, S. M. W., Rock, D., Sletten, T. L., Warman, G., Wulff, K., Roenneberg, T., & Foster, R. G. (2018). Chronotype and environmental light exposure in a student population. *Chronobiology International*, 35(10), 1365–1374. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1482556>

Portaluppi, F., Smolensky, M. H., & Touitou, Y. (2010). Ethics and Methods for Biological Rhythm Research on Animals and Human Beings. *Chronobiology International*, 27(9–10), 1911–1929. <https://doi.org/10.3109/07420528.2010.516381>

Pradhan, R. K., & Sinha, N. (2017). Impact of commuting distance and school timing on sleep of school students. *Sleep and Biological Rhythms*, 15(2), 153–158. <https://doi.org/10.1007/s41105-017-0091-0>

Preckel, F., Lipnevich, A. A., Boehme, K., Brandner, L., Georgi, K., Könen, T., Mursin, K., & Roberts, R. D. (2013). Morningness-eveningness and educational outcomes: The lark has an advantage over the owl at high school. *British Journal of Educational Psychology*, 83(1), 114–134. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02059.x>

Preckel, F., Lipnevich, A. A., Schneider, S., & Roberts, R. D. (2011). Chronotype, cognitive abilities, and academic achievement: A meta-analytic investigation. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.07.003>

Rahafar, A., Randler, C., Vollmer, C., & Kasaeian, A. (2017). Prediction of school achievement through a multi-factorial approach – The unique role of chronotype. *Learning and Individual Differences*, 55, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.008>

Rakova, N., Jüttner, K., Dahlmann, A., Schröder, A., Linz, P., Kopp, C., Rauh, M., Goller, U., Beck, L., Agureev, A., Vassilieva, G., Lenkova, L., Johannes, B., Wabel, P., Moissl, U., Vienken, J., Gerzer, R., Eckardt, K.-U., Müller, D. N., ... Titze, J. (2013). Long-Term Space Flight Simulation Reveals Infradian Rhythmicity in Human Na⁺ Balance. *Cell Metabolism*, 17(1), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.11.013>

Ralph, M. R., Foster, R. G., Davis, F. C., & Menaker, M. (1990). Transplanted Suprachiasmatic Nucleus Determines Circadian Period. *Science*, 247(4945), 975–978. <https://doi.org/10.1126/science.2305266>

Randler, C. (2008a). Differences in Sleep and Circadian Preference between Eastern and Western German Adolescents. *Chronobiology International*, 25(4), 565–575. <https://doi.org/10.1080/07420520802257794>

Randler, C. (2008b). Morningness-Eveningness Comparison in Adolescents from Different Countries around the World. *Chronobiology International*, 25(6), 1017–1028. <https://doi.org/10.1080/07420520802551519>

Randler, C., Faßl, C., & Kalb, N. (2017). From Lark to Owl: Developmental changes in morningness-eveningness from new-borns to early adulthood. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/srep45874>

Range, B., Dougan, K., & Pijanowski, J. (2011). Rethinking Grade Retention and Academic Redshirting: Helping School Administrators Make Sense of What Works. *International Journal of Educational Leadership Preparation*, 6(2). <https://eric.ed.gov/?id=EJ973825>

Refinetti, R., & Menaker, M. (1992). The circadian rhythm of body temperature. *Physiology & Behavior*, 51(3), 613–637. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90188-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90188-8)

Reinberg, A., & Ashkenazi, I. (2008). Internal Desynchronization of Circadian Rhythms and Tolerance to Shift Work. *Chronobiology International*, 25(4), 625–643. <https://doi.org/10.1080/07420520802256101>

Reinberg, A., Motohashi, Y., Bourdeleau, P., Andlauer, P., Lévi, F., & Bicakova-Rocher, A. (1988). Alteration of period and amplitude of circadian rhythms in shift workers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57(1), 15–25. <https://doi.org/10.1007/BF00691232>

Reppert, S. M., & Weaver, D. R. (2002). Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, 418(6901), Article 6901. <https://doi.org/10.1038/nature00965>

Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., & Leone, M. J. (2022). School timingsThe Perfect Hurricane in Latin America: School Start Time, Chronotype, Sleep, and Academic Performance During Adolescence. In M. V. Alves, R. Ekuni, M. J. Hermida, & J. Valle-Lisboa (Eds.), *Cognitive Sciences and Education in Non-WEIRD Populations: A Latin American Perspective* (pp. 207–226). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06908-6_13

Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., Sigman, M., & Leone, M. J. (2022a). Chronotype at the beginning of secondary school and school timing are both associated with chronotype development during adolescence. *Scientific Reports*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11928-9>

Rodríguez Ferrante, G., Goldin, A. P., Sigman, M., & Leone, M. J. (2022b, November 28). *A better alignment between chronotype and school timing is associated with lower grade retention in adolescents*. <https://www.researchsquare.com>

Roenneberg, T. (2015). Having Trouble Typing? What on Earth Is Chronotype? *Journal of Biological Rhythms*, 30(6), 487–491. <https://doi.org/10.1177/0748730415603835>

Roenneberg, T., Allebrandt, K. V., Merrow, 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., Hut, R., Daan, S., & Merrow, M. (2010). Entrainment Concepts Revisited. *Journal of Biological Rhythms*, 25(5), 329–339. <https://doi.org/10.1177/0748730410379082>

Roenneberg, T., Keller, L. K., Fischer, D., Matera, J. L., Vetter, C., & Winnebeck, E. C. (2015). Chapter Twelve—Human Activity and Rest In Situ. In A. Sehgal (Ed.), *Methods in*

Enzymology (Vol. 552, pp. 257–283). Academic Press.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687914000937>

Roenneberg, T., Kuehnle, T., Juda, M., Kantermann, T., Allebrandt, K., Gordijn, M., & Merrow, M. (2007). Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Medicine Reviews*, 11(6), 429–438. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2007.07.005>

Roenneberg, T., Kuehnle, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A., & Merrow, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current Biology*, 14(24), R1038–R1039. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.11.039>

Roenneberg, T., Kumar, C. J., & Merrow, M. (2007). The human circadian clock entrains to sun time. *Current Biology*, 17(2), R44–R45. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.12.011>

Roenneberg, T., Pilz, L. K., Zerbini, G., & Winnebeck, E. C. (2019). Chronotype and Social Jetlag: A (Self-) Critical Review. *Biology*, 8(3), 54. <https://doi.org/10.3390/biology8030054>

Roenneberg, T., Winnebeck, E. C., & Klerman, E. B. (2019). Daylight Saving Time and Artificial Time Zones – A Battle Between Biological and Social Times. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00944>

Roenneberg, T., Wirz-Justice, A., & Merrow, 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, T., Wirz-Justice, A., Skene, D. J., Ancoli-Israel, S., Wright, K. P., Dijk, D.-J., Zee, P., Gorman, M. R., Winnebeck, E. C., & Klerman, E. B. (2019). Why Should We Abolish Daylight Saving Time? *Journal of Biological Rhythms*, 34(3), 227–230. <https://doi.org/10.1177/0748730419854197>

Roepke, S. E., & Duffy, J. F. (2010). Differential impact of chronotype on weekday and weekend sleep timing and duration. *Nature and Science of Sleep*, 2, 213–220. <https://doi.org/10.2147/NSS.S12572>

Roeser, K., Schlarb, A. A., & Kübler, A. (2013). The Chronotype-Academic Performance Model (CAM): Daytime sleepiness and learning motivation link chronotype and school performance in adolescents. *Personality and Individual Differences*, 54(7), 836–840. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2012.12.021>

Russo, P. M., Bruni, O., Lucidi, F., Ferri, R., & Violani, C. (2007). Sleep habits and circadian preference in Italian children and adolescents. *Journal of Sleep Research*, 16(2), 163–169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2007.00584.x>

Ryu, H., Joo, E. Y., Choi, S. J., & Suh, S. (2018). Validation of the Munich ChronoType Questionnaire in Korean Older Adults*. *Psychiatry Investigation*, 15(8), 775–782. <https://doi.org/10.30773/pi.2018.04.09>

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>

Sakamoto, K., & Ishida, N. (2000). Light-induced phase-shifts in the circadian expression rhythm of mammalian Period genes in the mouse heart. *European Journal of Neuroscience*, 12(11), 4003–4006. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2000.00302.x>

Santhi, N., Groeger, J. A., Archer, S. N., Gimenez, M., Schlangen, L. J. M., & Dijk, D.-J. (2013). Morning Sleep Inertia in Alertness and Performance: Effect of Cognitive Domain and White Light Conditions. *PLOS ONE*, 8(11), e79688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079688>

Santisteban, J. A., Brown, T. G., & Gruber, R. (2018, May 9). Association between the Munich Chronotype Questionnaire and Wrist Actigraphy [Research Article]. *Sleep Disorders*. <https://www.hindawi.com/journals/sd/2018/5646848/>

Saxvig, I. W., Pallesen, S., Sivertsen, B., Hysing, M., Evanger, L. N., & Bjorvatn, B. (2021). Sleep during COVID-19-related school lockdown, a longitudinal study among high school students. *Journal of Sleep Research*, n/a(n/a), e13499. <https://doi.org/10.1111/jsr.13499>

Scherrer, V., & Preckel, F. (2021). Circadian preference and academic achievement in school-aged students: A systematic review and a longitudinal investigation of reciprocal relations. *Chronobiology International*, 38(8), 1195–1214. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1921788>

Schlarb, A. A., Sopp, R., Ambiel, D., & Grünwald, J. (2014). Chronotype-related differences in childhood and adolescent aggression and antisocial behavior – A review of the literature. *Chronobiology International*, 31(1), 1–16. <https://doi.org/10.3109/07420528.2013.829846>

Schneider, A.-M., & Randler, C. (2009). Daytime sleepiness during transition into daylight saving time in adolescents: Are owls higher at risk? *Sleep Medicine*, 10(9), 1047–1050. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2008.08.009>

Short, M. A., & Louca, M. (2015). Sleep deprivation leads to mood deficits in healthy adolescents. *Sleep Medicine*, 16(8), 987–993. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.03.007>

Short, M., Gradisar, M., Lack, L., Wright, H., Dewald, J., Wolfson, A., & Carskadon, M. (2013). A CROSS-CULTURAL COMPARISON OF SLEEP DURATION BETWEEN U.S. AND AUSTRALIAN ADOLESCENTS: THE EFFECT OF SCHOOL START TIME, PARENT-SET BEDTIMES, AND EXTRA-CURRICULAR LOAD. *Health Education & Behavior: The Official Publication of the Society for Public Health Education*, 40(3), 323–330. <https://doi.org/10.1177/1090198112451266>

Simpkin, C. T., Jenni, O. G., Carskadon, M. A., Wright, K. P. J., Akacem, L. D., Garlo, K. G., & LeBourgeois, M. K. (2014). Chronotype is associated with the timing of the circadian clock and sleep in toddlers. *Journal of Sleep Research*, 23(4), 397–405. <https://doi.org/10.1111/jsr.12142>

Skeldon, A. C., & Dijk, D.-J. (2019). School start times and daylight saving time confuse California lawmakers. *Current Biology*, 29(8), R278–R279. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.03.014>

Skeldon, A. C., & Dijk, D.-J. (2021). Weekly and seasonal variation in the circadian melatonin rhythm in humans: Entrained to local clock time, social time, light exposure or sun time? *Journal of Pineal Research*, 71(1), e12746. <https://doi.org/10.1111/jpi.12746>

Skeldon, A. C., Phillips, A. J. K., & Dijk, D.-J. (2017). The effects of self-selected light-dark cycles and social constraints on human sleep and circadian timing: A modeling approach. *Scientific Reports*, 7(1), 45158. <https://doi.org/10.1038/srep45158>

Sousa, I. C., Souza, J. C., Louzada, F. M., & Azevedo, C. V. M. (2013). Changes in sleep habits and knowledge after an educational sleep program in 12th grade students. *Sleep and Biological Rhythms*, 11(3), 144–153. <https://doi.org/10.1111/sbr.12016>

Steptoe, A., Peacey, V., & Wardle, J. (2006). Sleep Duration and Health in Young Adults. *Archives of Internal Medicine*, 166(16), 1689–1692. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.16.1689>

Stothard, E. R., McHill, A. W., Depner, C. M., Birks, B. R., Moehlman, T. M., Ritchie, H. K., Guzzetti, J. R., Chinoy, E. D., LeBourgeois, M. K., Axelsson, J., & Wright, K. P. (2017). Circadian Entrainment to the Natural Light-Dark Cycle across Seasons and the Weekend. *Current Biology*, 27(4), 508–513. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.12.041>

Suh, S., Kim, S. H., Ryu, H., Choi, S. J., & Joo, E. Y. (2018). Validation of the Korean Munich Chronotype Questionnaire. *Sleep and Breathing*, 22(3), 773–779. <https://doi.org/10.1007/s11325-017-1609-z>

Tagaya, H., Uchiyama, M., Ohida, T., Kamei, Y., Shibui, K., Ozaki, A., Tan, X., Suzuki, H., Aritake, S., Li, L., & Takahashi, K. (2004). Sleep habits and factors associated with short sleep duration among Japanese high-school students: A community study. *Sleep and Biological Rhythms*, 2(1), 57–64. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2003.00079.x>

Talbot, L. S., McGlinchey, E. L., Kaplan, K. A., Dahl, R. E., & Harvey, A. G. (2010). Sleep deprivation in adolescents and adults: Changes in affect. *Emotion (Washington, D.C.)*, 10(6), 831–841. <https://doi.org/10.1037/a0020138>

Taylor, B. J., & Hasler, B. P. (2018). Chronotype and Mental Health: Recent Advances. *Current Psychiatry Reports*, 20(8), 59. <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0925-8>

Temkin, D. A., Princiotta, D., Ryberg, R., & Lewin, D. S. (2018). Later Start, Longer Sleep: Implications of Middle School Start Times. *The Journal of School Health*, 88(5), 370–378. <https://doi.org/10.1111/josh.12622>

Thacher, P. V., & Onyper, S. V. (2016). Longitudinal Outcomes of Start Time Delay on Sleep, Behavior, and Achievement in High School. *Sleep*, 39(2), 271–281. <https://doi.org/10.5665/sleep.5426>

Tingle, L. R., Schoeneberger, J., & Algozzine, B. (2012). Does Grade Retention Make a Difference? *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 85(5), 179–185. <https://doi.org/10.1080/00098655.2012.679325>

Tonetti, L., Fabbri, M., Filardi, M., Martoni, M., & Natale, V. (2015). Effects of sleep timing, sleep quality and sleep duration on school achievement in adolescents. *Sleep Medicine*, 16(8), Article 8. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.03.026>

Touitou, Y. (2013). Adolescent sleep misalignment: A chronic jet lag and a matter of public health. *Journal of Physiology-Paris*, 107(4), 323–326. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2013.03.008>

Tzischinsky, O., & Shochat, T. (2011). Eveningness, Sleep Patterns, Daytime Functioning, and Quality of Life in Israeli Adolescents. *Chronobiology International*, 28(4), 338–343. <https://doi.org/10.3109/07420528.2011.560698>

van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., Wolf, S., Cajochen, C., Bromundt, V., & Schmidt, C. (2015). Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light-Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>

van der Vinne, V., Zerbini, G., Siersema, A., Pieper, A., Merrow, M., Hut, R. A., Roenneberg, T., & Kantermann, T. (2015). Timing of Examinations Affects School Performance Differently in Early and Late Chronotypes. *Journal of Biological Rhythms*, 30(1), 53–60. <https://doi.org/10.1177/0748730414564786>

Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3). <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>

Vignau, J., Bailly, D., Duhamel, A., Vervaecke, P., Beuscart, R., & Collinet, C. (1997). Epidemiologic study of sleep quality and troubles in French secondary school adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 21(5), 343–350. [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(97\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(97)00109-2)

Vitale, J. A., Roveda, E., Montaruli, A., Galasso, L., Weydahl, A., Caumo, A., & Carandente, F. (2015). Chronotype influences activity circadian rhythm and sleep: Differences in sleep quality between weekdays and weekend. *Chronobiology International*, 32(3), 405–415. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.986273>

Vollmer, C., Jankowski, K. S., Díaz-Morales, J. F., Itzek-Greulich, H., Wüst-Ackermann, P., & Randler, C. (2017). Morningness–eveningness correlates with sleep time, quality, and hygiene in secondary school students: A multilevel analysis. *Sleep Medicine*, 30, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.09.022>

von Schantz, M., Taporoski, T. P., Horimoto, A. R. V. R., Duarte, N. E., Vallada, H., Krieger, J. E., Pedrazzoli, M., Negrão, A. B., & Pereira, A. C. (2015). Distribution and heritability of diurnal preference (chronotype) in a rural Brazilian family-based cohort, the Baependi study. *Scientific Reports*, 5(1), 9214. <https://doi.org/10.1038/srep09214>

Vorona, R. D., Szklo-Coxe, M., Wu, A., Dubik, M., Zhao, Y., & Ware, J. C. (2011). Dissimilar teen crash rates in two neighboring southeastern Virginia cities with different high school start times. *Journal of Clinical Sleep Medicine : JCSM : Official Publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 7(2), 145–151.

Wahlstrom, K. (1997). School start time study final report. Volume II: Analysis of the student survey data. *Minneapolis (MN): University of Minnesota*. <https://doi.org/10.1002/central/CN-01967862>

Wahlstrom, K. (2002). Changing Times: Findings From the First Longitudinal Study of Later High School Start Times. *NASSP Bulletin*, 86(633), 3–21. <https://doi.org/10.1177/019263650208663302>

Wahlstrom, K., Dretzke, B., Gordon, M., Peterson, K., Edwards, K., & Gdula, J. (2014). *Examining the Impact of Later High School Start Times on the Health and Academic Performance of High School Students: A Multi-Site Study* [Report]. <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/162769>

Wahlstrom, K. L., Berger, A. T., & Widome, R. (2017). Relationships between school start time, sleep duration, and adolescent behaviors. *Sleep Health*, 3(3), 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.03.002>

Wahlstrom, K. L., & Owens, J. A. (2017). School start time effects on adolescent learning and academic performance, emotional health and behaviour. *Current Opinion in Psychiatry*, 30(6), 485–490. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000368>

Wams, E. J., Woelders, T., Marring, I., van Rosmalen, L., Beersma, D. G. M., Gordijn, M. C. M., & Hut, R. A. (2017). Linking Light Exposure and Subsequent Sleep: A Field Polysomnography Study in Humans. *Sleep*, 40(12), zsx165. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsx165>

Wang, F., Zhang, L., Zhang, Y., Zhang, B., He, Y., Xie, S., Li, M., Miao, X., Chan, E. Y. Y., Tang, J. L., Wong, M. C. S., Li, Z., Yu, I. T. S., & Tse, L. A. (2014). Meta-analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome. *Obesity Reviews*, 15(9), 709–720. <https://doi.org/10.1111/obr.12194>

Waterhouse, J., Drust, B., Weinert, D., Edwards, B., Gregson, W., Atkinson, G., Kao, S., Aizawa, S., & Reilly, T. (2005). The Circadian Rhythm of Core Temperature: Origin and some Implications for Exercise Performance. *Chronobiology International*, 22(2), 207–225. <https://doi.org/10.1081/CBI-200053477>

Watson Nathaniel F., Martin Jennifer L., Wise Merrill S., Carden Kelly A., Kirsch Douglas B., Kristo David A., Malhotra Raman K., Olson Eric J., Ramar Kannan, Rosen Ilene M., Rowley James A., Weaver Terri E., & Chervin Ronald D. (2021). Delaying Middle School and High School Start Times Promotes Student Health and Performance: An American Academy of Sleep Medicine Position Statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 13(04), 623–625. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6558>

Wheaton, A. G., Chapman, D. P., & Croft, J. B. (2016). School Start Times, Sleep, Behavioral, Health, and Academic Outcomes: A Review of the Literature. *Journal of School Health*, 86(5), 363–381. <https://doi.org/10.1111/josh.12388>

Widome, R., Berger, A. T., Iber, C., Wahlstrom, K., Laska, M. N., Kilian, G., Redline, S., & Erickson, D. J. (2020). Association of Delaying School Start Time With Sleep Duration, Timing, and Quality Among Adolescents. *JAMA Pediatrics*, 174(7), 697–704. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.0344>

Wittmann, M., Dinich, J., Merrow, 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>

Wobbrock, J. O., Findlater, L., Gergle, D., & Higgins, J. J. (2011). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 143–146. <https://doi.org/10.1145/1978942.1978963>

Wolfson, A. R., Spaulding, N. L., Dandrow, C., & Baroni, E. M. (2007). Middle School Start Times: The Importance of a Good Night's Sleep for Young Adolescents. *Behavioral Sleep Medicine*, 5(3), 194–209. <https://doi.org/10.1080/15402000701263809>

Wong, P. M., Hasler, B. P., Kamarck, T. W., Muldoon, M. F., & Manuck, S. B. (2015). Social Jetlag, Chronotype, and Cardiometabolic Risk. *The Journal of Clinical Endocrinology & 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>

Wyatt, J. K., Cecco, A. R.-D., Czeisler, C. A., & Dijk, D.-J. (1999). Circadian temperature and melatonin rhythms, sleep, and neurobehavioral function in humans living on a 20-h day. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 277(4), R1152–R1163. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1999.277.4.R1152>

Yang, C.-K., Kim, J. K., Patel, S. R., & Lee, J.-H. (2005). Age-Related Changes in Sleep/Wake Patterns Among Korean Teenagers. *Pediatrics*, 115(Supplement 1), 250–256. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-0815G>

Yilmaz, K., Kilinçaslan, A., Aydin, N., & Kul, S. (2011). Understanding sleep habits and associated factors can help to improve sleep in high school adolescents. *The Turkish Journal of Pediatrics*, 53(4), 430–436.

Yip, T., Wang, Y., Xie, M., Ip, P. S., Fowle, J., & Buckhalt, J. (2022). School Start Times, Sleep, and Youth Outcomes: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 149(6), e2021054068. <https://doi.org/10.1542/peds.2021-054068>

Zanello, S. B., Jackson, D. M., & Holick, M. F. (2000). Expression of the Circadian Clock Genes clock and period1 in Human Skin. *Journal of Investigative Dermatology*, 115(4), 757–760. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1747.2000.00121.x>

Zavada, A., Gordijn, M. C. M., Beersma, D. G. M., Daan, S., & Roenneberg, T. (2005). Comparison of the Munich Chronotype Questionnaire with the Horne-Östberg's Morningness-Eveningness score. *Chronobiology International*, 22(2), 267–278. <https://doi.org/10.1081/CBI-200053536>

Zerbini, G., & Merrow, M. (2017). Time to learn: How chronotype impacts education. *PsyCh Journal*, 6(4), 263–276. <https://doi.org/10.1002/pchj.178>

Zerbini, G., Merrow, M., & Winnebeck, E. C. (2022). Weekly and seasonal variation in the circadian melatonin rhythm in humans: A response. *Journal of Pineal Research*, 72(1), e12777. <https://doi.org/10.1111/jpi.12777>

Zerbini, G., van der Vinne, V., Otto, L. K. M., Kantermann, T., Krijnen, W. P., Roenneberg, T., & Merrow, M. (2017). Lower school performance in late chronotypes: Underlying factors and mechanisms. *Scientific Reports*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04076-y>

Zerbini, G., Winnebeck, E. C., & Merrow, M. (2021). Weekly, seasonal, and chronotype-dependent variation of dim-light melatonin onset. *Journal of Pineal Research*, 70(3), e12723. <https://doi.org/10.1111/jpi.12723>

Zhou, H.-Q., Shi, W.-B., Wang, X.-F., Yao, M., Cheng, G.-Y., Chen, P.-Y., & Li, D.-G. (2012). An epidemiological study of sleep quality in adolescents in South China: A school-based study. *Child: Care, Health and Development*, 38(4), 581–587. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01300.x>

Apéndice A

Tabla A1. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MSFsc. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	52.077	1	41.921	<0.0001	0.141	[0.081 to 0.207]
Turno	73.783	2	29.697	<0.0001	0.188	[0.119 to 0.256]
Año escolar:Turno	29.968	2	12.062	<0.0001	0.086	[0.036 to 0.142]

Tabla A2. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MSFsc. N=259.

	Beta	t	p
0 Intercept	5.762	40.648	<0.0001
1 5to año	-0.292	-0.176	0.860
2 Tarde	0.361	1.809	0.071
3 Noche	0.790	3.748	<0.001
4 5to año:Tarde	1.047	4.505	<0.0001
5 5to año:Noche	0.952	3.872	<0.001

Tabla A3. Comparaciones post-hoc para el MSFsc. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando $p < .006$ ($p < .05$, corregido por Bonferroni). N=259.

Año	Turno		t	p	Cohen's d	95% CI
	(1)	(2)				
1er año	Mañana	Tarde	-1.809	0.641	-0.324	[-0.676 to 0.029]
1er año	Mañana	Noche	-3.748	0.002	-0.709	[-1.083 to -0.335]
1er año	Tarde	Noche	-2.048	0.370	-0.386	[-0.756 to -0.015]
5to año	Mañana	Tarde	-7.060	<0.0001	-1.263	[-1.623 to -0.903]
5to año	Mañana	Noche	-8.260	<0.0001	-1.563	[-1.947 to -1.179]
5to año	Tarde	Noche	-1.593	1	-0.300	[-0.671 to 0.070]

Turno	Año					
	(1)	(2)				
Mañana	1er año	5to año	0.176	1	0.026	[-0.265 to 0.317]
Tarde	1er año	5to año	-6.228	<0.0001	-0.913	[-1.207 to -0.620]
Noche	1er año	5to año	-5.069	<0.0001	-0.828	[-1.153 to -0.503]

Tabla A4. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MSF. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	84.679	1	76.943	<0.0001	0.231	[0.161 to 0.302]
Turno	5.798	2	2.634	0.074	0.02	[0.000 to 0.053]
Año escolar:Turno	20.572	2	9.347	<0.0001	0.068	[0.024 to 0.120]

Tabla A5. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MSF. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	6.676	46.645	<0.0001
1	5to año	0.256	1.643	0.102
2	Tarde	-0.207	-1.029	0.304
3	Noche	-0.010	-0.047	0.962
4	5to año:Tarde	0.832	3.802	<0.0002
5	5to año:Noche	0.839	3.625	<0.0004

Tabla A6. Comparaciones post-hoc para el MSF. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando p<.006 (p<.05, corregido por Bonferroni). N=259.

Año escolar	Turno		t	df	p	Cohen's d	95% CI
	(1)	(2)					
1er año	Mañana	Tarde	1.029	1	0.197	[-0.180 to 0.575]	
1er año	Mañana	Noche	0.047	1	0.010	[-0.389 to 0.409]	
1er año	Tarde	Noche	-0.930	1	-0.188	[-0.585 to 0.209]	
5to año	Mañana	Tarde	-3.103	0.018	-0.595	[-0.974 to -0.216]	
5to año	Mañana	Noche	-3.892	0.001	-0.790	[-1.192 to -0.388]	
5to año	Tarde	Noche	-0.963	1	-0.195	[-0.592 to 0.203]	

Turno	Año					
	(1)	(2)				
Mañana	1er año	5to año	-1.643	1	-0.244	[-0.535 to 0.048]
Tarde	1er año	5to año	-7.068	<0.0001	-1.036	[-1.332 to -0.741]
Noche	1er año	5to año	-6.388	<0.0001	-1.043	[-1.370 to -0.716]

Tabla A7. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MEQ. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	2060.252	1	67.052	<0.0001	0.208	[0.139 to 0.278]
Turno	97.834	2	1.592	0.256	0.012	[0.000 to 0.039]
Año escolar:Turno	82.680	2	1.345	0.262	0.010	[0.000 to 0.023]

Tabla A8. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el MEQ. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	45.22	57.578	<0.0001
1	5to año	-4.220	-5.135	<0.0001
2	Tarde	-1.994	-1.805	0.072
3	Noche	-1.286	-1.101	0.272
4	5to año:Tarde	1.284	-1.111	0.268
5	5to año:Noche	-0.647	-0.529	0.597

Tabla A9. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el MSF y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	372.709	1	1718.267	<0.0001	0.771	[0.690 to 0.796]
MSFsc:Año escolar	8.673	1	39.985	<0.0001	0.128	[0.073 to 0.191]
MSFsc:Turno	23.122	2	53.299	<0.0001	0.273	[0.202 to 0.339]
MSFsc:Año escolar:Turno	0.460	2	1.061	0.348	0.008	[0.000 to 0.030]

Tabla A10. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el MSF y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259

		Beta	t	p
0	Intercept	1.277	10.189	<0.0001
1	MSFsc	0.939	41.452	<0.0001
2	MSFsc:5to año	0.048	4.086	<0.0001
3	MSFsc:Tarde	-0.089	-6.229	<0.0001
4	MSFsc:Noche	-0.119	-8.049	<0.0001
5	MSFsc:5to año:Tarde	-0.020	-1.248	0.213
6	MSFsc:5to año:Noche	-0.001	-0.091	0.928

Tabla A11. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el MEQ y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	2155.569	1	77.400	<0.0001	0.132	[0.090 to 0.178]
MSFsc:Año escolar	714.634	1	25.660	<0.0001	0.087	[0.040 to 0.144]
MSFsc:Turno	107.634	2	1.932	0.147	0.014	[0.000 to 0.040]
MSFsc:Año escolar:Turno	356.015	2	6.392	0.002	0.047	[0.011 to 0.091]

Tabla A12. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el MEQ y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259

	Beta	t	p
0	Intercept	57.818	<0.0001
1	MSFsc	-2.231	<0.0001
2	MSFsc:5to año	-0.691	<0.0001
3	MSFsc:Tarde	-0.154	0.337
4	MSFsc:Noche	0.107	0.516
5	MSFsc:5to año:Tarde	0.640	<0.001
6	MSFsc:5to año:Noche	0.318	0.084

Tabla A13. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el SJL. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	0.187	1	0.194	0.660	0.001	[0.000 to 0.016]
Turno	188.655	2	97.691	<0.0001	0.433	[0.360 to 0.496]
Año escolar:Turno	4.418	2	2.288	0.104	0.018	[0.000 to 0.048]

Tabla A14. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan el SJL. N=259.

		Beta	95% CI	t	p
0	Intercept	3.696	[3.467 to 3.926]	31.433	<0.0001
1	5to año	-0.293	[-0.578 to -0.008]	-2.013	0.045
2	Tarde	-1.532	[-1.855 to -1.209]	-9.261	<0.0001
3	Noche	-2.018	[-2.359 to -1.676]	-11.534	<0.0001
4	5to año:Tarde	0.331	[-0.069 to 0.732]	1.617	0.107
5	5to año:Noche	0.434	[0.010 to 0.858]	2.002	0.046

Tabla A15. Comparaciones post-hoc para el SJL. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando p<.017 (p<.05, corregido por Bonferroni). N=259.

Turno		t	df	p	Cohen's d	95% CI
(1)	(2)					
Mañana	Tarde	10.520	256	<0.0001	1.390	[1.116 to 1.664]
Mañana	Noche	13.112	256	<0.0001	1.833	[1.535 to 2.130]
Tarde	Noche	3.182	256	0.005	0.443	[0.167 to 0.718]

Tabla A16. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la duración de sueño. N=259

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	53.521	1	35.032	<0.0001	0.044	[0.023 to 0.070]
Turno	97.957	2	32.059	<0.0001	0.200	[0.130 to 0.313]
Tipo de día	599.281	1	392.264	<0.0001	0.338	[0.276 to 0.379]
Año escolar:Turno	6.104	2	1.998	0.1363	0.005	[0.000 to 0.015]
Año:Tipo de día	15.456	1	10.117	0.0016	0.013	[0.003 to 0.029]
Turno:Tipo de día	275.489	2	90.161	<0.0001	0.190	[0.150 to 0.230]
Año:Turno:Tipo de día	4.180	2	1.368	0.2552	0.004	[0.000 to 0.012]

Tabla A17. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la duración de sueño. N=259.

		Beta	95% CI	t	p
0	Intercept	9.231	[8.954 to 9.509]	64.801	<0.0001
1	5to año	-0.086	[-0.444 to 0.271]	-0.471	0.638
2	Tarde	0.169	[-0.222 to 0.560]	0.842	0.400
3	Noche	-0.386	[-0.800 to 0.027]	-1.823	0.069
4	Día hábiles	-2.560	[-2.917 to -2.202]	-13.969	<0.0001
5	5to año:Tarde	-0.450	[0.953 to 0.052]	-1.748	0.081
6	5to año:Noche	0.075	[-0.456 to 0.607]	0.276	0.782
7	5to año:Día hábiles	-0.797	[-1.303 to -0.292]	-3.077	0.002
8	Tarde:Día hábiles	1.590	[1.087 to 2.092]	6.167	<0.0001
9	Día hábiles:Día hábiles	2.241	[1.709 to 2.773]	8.221	<0.0001
10	5to año:Tarde:Día hábiles	0.603	[-0.108 to 1.313]	1.654	0.099
11	5to año:Noche:Día hábiles	0.316	[-0.436 to 1.069]	0.821	0.412

Tabla A18. Comparaciones post-hoc para la duración de sueño. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando $p < .0038$ ($p < .05$, corregido por Bonferroni). N=259.

		Turno		t	df	p	Cohen's d	95% CI	
Tipo de día		(1)	(2)						
Días libre	Mañana	Tarde	0.368	555	1	0.046	[-0.198 to 0.290]		
Días libre	Mañana	Noche	2.149	555	0.417	0.282	[0.024 to 0.540]		
Días libre	Tarde	Noche	1.809	555	0.922	0.236	[-0.020 to 0.493]		
Días hábiles	Mañana	Tarde	-11.956	555	<0.0001	-1.484	[-1.736 to -1.232]		
Días hábiles	Mañana	Noche	-12.635	555	<0.0001	-1.659	[-1.927 to -1.391]		
Días hábiles	Tarde	Noche	-1.337	555	1	-0.175	[-0.432 to 0.082]		
		Edad							
Tipo de día		(1)	(2)						
Días libre	1st year	5to año	1.936	768	0.692	0.171	[-0.002 to 0.344]		
Días hábiles	1st year	5to año	6.434				[0.393 to 0.743]		
		Day of the week							
Turno		(1)	(2)						
Mañana	Días libre	Días hábiles	22.832	768	<0.0001	2.393	[2.163 to 2.624]		
Tarde	Días libre	Días hábiles	8.327				[0.656 to 1.071]		
Noche	Días libre	Días hábiles	3.917	768	0.001	0.452	[0.225 to 0.680]		
		Day of the week							
Edad		(1)	(2)						
1st year	Días libre	Días hábiles	11.756	768	<0.0001	1.038	[0.859 to 1.217]		
5to año	Días libre	Días hábiles	16.254				[1.251 to 1.619]		

Tabla A19. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la duración de sueño total. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η ²	90% CI
Año escolar	8.575	1	4.173	0.041	0.006	[0.000 to 0.018]
Turno	40.475	2	9.848	<0.0001	0.073	[0.026 to 0.126]
Tipo de día	482.981	1	235.014	<0.0001	0.238	[0.196 to 0.280]
Año escolar:Turno	2.612	2	0.636	0.530	0.002	[0.000 to 0.008]
Año:Tipo de día	10.028	1	4.880	0.028	0.006	[0.000 to 0.019]
Turno:Tipo de día	136.096	2	33.112	<0.0001	0.081	[0.051 to 0.112]
Año:Turno:Tipo de día	5.643	2	1.373	0.254	0.004	[0.000 to 0.012]

Tabla A20. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la duración de sueño total. N=259.

	Beta	95% CI	t	p
0 Intercept	9.569	[9.239 to 9.899]	56.574	<0.0001
1 5to año	0.153	[-0.266 to 0.572]	0.711	0.477
2 Tarde	0.258	[-0.206 to 0.722]	1.086	0.278
3 Noche	-0.386	[-0.876 to 0.103]	-1.539	0.124
4 Días hábiles	-2.080	[-2.499 to -1.661]	-9.680	<0.0001
5 5to año:Tarde	-0.484	[-1.074 to 0.105]	-1.603	0.109
6 5to año:Noche	0.071	[-0.551 to 0.693]	0.223	0.824
7 5to año:Día hábiles	-0.593	[-1.186 to -0.000]	-1.951	0.051
8 Tarde:Día hábiles	0.900	[0.310 to 1.490]	2.978	0.003
9 Día hábiles:Día hábiles	1.785	[1.162 to 2.407]	5.595	<0.0001
10 5to año:Tarde:Día hábiles	0.609	[-0.225 to 1.443]	1.425	0.155
11 5to año:Noche:Día hábiles	-0.273	[-0.907 to 0.853]	-0.061	0.952

Tabla A21. Comparaciones post-hoc para la duración de sueño total. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando $p < .0038$ ($p < .05$, corregido por Bonferroni). N=259.

Tipo de día	Turno		t	df	p	Cohen's d	95% CI
	(1)	(2)					
Días libre	Mañana	Tarde	-0.088	555	1	-0.011	[-0.263 to 0.240]
Días libre	Mañana	Noche	1.810	555	0.921	0.245	[-0.021 to 0.511]
Días libre	Tarde	Noche	1.903	555	0.749	0.256	[-0.009 to 0.521]
Días hábiles	Mañana	Tarde	-6.645	555	<0.0001	-0.852	[-1.106 to -0.597]
Días hábiles	Mañana	Noche	-7.325	555	<0.0001	-0.991	[-1.260 to -0.721]
Días hábiles	Tarde	Noche	-1.033	555	1	-0.139	[-0.403 to 0.125]
Tipo de día	Edad						
	(1)	(2)					
Días libre	1st year	5to año	-0.118	768	1	-0.011	[-0.185 to 0.164]
Días hábiles	1st year	5to año	3.006	768	0.036	0.268	[0.093 to 0.443]
Turno	Tipo de día						
	(1)	(2)					
Mañana	Días libre	Días hábiles	15.641	768	<0.0001	1.658	[1.437 to 1.878]
Tarde	Días libre	Días hábiles	7.800	768	<0.0001	0.818	[0.609 to 1.027]
Noche	Días libre	Días hábiles	3.635	768	0.004	0.423	[0.193 to 0.652]
Año escolar	Tipo de día						
	(1)	(2)					
1st year	Días libre	Días hábiles	9.278	768	<0.0001	0.827	[0.648 to 1.006]
5to año	Días libre	Días hábiles	12.402	768	<0.0001	1.105	[0.923 to 1.287]

Tabla A22. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la hora de dormir. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	288.235	1	270.886	<0.0001	0.261	[0.219 to 0.302]
Turno	37.479	2	17.612	<0.0001	0.121	[0.062 to 0.182]
Tipo de día	767.878	1	721.659	<0.0001	0.484	[0.446 to 0.520]
Año escolar:Turno	26.134	2	12.281	<0.0001	0.031	[0.013 to 0.053]
Año:Tipo de día	5.160	1	4.849	0.028	0.006	[0.0003 to 0.019]
Turno:Tipo de día	16.186	2	7.606	0.001	0.020	[0.006 to 0.037]
Año:Turno:Tipo de día	5.592	2	2.628	0.073	0.006	[0.000 to 0.018]

Tabla A23. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la hora de dormir. N=259.

	Beta	95% CI	t	p
0 Intercept	2.061	[1.793 to 2.329]	15.012	<0.0001
1 5to año	0.299	[0.0003 to 0.597]	1.953	0.051
2 Tarde	-0.292	[-0.668 to 0.085]	-1.509	0.132
3 Noche	0.183	[-0.215 to 0.582]	0.897	0.370
4 Día hábiles	-2.417	[-2.715 to -2.118]	-15.802	<0.0001
5 5to año:Tarde	1.057	[0.637 to 1.477]	4.914	<0.0001
6 5to año:Noche	0.801	[0.357 to 1.245]	3.521	<0.001
7 5to año:Día hábiles	0.692	[0.270 to 1.114]	3.199	0.001
8 Tarde:Día hábiles	0.737	[0.317 to 1.157]	3.426	<0.001
9 Día hábiles:Día hábiles	0.897	[0.454 to 1.341]	3.944	<0.0001
10 5to año:Tarde:Día hábiles	-0.633	[-1.226 to -0.039]	-2.080	0.038
11 5to año:Noche:Día hábiles	-0.592	[-1.220 to 0.036]	-1.840	0.066

Tabla A24. Comparaciones post-hoc para la hora de dormir. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando $p < .0021$ ($p < .05$, corregido por Bonferroni). N=259.

Tipo de día	Turno		Cohen's				
	(1)	(2)	t	df	p	d	95% CI
Días libre	Mañana	Tarde	1.509	715	1.000	0.283	[-0.085 to 0.650]
Días libre	Mañana	Noche	-0.897	715	1.000	-0.178	[-0.566 to 0.211]
Días libre	Tarde	Noche	-2.335	715	0.475	-0.460	[-0.847 to -0.073]
Días libre	Mañana	Tarde	-3.965	715	0.002	-0.742	[-1.111 to -0.373]
Días libre	Mañana	Noche	-4.819	715	<0.0001	-0.954	[-1.345 to -0.563]
Días libre	Tarde	Noche	-1.076	715	1.000	-0.212	[-0.599 to 0.175]
Días hábiles	Mañana	Tarde	-2.307	715	0.512	-0.432	[-0.800 to -0.064]
Días hábiles	Mañana	Noche	-5.291	715	<0.0001	-1.048	[-1.437 to -0.659]
Días hábiles	Tarde	Noche	-3.125	715	0.044	-0.616	[-1.003 to -0.228]
Días hábiles	Mañana	Tarde	-4.504	715	<0.0001	-0.843	[-1.212 to -0.474]
Días hábiles	Mañana	Noche	-6.314	715	<0.0001	-1.250	[-1.643 to -0.858]
Días hábiles	Tarde	Noche	-2.066	715	0.941	-0.407	[-0.794 to -0.020]
Tipo de día	Edad						
	(1)	(2)					
Días libre	1st year	5to año	-1.953	768	1.000	-0.290	[-0.581 to 0.002]
Días hábiles	1st year	5to año	-6.478	768	<0.0001	-0.960	[-1.252 to -0.669]
Días libre	1st year	5to año	-8.962	768	<0.0001	-1.314	[-1.608 to -1.021]
Días hábiles	1st year	5to año	-9.353	768	<0.0001	-1.372	[-1.666 to -1.078]
Días libre	1st year	5to año	-6.529	768	<0.0001	-1.066	[-1.390 to -0.742]
Días hábiles	1st year	5to año	-7.121	768	<0.0001	-1.163	[-1.487 to -0.838]
Turno	Tipo de día						
	(1)	(2)					
Mañana	Días libre	Días hábiles	15.802	768	<0.0001	2.3426	[2.043 to 2.642]
Tarde	Días libre	Días hábiles	11.103	768	<0.0001	1.6282	[1.332 to 1.925]
Noche	Días libre	Días hábiles	9.018	768	<0.0001	1.4727	[1.146 to 1.800]
Mañana	Días libre	Días hábiles	11.277	768	<0.0001	1.6718	[1.372 to 1.972]
Tarde	Días libre	Días hábiles	10.712	768	<0.0001	1.5709	[1.275 to 1.867]
Noche	Días libre	Días hábiles	8.426	768	<0.0001	1.3760	[1.050 to 1.702]

Tabla A25. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la hora de despertar. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Año escolar	93.349	1	72.768	<0.0001	0.087	[0.057 to 0.119]
Turno	204.209	2	79.594	<0.0001	0.383	[0.308 to 0.449]
Tipo de día	2723.885	1	2123.348	<0.0001	0.734	[0.712 to 0.755]
Año escolar:Turno	26.389	2	10.285	<0.0001	0.026	[0.010 to 0.046]
Año:Tipo de día	2.755	1	2.148	0.143	0.003	[0.000 to 0.012]
Turno:Tipo de día	424.621	2	165.502	<0.0001	0.301	[0.258 to 0.342]
Año:Turno:Tipo de día	0.915	2	0.357	0.700	0.001	[0.000 to 0.006]

Tabla A26. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el turno y la edad modulan la hora de despertar. N=259.

		Beta	95% CI	t	p
0	Intercept	11.292	[11.014 to 11.570]	79.111	<0.0001
1	5to año	0.212	[-0.115 to 0.540]	1.265	0.206
2	Tarde	-0.123	[-0.514 to 0.269]	-0.611	0.541
3	Noche	-0.203	[-0.618 to 0.211]	-0.957	0.339
4	Día hábiles	-4.976	[-5.303 to -4.649]	-29.636	<0.0001
5	5to año:Tarde	0.607	[0.146 to 1.067]	2.568	0.01
6	5to año:Noche	0.876	[0.389 to 1.364]	3.508	<0.001
7	5to año:Día hábiles	-0.105	[-0.569 to 0.358]	-0.443	0.658
8	Tarde:Día hábiles	2.327	[1.866 to 2.787]	9.851	<0.0001
9	Día hábiles:Día hábiles	3.138	[2.651 to 3.626]	12.563	<0.0001
10	5to año:Tarde:Día hábiles	-0.03	[-0.682 to 0.622]	-0.09	0.928
11	5to año:Noche:Día hábiles	-0.276	[-0.965 to 0.413]	-0.781	0.435

Tabla A27. Comparaciones post-hoc para la hora de despertar. Las comparaciones post-hoc por pares [(1) - (2)] fueron consideradas significativas cuando $p < .0021$ ($p < .05$, corregido por Bonferroni). N=259.

Año escolar	Tipo de día	Turno		t	df	p	Cohen's d	95% CI
		(1)	(2)					
1er año	Días libre	Mañana	Tarde	0.611	797	1	0.108	[-0.240 to 0.456]
1er año	Días libre	Mañana	Noche	0.957	797	1	0.179	[-0.189 to 0.548]
1er año	Días libre	Tarde	Noche	0.381	797	1	0.071	[-0.295 to 0.437]
5to año	Días libre	Mañana	Tarde	-2.410	797	0.389	-0.427	[-0.776 to -0.079]
5to año	Días libre	Mañana	Noche	-3.170	797	0.038	-0.594	[-0.963 to -0.225]
5to año	Días libre	Tarde	Noche	-0.896	797	1	-0.167	[-0.534 to 0.199]
1er año	Días hábiles	Mañana	Tarde	-10.977	797	<0.0001	-1.946	[-2.304 to -1.588]
1er año	Días hábiles	Mañana	Noche	-13.822	797	<0.0001	-2.591	[-2.976 to -2.207]
1er año	Días hábiles	Tarde	Noche	-3.461	797	0.014	-0.646	[-1.013 to -0.278]
5to año	Días hábiles	Mañana	Tarde	-13.848	797	<0.0001	-2.455	[-2.819 to -2.091]
5to año	Días hábiles	Mañana	Noche	-16.651	797	<0.0001	-3.122	[-3.514 to -2.730]
5to año	Días hábiles	Tarde	Noche	-3.575	797	0.009	-0.667	[-1.034 to -0.300]

Turno	Tipo de día	Edad						
		(1)	(2)					
Mañana	Días libre	1st year	5to año	-1.2653	768	1	-0.188	[-0.479 to 0.104]
Mañana	Días hábiles	1st year	5to año	-0.6381	768	1	-0.095	[-0.386 to 0.196]
Tarde	Días libre	1st year	5to año	-4.9309	768	<0.0001	-0.723	[-1.013 to -0.434]
Tarde	Días hábiles	1st year	5to año	-4.1163	768	0.0010	-0.604	[-0.893 to -0.315]
Noche	Días libre	1st year	5to año	-5.8873	768	<0.0001	-0.961	[-1.285 to -0.638]
Noche	Días hábiles	1st year	5to año	-3.8267	768	0.0034	-0.625	[-0.947 to -0.303]

Año escolar	Turno	Tipo de día						
		(1)	(2)					
1er año	Mañana	Días libre	Días hábiles	29.636	768	<0.0001	4.3935	[4.046 to 4.741]
1er año	Tarde	Días libre	Días hábiles	15.953	768	<0.0001	2.3394	[2.034 to 2.645]
1er año	Noche	Días libre	Días hábiles	9.936	768	<0.0001	1.6226	[1.294 to 1.951]
5to año	Mañana	Días libre	Días hábiles	30.263	768	<0.0001	4.4865	[4.136 to 4.837]
5to año	Tarde	Días libre	Días hábiles	16.767	768	<0.0001	2.4589	[2.152 to 2.766]
5to año	Noche	Días libre	Días hábiles	11.997	768	<0.0001	1.9591	[1.627 to 2.291]

Tabla A28. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el SJL y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	356.679	1	735.062	<0.0001	0.592	[0.551 to 0.629]
MSFsc:Año escolar	13.147	1	27.093	<0.0001	0.089	[0.004 to 0.146]
MSFsc:Turno	367.777	2	378.966	<0.0001	0.730	[0.690 to 0.763]
MSFsc:Año escolar:Turno	1.394	2	1.437	0.240	0.011	[0.000 to 0.035]

Tabla A29. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el SJL y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	-1.075	-6.407	<0.0001
1	MSFsc	0.826	27.112	<0.0001
2	MSFsc:5to año	-0.043	-2.439	0.154
3	MSFsc:Tarde	-0.296	-15.738	<0.0001
4	MSFsc:Noche	-0.405	-20.904	<0.0001
5	MSFsc:5to año:Tarde	-0.029	-1.212	0.227
6	MSFsc:5to año:Noche	0.007	0.289	0.773

Tabla A30. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el SDw y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	1.054	1	0.916	0.339	0.002	[0.000 to 0.013]
MSFsc:Año escolar	78.366	1	68.043	<0.0001	0.198	[0.133 to 0.266]
MSFsc:Turno	229.361	2	99.574	<0.0001	0.413	[0.343 to 0.474]
MSFsc:Año escolar:Turno	1.318	2	0.572	0.565	0.004	[0.000 to 0.021]

Tabla A31. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el SDw y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	6.864	24.935	<0.0001
1	MSFsc	-0.048	-0.957	0.339
2	MSFsc:5to año	-0.142	-5.233	<0.0001
3	MSFsc:Tarde	0.295	9.491	<0.0001
4	MSFsc:Noche	0.313	9.781	<0.0001
5	MSFsc:5to año:Tarde	0.018	0.484	0.629
6	MSFsc:5to año:Noche	0.039	1.060	0.290

Tabla A32. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de dormir en días hábiles y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	9.064	1	10.776	0.001	0.021	[0.005 to 0.046]
MSFsc:Año escolar	120.353	1	143.082	<0.0001	0.345	[0.273 to 0.412]
MSFsc:Turno	23.303	2	13.852	<0.0001	0.090	[0.041 to 0.144]
MSFsc:Año escolar:Turno	0.986	2	0.586	0.557	0.004	[0.000 to 0.021]

Tabla A33. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de dormir en días hábiles y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	-1.095	-4.670	<0.0001
1	MSFsc	0.139	3.283	0.001
2	MSFsc:5to año	0.162	6.981	<0.0001
3	MSFsc:Tarde	0.059	2.223	0.027
4	MSFsc:Noche	0.130	4.765	<0.0001
5	MSFsc:5to año:Tarde	0.0002	-0.005	0.996
6	MSFsc:5to año:Noche	0.028	-0.894	0.372

Tabla A34. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de despertar en días hábiles y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	4.669	1	8.226	0.004	0.016	[0.003 to 0.039]
MSFsc:Año escolar	4.388	1	7.729	0.006	0.027	[0.005 to 0.067]
MSFsc:Turno	447.620	2	394.282	<0.0001	0.738	[0.699 to 0.770]
MSFsc:Año escolar:Turno	0.248	2	0.219	0.804	0.002	[0.000 to 0.011]

Tabla A35. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de despertar en días hábiles y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	5.746	31.244	<0.0001
1	MSFsc	0.096	2.868	0.004
2	MSFsc:5to año	0.020	1.047	0.296
3	MSFsc:Tarde	0.354	17.129	<0.0001
4	MSFsc:Noche	0.442	20.788	<0.0001
5	MSFsc:5to año:Tarde	0.017	0.661	0.509
6	MSFsc:5to año:Noche	0.010	0.394	0.694

Tabla A36. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo el SDf y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	19.287	1	14.532	0.0002	0.028	[0.009 to 0.055]
MSFsc:Año escolar	0.477	1	0.359	0.549	0.001	[0.000 to 0.018]
MSFsc:Turno	1.948	2	0.734	0.481	0.005	[0.000 to 0.023]
MSFsc:Año escolar:Turno	5.289	2	1.993	0.138	0.015	[0.000 to 0.043]

Tabla A37. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo el SDf y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

		Beta	t	p
0	Intercept	10.359	35.046	<0.0001
1	MSFsc	-0.204	-3.812	0.0002
2	MSFsc:5to año	-0.008	-0.277	0.782
3	MSFsc:Tarde	0.043	1.295	0.196
4	MSFsc:Noche	-0.021	-0.621	0.535
5	MSFsc:5to año:Tarde	-0.039	-0.993	0.321
6	MSFsc:5to año:Noche	0.034	0.861	0.389

Tabla A38. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de dormir en días libres y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	530.482	1	2484.754	<0.0001	0.830	[0.811 to 0.846]
MSFsc:Año escolar	10.637	1	49.825	<0.0001	0.153	[0.093 to 0.218]
MSFsc:Turno	32.335	2	75.728	<0.0001	0.349	[0.277 to 0.414]
MSFsc:Año escolar:Turno	0.416	2	0.974	0.379	0.007	[0.000 to 0.028]

Tabla A39. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de dormir en días libres y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Beta	t	p
Intercept	-3.933	-33.960	<0.0001
MSFsc	1.046	49.847	<0.0001
MSFsc:5to año	0.052	4.427	<0.0001
MSFsc:Tarde	-0.112	-8.561	<0.0001
MSFsc:Noche	-0.109	-8.096	<0.0001
MSFsc:5to año:Tarde	-0.001	-0.042	0.967
MSFsc:5to año:Noche	-0.019	-1.172	0.242

Tabla A40. ANOVA del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de despertar en días libres y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	306.048	1	346.276	<0.0001	0.404	[0.353 to 0.452]
MSFsc:Año escolar	6.805	1	7.700	0.006	0.027	[0.004 to 0.067]
MSFsc:Turno	23.596	2	13.349	<0.0001	0.086	[0.038 to 0.139]
MSFsc:Año escolar:Turno	3.153	2	1.783	0.170	0.013	[0.000 to 0.041]

Tabla A41. Resumen de los resultados del modelo lineal mixto estudiando cómo la hora de despertar en días libres y el MSFsc correlacionan y si esa correlación es modulada por el turno y la edad. N=259.

	Beta	t	p
Intercept	6.461	26.000	<0.0001
MSFsc	0.836	18.608	<0.0001
MSFsc:5to año	0.044	1.851	0.065
MSFsc:Tarde	-0.068	-2.393	0.017
MSFsc:Noche	-0.123	-4.438	<0.0001
MSFsc:5to año:Tarde	-0.039	-1.221	0.223
MSFsc:5to año:Noche	0.016	0.492	0.623

Tabla A42. ANOVA del modelo lineal estudiando si el ΔCronotipo (MSFsc 5^{to} año - MSFsc 1^{er} año) depende del turno escolar, el cronotipo basal y/o la interacción de ambos.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Turno	59.935	2	19.678	<0.0001	0.135	[0.073-0.198]
Cronotipo basal	244.188	1	160.343	<0.0001	0.388	[0.314-0.455]
Turno:Cronotipo basal	6.549	2	2.150	0.1186	0.017	[0.000-0.047]

Tabla A43. Resumen del modelo lineal estudiando si el ΔCronotipo (MSFsc 5^{to} año - MSFsc 1^{er} año) depende del turno escolar, el cronotipo basal y/o la interacción de ambos.

	Beta	t	p
0 Intercept	4.068	7.619	<0.0001
1 Tarde	1.991	2.497	0.013
2 Noche	0.344	0.392	0.696
3 Baseline cronotipo	-0.711	-7.909	<0.0001
4 Tarde:Cronotipo basal	-0.112	-0.861	0.390
5 Noche:Cronotipo basal	0.179	1.297	0.196

Tabla A44. ANOVA del modelo lineal estudiando si los cambios asociados a la edad en el Jetlag social (ΔSJL, SJL 5^{to} año - SJL 1^{er} año) dependen del turno, el ΔCronotipo y su interacción.

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η ²	90% CI
Turno	8.835	2	4.493	0.012	0.034	[0.004 to 0.075]
ΔCronotipo	231.825	1	235.795	<0.0001	0.482	[0.413 to 0.543]
Turno:ΔCronotipo	13.805	2	7.021	0.001	0.053	[0.014 to 0.100]

Tabla A45. Resumen del modelo lineal estudiando si los cambios asociados a la edad en el Jetlag social (ΔSJL, SJL 5^{to} año - SJL 1^{er} año) dependen del turno, el ΔCronotipo y su interacción.

	Beta	95% CI	t	p
0 Intercept	-0.521	[-0.757 to -0.285]	-4.351	<0.0001
1 Mañana	0.251	[-0.061 to 0.563]	1.582	0.115
2 Noche	0.267	[-0.090 to 0.625]	1.473	0.142
3 ΔCronotipo	0.549	[0.431 to 0.668]	9.112	<0.0001
4 Mañana:ΔCronotipo	0.252	[0.073 to 0.431]	2.767	0.006
5 Noche:ΔCronotipo	-0.122	[-0.319 to 0.076]	-1.215	0.226

Tabla A46. Comparaciones post-hoc para los cambios asociados a la edad en el Jetlag social (Δ SJL, SJL 5^{to} año - SJL 1^{er} año). Las comparaciones post-hoc por pares [(1) – (2)] se consideraron significativas cuando $p < .017$ ($p < .05$, corregidas por Bonferroni).

Turno (1) (2)		t	p	Cohen's d	95% CI
Mañana	Tarde	2.767	0.017	0.254	[0.073 to 0.434]
Mañana	Noche	3.552	0.001	0.377	[0.168 to 0.585]
Tarde	Noche	1.215	0.446	0.123	[-0.076 to 0.322]

Tabla A47. ANOVA del modelo lineal estudiando si los cambios asociados a la edad en la duración de sueño en días hábiles (Δ SDw, SDw 5^{to} año - SJL 1^{er} año) dependen del turno, el Δ Cronotipo y su interacción.

	Sum Sq	d.f	F	P	η ²	90% CI
Turno	6.345	2	1.433	0.241	0.011	[0.000 to 0.037]
ΔCronotipo	18.152	1	8.196	0.005	0.031	[0.006 to 0.075]
Turno:ΔCronotipo	34.783	2	7.852	<0.001	0.058	[0.017 to 0.108]

Tabla A48. Resumen del modelo lineal estudiando si los cambios asociados a la edad en la duración de sueño en días hábiles (Δ SDw, SDw 5^{to} año - SJL 1^{er} año) dependen del turno, el Δ Cronotipo y su interacción.

	Beta	95% CI	t	p
0 Intercept	-0.887	[-1.194 to -0.579]	-5.682	<0.0001
1 Mañana	-0.039	[-0.507 to 0.430]	-0.162	0.871
2 Noche	-0.080	[-0.587 to 0.427]	-0.311	0.756
3 ΔCronotipo	-0.109	[-0.310 to 0.093]	-1.062	0.289
4 Mañana:ΔCronotipo	0.299	[0.031 to 0.568]	2.193	0.029
5 Noche:ΔCronotipo	0.623	[0.313 to 0.934]	3.950	<0.001

Tabla A49. Comparaciones post-hoc para los cambios asociados a la edad en la duración de sueño en días hábiles (Δ SDw, SDw 5^{to} año - SJL 1^{er} año). Las comparaciones post-hoc por pares [(1) – (2)] se consideraron significativas cuando $p < .017$ ($p < .05$, corregidas por Bonferroni).

Turno (1) (2)		t	p	Cohen's d	95% CI
Mañana	Tarde	-2.193	0.074	-0.201	[-0.382 to -0.021]
Mañana	Noche	-3.950	<0.001	-0.419	[-0.628 to -0.210]
Tarde	Noche	-2.154	0.081	-0.218	[-0.417 to -0.019]

Tabla A50. ANOVA del modelo explicando el rendimiento académico en función del turno, la edad y la materia. $n = 259$. Sum Sq, Suma de cuadrados (sum of squares).

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
Edad	2.339	1	0.908	0.357	0.062	[0.000-0.331]
Turno	1.156	2	0.225	0.800	0.009	[0.000-0.062]
Materia	2590.532	2	503.070	<0.0001	0.056	[0.051-0.062]
Turno:Edad	13.122	2	2.548	0.145	0.271	[0.000-0.518]
Materia:Edad	214.917	2	41.736	<0.0001	0.005	[0.003-0.007]
Materia:Turno	12.080	4	1.173	0.320	0.000	[0.000-0.001]
Materia:Turno:Edad	185.045	4	17.967	<0.0001	0.004	[0.003-0.006]

Tabla A51. Comparación de a pares de las notas entre turnos. Las comparaciones de a pares [(1) – (2)] de las notas fueron hechas para diferentes comparaciones de turnos, mientras que la edad y la materia se mantuvieron constantes.

Edad	Materia	Turno		t-value	P	Cohen's d	95% CI
		(1)	(2)				
1er año	Otras	Mañana	Tarde	-0.837	0.680	-0.095	[-0.317 to 0.127]
1er año	Otras	Mañana	Noche	0.295	0.953	0.034	[-0.194 to 0.263]
1er año	Otras	Tarde	Noche	1.110	0.508	0.129	[-0.099 to 0.357]
1er año	Lengua	Mañana	Tarde	-2.177	0.075	-0.287	[-0.545 to -0.029]
1er año	Lengua	Mañana	Noche	-2.183	0.074	-0.298	[-0.595 to -0.030]
1er año	Lengua	Tarde	Noche	-0.083	0.996	-0.011	[-0.278 to 0.256]
1er año	Matemática	Mañana	Tarde	-0.888	0.648	-0.117	[-0.375 to 0.141]
1er año	Matemática	Mañana	Noche	2.155	0.079	0.294	[0.027 to 0.561]
1er año	Matemática	Tarde	Noche	3.018	0.007	0.411	[0.144 to 0.677]
5to año	Otras	Mañana	Tarde	0.536	0.854	0.060	[-0.160 to 0.281]
5to año	Otras	Mañana	Noche	0.068	0.997	0.008	[-0.219 to 0.235]
5to año	Otras	Tarde	Noche	-0.454	0.893	-0.053	[-0.279 to 0.174]
5to año	Lengua	Mañana	Tarde	1.080	0.526	0.142	[-0.116 to 0.400]
5to año	Lengua	Mañana	Noche	1.478	0.301	0.202	[-0.066 to 0.469]
5to año	Lengua	Tarde	Noche	0.436	0.900	0.059	[-0.207 to 0.326]
5to año	Matemática	Mañana	Tarde	-0.550	0.846	-0.072	[-0.330 to 0.186]
5to año	Matemática	Mañana	Noche	-3.432	0.002	-0.468	[-0.736 to -0.201]
5to año	Matemática	Tarde	Noche	-2.908	0.010	-0.396	[-0.663 to -0.129]

Tabla A52. Resultados del ANOVA para el modelo que explica el rendimiento académico en función del MSFsc, la materia, el turno, la edad y el género. Las interacciones significativas implican cambios en la pendiente y/o la ordenada al origen de las rectas de la regresión entre el MSFsc y las notas. Específicamente, las interacciones entre MSFsc y otros predictores se asocian con cambios en la pendiente. Las interacciones entre otros predictores se asocian con cambios en la ordenada al origen. n = 259. Sum Sq, suma de cuadrados. Para obtener una interpretación más natural de las estimaciones del modelo, se incluyó al MSFsc en relación con su media global (M= 06:27).

	Sum Sq	d.f	F	P	Partial η^2	90% CI
MSFsc	64.796	1	25.264	<0.0001	0.041	[0.019-0.070]
Materia	2203.130	2	429.501	<0.0001	0.048	[0.043-0.054]
turno	11.812	2	2.303	0.110	0.082	[0.000-0.205]
Edad	5.810	1	2.265	0.149	0.110	[0.000-0.355]
Gender	54.311	1	21.176	<0.0001	0.074	[0.031-0.129]
MSFsc:Materia	102.361	2	19.955	<0.0001	0.002	[0.001-0.004]
MSFsc:turno	4.578	2	0.893	0.410	0.003	[0.000-0.012]
Materia:Turno	75.500	4	7.359	<0.0001	0.002	[0.001-0.003]
MSFsc:Edad	10.958	1	4.273	0.039	0.009	[0.000-0.029]
Materia:Edad	171.307	2	33.396	<0.0001	0.004	[0.002-0.006]
Turno:Edad	16.663	2	3.248	0.062	0.262	[0.000-0.485]
MSFsc:Materia:turno	56.832	4	5.540	<0.001	0.001	[0.000-0.002]
MSFsc:Materia:Edad	33.871	2	6.603	0.001	0.001	[0.000-0.002]
MSFsc:Turno:Edad	3.320	2	0.647	0.524	0.003	[0.000-0.013]
Materia:Turno:Edad	187.203	4	18.248	<0.0001	0.004	[0.003-0.006]
MSFsc:Materia:turno:Edad	17.213	4	1.678	0.152	0.00	[0.000-0.001]

Tabla A53. Resumen del modelo que explica el rendimiento académico en función del MSFsc, la materia, el turno, la edad y el género. Niveles de referencia: turno mañana, otras materias, 1^{er} año y género femenino.

	Beta	95% CI	t-value
1 Intercept	7.655	[7.398 to 7.916]	54.00
2 MSFsc	0.006	[-0.091 to 0.104]	0.12
3 Lengua	-0.843	[-1.041 to -0.646]	-8.36
4 Matemática	-1.048	[-1.245 to -0.850]	-10.39
5 Tarde	0.146	[-0.172 to 0.464]	0.83
6 Noche	-0.051	[-0.380 to 0.272]	-0.28
7 5to año	0.052	[-0.223 to 0.326]	0.34
8 Masculino	-0.403	[-0.575 to -0.232]	-4.60
9 MSFsc:Lengua	-0.042	[-0.166 to 0.082]	-0.66
10 MSFsc:Matemática	-0.206	[-0.330 to -0.082]	-3.26
11 MSFsc:Tarde	-0.100	[-0.242 to 0.041]	-1.37
12 MSFsc:Noche	-0.111	[-0.271 to 0.034]	-1.43
13 Lengua:Tarde	0.394	[0.126 to 0.663]	2.88
14 Matemática:Tarde	0.183	[-0.085 to 0.451]	1.34
15 Lengua:Noche	0.569	[0.291 to 0.848]	4.01
16 Matemática:Noche	-0.270	[-0.548 to 0.009]	-1.90
17 MSFsc:5to año	-0.040	[-0.178 to 0.096]	-0.57
18 Lengua:5to año	0.967	[0.683 to 1.252]	6.66
19 Matemática:5to año	-1.017	[-1.301 to -0.732]	-7.00
20 Tarde:5to año	-0.156	[-0.540 to 0.229]	-0.72
21 Noche:5to año	0.187	[-0.209 to 0.587]	0.84
22 MSFsc:Lengua:Tarde	0.216	[0.036 to 0.395]	2.35
23 MSFsc:Matemática:Tarde	0.221	[0.041 to 0.400]	2.41
24 MSFsc:Lengua:Noche	-0.038	[-0.227 to 0.151]	-0.40
25 MSFsc:Matemática:Noche	0.160	[-0.029 to 0.349]	1.66
26 MSFsc:Lengua:5to año	-0.016	[-0.207 to 0.176]	-0.16
27 MSFsc:Matemática:5to año	-0.296	[-0.487 to -0.104]	-3.03
28 MSFsc:Tarde:5to año	0.090	[-0.102 to 0.286]	0.91
29 MSFsc:Noche:5to año	0.035	[-0.156 to 0.238]	0.35
30 Lengua:Tarde:5to año	-0.436	[-0.827 to -0.046]	-2.19
31 Matemática:Tarde:5to año	0.534	[0.143 to 0.924]	2.68
32 Lengua:Noche:5to año	-0.785	[-1.206 to -0.364]	-3.65
33 Matemática:Noche:5to año	1.526	[1.105 to 1.947]	7.10
34 MSFsc:Lengua:Tarde:5to año	-0.228	[-0.495 to 0.038]	-1.68
35 MSFsc:Matemática:Tarde:5to año	0.074	[-0.192 to 0.341]	0.55
36 MSFsc:Lengua:Noche:5to año	0.043	[-0.234 to 0.320]	0.30
37 MSFsc:Matemática:Noche:5to año	0.213	[-0.064 to 0.490]	1.51

Tabla A54. Comparaciones de a pares de las pendientes del que explica el rendimiento académico en función del MSFsc, la materia, el turno, la edad y el género. Las comparaciones de pendientes de a pares [(1) - (2)] se llevaron a cabo para aquellos pares correspondientes a diferentes niveles de un factor, manteniendo constantes los Otros (por ejemplo, la pendiente de la asociación entre MSFsc y las notas de matemática en alumnos más jóvenes que asisten a diferentes horarios escolares). Las comparaciones se llevaron a cabo sin tener en cuenta el género. Los valores t se consideran significativos cuando sus valores absolutos son superiores a 2.

Edad	Materia	Turno (1) (2)		t-value	Cohen's d	95% CI
1er año	Otras	Mañana	Tarde	1.369	0.062	[-0.027 to 0.151]
1er año	Otras	Mañana	Noche	1.427	0.070	[-0.026 to 0.165]
1er año	Otras	Tarde	Noche	0.146	0.007	[-0.091 to 0.105]
1er año	Lengua	Mañana	Tarde	-1.095	-0.072	[-0.202 to 0.057]
1er año	Lengua	Mañana	Noche	1.326	0.093	[-0.045 to 0.231]
1er año	Lengua	Tarde	Noche	2.302	0.166	[0.025 to 0.307]
1er año	Matemática	Mañana	Tarde	-1.142	-0.076	[-0.205 to 0.054]
1er año	Matemática	Mañana	Noche	-0.434	-0.031	[-0.169 to 0.107]
1er año	Matemática	Tarde	Noche	0.625	0.045	[-0.092 to 0.186]
5to año	Otras	Mañana	Tarde	0.120	0.006	[-0.092 to 0.103]
5to año	Otras	Mañana	Noche	0.911	0.047	[-0.055 to 0.149]
5to año	Otras	Tarde	Noche	0.851	0.041	[-0.054 to 0.137]
5to año	Lengua	Mañana	Tarde	0.188	0.014	[-0.131 to 0.158]
5to año	Lengua	Mañana	Noche	0.583	0.044	[-0.105 to 0.194]
5to año	Lengua	Tarde	Noche	0.424	0.031	[-0.111 to 0.172]
5to año	Matemática	Mañana	Tarde	-2.421	-0.178	[-0.323 to -0.034]
5to año	Matemática	Mañana	Noche	-2.436	-0.186	[-0.335 to -0.036]
5to año	Matemática	Tarde	Noche	-0.102	-0.007	[-0.149 to 0.134]

turno	Materia	Edad (1) (2)				
Mañana	Lengua	1er año	5to año	0.508	0.035	[-0.099 to 0.168]
Tarde	Lengua	1er año	5to año	1.808	0.121	[-0.010 to 0.252]
Noche	Lengua	1er año	5to año	-0.201	-0.014	[-0.153 to 0.125]
Mañana	Matemática	1er año	5to año	3.070	0.209	[0.076 to 0.343]
Tarde	Matemática	1er año	5to año	1.597	0.107	[-0.024 to 0.238]
Noche	Matemática	1er año	5to año	0.767	0.054	[-0.084 to 0.193]

Edad group	turno	Materia (1) (2)				
1er año	Mañana	Matemática	Lengua	1.993	0.103	[0.002 to 0.204]
1er año	Tarde	Matemática	Lengua	1.839	0.100	[-0.007 to 0.206]
1er año	Noche	Matemática	Lengua	-0.356	-0.021	[-0.138 to 0.096]
5to año	Mañana	Matemática	Lengua	4.518	0.277	[0.157 to 0.398]
5to año	Tarde	Matemática	Lengua	1.524	0.085	[-0.024 to 0.195]
5to año	Noche	Matemática	Lengua	0.803	0.047	[-0.068 to 0.163]

Tabla A55. Resultados del ANOVA para el modelo que explica la probabilidad de repetir de año. n = 407. Los factores se añadieron secuencialmente en el orden presentado aquí. n = 407. d.f. = grados de libertad.

	d.f	Desviación	Desviación residual	P	Parte al η^2	90% CI
Matemática	1	51.156	236.013	<0.0001	0.130	[0.083-0.182]
Lengua	1	18.006	218.006	<0.0001	0.046	[0.018-0.084]
MSFsc	1	3.050	214.957	0.081	0.007	[0.000-0.027]
Turno:Lengua	2	0.406	214.550	0.816	0.002	[0.000-0.011]
MSFsc:Matemática	1	2.695	211.856	0.101	0.029	[0.008-0.062]
Turno:MSFsc	2	7.260	204.596	0.027	0.016	[0.000-0.040]

Tabla A56. Resumen del modelo explicando la probabilidad de repetir de año. Niveles de referencia: turno mañana. n = 407.

	Beta	95% CI	t-value	p
1 Intercept	-1.776	[-7.411 to 4.144]	-0.609	0.542
2 MSFsc	1.394	[0.397 to 2.379]	2.779	0.005
3 Matemática	0.587	[-0.557 to 1.614]	1.074	0.283
4 Lengua	-1.134	[-1.751 to -0.612]	-3.952	<0.0001
5 Tarde:Lengua	0.440	[-0.134 to 1.070]	1.464	0.143
6 Noche:Lengua	0.694	[0.200 to 1.277]	2.585	0.010
7 MSFsc:Matemática	-0.173	[-0.343 to 0.006]	-1.959	0.050
8 Tarde:MSFsc	-0.349	[-0.854 to 0.130]	-1.409	0.159
9 Noche:MSFsc	-0.556	[-1.016 to -0.147]	-2.549	0.011

Apéndice B

Cuestionario de preferencias diarias y hábitos de sueño

Todos los datos ingresados serán confidenciales y tratados de manera anónima

Nombre y apellido _____

Género F M

Fecha de nacimiento

Mes

Ene Feb Mar Abr Mayo Jun Jul Ago Sept Oct Nov Dic

Año

1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003

Año 1º 2º 3º 4º 5º 6º

División 1ª 2ª 3ª 4ª 5ª

Turno Mañana Tarde Vespertino

En la siguiente sección te haremos preguntas sobre tus hábitos de sueño. Por favor, respondé de acuerdo a lo que vos consideres una semana estándar, basándote en tus condiciones de vida actuales.

Días HÁBILES (Los días en que trabajás y/o estudiás)

Me acuesto a las ... Hora:

Por favor indicá la hora

y los minutos

19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Necesito....minutos

para quedarme dormido Minutos:

Por favor indicá la cantidad de minutos

00	02	05	10	15	20	30	45	60	90	120
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Me despierto a las ... Hora:

Por favor indicá la hora

y los minutos

00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

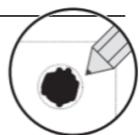
Indicá qué tan buena es la calidad de tu sueño en los días hábiles

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Excelente
 Muy mala

¿Dormís siesta cuando podés? Si No

¿Cuánto tiempo dormís siesta? 5 a 30 min 31 a 59 min 1 a 2 hs Más de 2 hs

Días LIBRES (Los días en que NO trabajás Ni estudiás)



Me acuesto a las ...

Por favor indicá la hora y los minutos

Hora:	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Necesito....minutos para quedarme dormido

Por favor indicá la cantidad de minutos

Minutos:	00	02	05	10	15	20	30	45	60	90	120
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Me despierto a las ...

Por favor indicá la hora y los minutos

Hora:	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indicá qué tan buena es la calidad de tu sueño en los días libres

Muy mala	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 10	Excelente
----------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------

¿Dormís siesta cuando podés? Sí No

¿Cuánto tiempo dormís siesta? 5 a 30 min 31 a 59 min 1 a 2 hs Más de 2 hs

- A partir de ahora respondé todas las preguntas en orden y en forma independiente de las demás. No vuelvas atrás a chequear las respuestas anteriores.
- Leé primero detenidamente cada una de las opciones y seleccioná una sola respuesta.

Si pudieras planear libremente tu día

¿a qué hora te levantarías?

Por favor, completá con el horario que elegirías para levantarte si no tuvieras ninguna obligación horaria.

Hora:	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si pudieras planear libremente tu día,

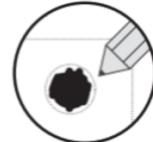
¿a qué hora te acostarías?

Por favor, completá con el horario que elegirías para acostarte si no tuvieras ninguna obligación horaria.

Hora:	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si tenés que levantarte a una hora específica en la mañana, ¿cuánto dependés de un reloj despertador?

Nada Poco Bastante Mucho



En un día con clima agradable, ¿qué tan fácil te resulta levantarte en la mañana?

Nada fácil No muy fácil Bastante fácil Muy fácil

¿Qué tan atento y despejado te sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Nada despejado No muy despejado Bastante despejado Muy despejado

¿Qué tanto hambre sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Nada Poco Bastante Mucho

¿Cuánto cansancio sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Mucho Bastante Poco Nada

Cuando no tenés nada que hacer al día siguiente, ¿a qué hora te acostás en comparación con lo que acostumbrás?

A la misma hora Menos de 1 h más tarde Entre 1 y 2 hs más tarde Más de 2 hs más tarde

Un amigo te invita a hacer ejercicio o practicar un deporte entre las 7 y las 8 de la mañana. ¿Cómo crees que sería tu rendimiento?

Muy bueno Razonable Pobre Malo

¿A qué hora de la noche te sentís tan cansado como para irte a dormir?

Por favor, completá con el horario que elegirías si fueras completamente libre.

<u>Hora:</u>	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
	<input type="radio"/>												
<u>Minutos:</u>	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
	<input type="radio"/>												

Suponé que deseás obtener los mejores resultados en un examen escrito, que va a ser mentalmente muy desgastante y durará 2 horas, pero vos podés elegir libremente el horario para hacerlo. ¿Cuál elegirías, pensando en aquel en el que te va resultar más fácil responderlo?

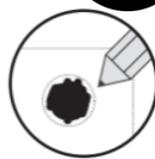
8:00 – 10:00 11:00 - 13:00 15:00 - 17:00 19:00 - 21:00

Si te fueras a dormir a las 23:00, ¿qué nivel de cansancio o sueño sentirías?

Nada Poco Bastante Mucho

Si por alguna razón vos te vas a dormir algunas horas más tarde de lo habitual, pero al otro día no tenés necesidad de despertarte en el mismo horario de todos los días, ¿qué ocurriría?

- Te despertarías a la hora habitual y ya no dormirías Te despertarías a la hora habitual y te volverías a dormir inmediatamente
- Te despertarías a la hora habitual y te sentirías somnoliento Te despertarías más tarde de lo habitual



Si una noche tenés que quedarte despierto entre las 4 y las 6 de la madrugada para hacer algún tipo de vigilancia, como cuidar a alguien, y al otro día no tenés compromisos, ¿qué harías?

- Te quedarías despierto hasta empezar y recién te irías a dormir después de las 6:00
- Dormirías un poco (una siesta) antes y recién te irías a dormir "bien" después de las 6:00
- Dormirías hasta las 4:00 y luego completarías tu sueño con alguna/s hora/s más después de las 6:00
- Dormirías "bien" hasta las 4:00 y después de las 6:00 ya no necesitarías hacerlo

Si durante 2 horas tuvieras que hacer un trabajo que te demanda un esfuerzo físico muy grande y fuieras libre de planificar tu día, ¿en qué momento del día lo harías?

- 8:00 a 10:00 11:00 a 13:00 15:00 a 17:00 19:00 a 21:00

Un amigo te invita a hacer ejercicio o practicar un deporte entre las 22:00 y las 23:00. Pensando en los horarios en los que vos te sentís mejor, ¿cómo creés que sería tu rendimiento?

- Muy bueno Razonable Pobre Malo

Si pudieras elegir los horarios de tu trabajo -que es realmente entretenido y en el cual se te paga de acuerdo a tu rendimiento-, ¿a qué hora empezarías, suponiendo que trabajás 5 horas corridas?

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

¿A qué hora del día te sentís mejor habitualmente (más fresco, más activo, más despierto, más capaz, etc.)?

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Si tuvieras que definirte como un tipo de persona "matutina (mañanera)" o "vespertina (nocturna)", ¿cómo te definirías?

- Definitivamente mañanera Más nocturna que mañanera
- Más mañanera que nocturna Definitivamente nocturna

Apéndice C

Cuestionario de preferencias diarias y hábitos de sueño

Todos los datos ingresados serán confidenciales y tratados de manera anónima

Nombre y apellido _____

Género F M Otro

Fecha de nacimiento

Mes

Ene Feb Mar Abr Mayo Jun Jul Ago Sept Oct Nov Dic

Año

2007 2006 2005 2004 2003 2002 2001 2000 o antes

Año 1º 2º 3º 4º 5º 6º

División 1º 2º 3º 4º 5º **Altura** _____ (metros, cm)

Turno Mañana Tarde Vespertino **Peso** _____ kg

En los últimos 2 meses: Trabajé Realicé actividades extraescolares Ninguna de las dos

Si respondiste que trabajás o realizas actividades extraescolares,

¿Qué días de la semana? Lu Ma Mi Ju Vi Sa Do

¿Lo hacés siempre en el mismo horario? SI NO

¿En qué rango horario comienzan esas actividades? (marcá más de uno si corresponde)

00:01 a 03:00 03:01 a 06:00 06:01 a 09:00 09:01 a 12:00
 12:01 a 15:00 15:01 a 18:00 18:01 a 21:00 21:01 a 00:00

La actividad más larga dura... 5 a 30 min 31 min a 1 hs 1 a 2 hs Más de 2 hs

¿Qué tipo de actividades son? Físicas (deportes) No físicas (idioma, instrumento musical, etc)

Turno en el que asistías a la escuela primaria Mañana Tarde

¿Usás dispositivos electrónicos móviles? NO SI, ocasionalmente SI, cotidianamente
(celular, iPod, tablet, iPad, Computadora portátil)

¿Para qué los utilizás? (marcá todas las opciones que sean necesarias)

Llamadas Mensajes de texto Correo electrónico/Whatsapp
 Redes Sociales (Twitter, Facebook, Instagram, etc) Juegos/Videos Páginas de internet

¿En qué horarios los utilizás habitualmente? (marcá todas las opciones que correspondan)

En la primera hora luego de despertarme En las dos horas anteriores a decidir irme a dormir
 En la cama, cuando ya decidí irme a dormir En otros horarios, durante el día

En la siguiente sección te haremos preguntas sobre tus hábitos de sueño. Por favor, respondé de acuerdo a lo que vos consideres una semana estándar, basándote en tus condiciones de vida actuales.

Días HÁBILES

(Los días en que trabajás y/o estudiás)

Me acuesto a las ...

Hora: 19 20 21 22 23 00 01 02 03 04 05 06 07

Por favor indicá la hora y los minutos

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Necesito....minutos para quedarme dormido

Minutos: 00 02 05 10 15 20 25 30 35 45 60 90 120

Por favor indicá la cantidad de minutos

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Me despierto a las ...

Hora: 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

Por favor indicá la hora y los minutos

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indicá qué tan bien dormís en los días hábiles

Muy mal 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Excelente

¿Dormís siesta cuando podés? Si No

¿Cuánto tiempo dormís siesta? 5 a 30 min 31 min a 2hs 2 a 4 hs Más de 4 hs

Mi siesta empieza a las...

Hora: 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Por favor indicá la hora y los minutos

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Días LIBRES

(Los días en que NO trabajás NI estudiás)

Me acuesto a las ...

Por favor indicá la hora y los minutos

Hora: 19 20 21 22 23 00 01 02 03 04 05 06 07

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Necesito....minutos para quedarme dormido

Minutos: 00 02 05 10 15 20 25 30 35 45 60 90 120

Por favor indicá la cantidad de minutos

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Me despierto a las...

Hora: 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

Por favor indicá la hora y los minutos

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indicá qué tan bien dormís en los días libres

Muy mal 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Excelente

¿Dormís siesta cuando podés? Si No

¿Cuánto tiempo dormís siesta? 5 a 30 min 31 min a 2hs 2 a 4 hs Más de 4 hs

Mi siesta empieza a las...

Por favor indicá la hora y los minutos

Hora:

09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	<input type="radio"/>											

- A partir de ahora, respondé todas las preguntas en orden y en forma independiente de las demás. No vuelvas atrás a chequear las respuestas anteriores.

- Leé primero detenidamente cada una de las opciones y seleccioná una sola respuesta.

Si pudieras planear libremente tu día,

¿a qué hora te levantarías?

Por favor, completá con el horario que elegirías para levantarte si no tuvieras ninguna obligación horaria.

Hora:	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
	<input type="radio"/>												

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	<input type="radio"/>											

Si pudieras planear libremente tu día,

¿a qué hora te acostarías?

Por favor, completá con el horario que elegirías para acostarte si no tuvieras ninguna obligación horaria.

Hora:	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
	<input type="radio"/>												

Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	<input type="radio"/>											

Si tenés que levantarte a una hora específica en la mañana,

¿cuánto dependés de un reloj despertador?

Nada Poco Bastante Mucho

En un día con clima agradable, ¿qué tan fácil te resulta levantarte en la mañana?

Nada fácil No muy fácil Bastante fácil Muy fácil

¿Qué tan atento y despejado te sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Nada despejado No muy despejado Bastante despejado Muy despejado

¿Qué tanto hambre sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Nada Poco Bastante Mucho

¿Cuánto cansancio sentís durante la primera media hora después de despertarte en la mañana?

Mucho Bastante Poco Nada

Cuando no tenés nada que hacer al día siguiente, ¿a qué hora te acostás en comparación con lo que acostumbrás?

A la misma hora Menos de 1 h más tarde Entre 1 y 2 hs más tarde Más de 2 hs más tarde

Un amigo te invita a hacer ejercicio o practicar un deporte entre las 7 y las 8 de la mañana. ¿Cómo creés que sería tu rendimiento?

Muy bueno Razonable Pobre Malo

¿A qué hora de la noche te sentís tan cansado como para irte a dormir?

Por favor, completá con el horario que elegirías si fueras completamente libre

Hora:	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07
	<input type="radio"/>												
Minutos:	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
	<input type="radio"/>												

Suponé que deseás obtener los mejores resultados en un examen escrito, que va a ser mentalmente muy desgastante y durará 2 horas, pero vos podés elegir libremente el horario para hacerlo. ¿Cuál elegirías, pensando en aquel en el que te va resultar más fácil responderlo?

8:00 – 10:00 11:00 - 13:00 15:00 - 17:00 19:00 - 21:00

Si te fueras a dormir a las 23:00, ¿qué nivel de cansancio o sueño sentirías?

Nada Poco Bastante Mucho

Si por alguna razón vos te vas a dormir algunas horas más tarde de lo habitual, pero al otro día no tenés necesidad de despertarte en el mismo horario de todos los días, ¿qué ocurriría?

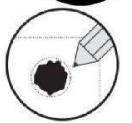
- Te despertarías a la hora habitual y ya no dormirías Te despertarías a la hora habitual y te volverías a dormir inmediatamente
- Te despertarías a la hora habitual y te sentirías somnoliento Te despertarías más tarde de lo habitual

Si una noche tenés que quedarte despierto entre las 4 y las 6 de la madrugada para hacer algún tipo de vigilancia, como cuidar a alguien y al otro día no tenés compromisos, ¿qué harías?

- Te quedarías despierto hasta empezar y recién te irías a dormir después de las 6:00
- Dormirías un poco (una siesta) antes y recién te irías a dormir "bien" después de las 6:00
- Dormirías hasta las 4:00 y luego completarías tu sueño con alguna/s hora/s más después de las 6:00
- Dormirías "bien" hasta las 4:00 y después de las 6:00 ya no necesitarías hacerlo

Si durante 2 horas tuvieras que hacer un trabajo que te demanda un esfuerzo físico muy grande y fueras libre de planificar tu día, ¿en qué momento del día lo harías?

8:00 a 10:00 11:00 a 13:00 15:00 a 17:00 19:00 a 21:00



Un amigo te invita a hacer ejercicio o practicar un deporte entre las 22:00 y las 23:00. Pensando en los horarios en los que vos te sentís mejor, ¿cómo creés que sería tu rendimiento?

Muy bueno Razonable Pobre Malo

Si pudieras elegir los horarios de tu trabajo -que es realmente entretenido y en el cual se te paga de acuerdo a tu rendimiento-, ¿a qué hora empezarías, suponiendo que trabajás 5 horas corridas?

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

¿A qué hora del día te sentís mejor habitualmente (más fresco, más activo, más despierto, más capaz, etc.)?

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Si tuvieras que definirte como un tipo de persona “matutina” (“mañanera”) o “vespertina” (“nocturna”), ¿cómo te definirías?

Definitivamente mañanera Más nocturna que mañanera
 Más mañanera que nocturna Definitivamente nocturna