



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS COGNITIVAS

**Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones
ejecutivas de oficinistas**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS COGNITIVAS

P R E S E N T A:

Arq. Alejandra Elizalde Ayala

Director de tesis: Dr. Héctor Solís Chagoyán

Comité revisor: Dra. Diana Castillo Padilla

Dr. Jonatan Ferrer Aragón

Dr. Jorge Pablo Oseguera Gamba

Dr. Germán Octavio López Riquelme

Cuernavaca, Morelos

Noviembre, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, resultado del empeño, la constancia y el esfuerzo de 2 años.

A mi padre, quien, a raíz de su partida, me motivó a encontrar mi camino y comenzar el proceso que me ha llevado a cumplir esta meta.

A mi madre, quien me impulsó a ser valiente para iniciar esta aventura y defendió mi lucha como suya.

A Zahita, mi precioso ángel, quien llegó a mi vida para brindarme su compañía incondicional estos años de renovación y crecimiento.

Finalmente, y no menos importante, a mí... a la antigua versión de mí que tuvo el valor de transformar ideologías limitantes.

A quienes estuvieron conmigo con el corazón, les dedico este trabajo que va con amor.

AGRADECIMIENTOS

A la vida, por permitirme encontrar la puerta indicada en el momento preciso.

Al Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas; por su apertura, organización y enfoque; por ser ese espacio interdisciplinar donde convergen las distintas disciplinas que nutren las investigaciones relacionadas con los procesos cognitivos.

Al SECIHTI (antes CONACYT), por la confianza y financiamiento de esta investigación.

A mi comité tutorial; por su interés en formar parte del equipo de apoyo, pese a la naturaleza interdisciplinar de la investigación, donde cada uno se dispuso a dar lo mejor de sí, desde su compromiso como investigador y alcance dentro de su disciplina.

Al Dr. Héctor Solís; por permitirme elegir el tema y dirigir este trabajo, por dejarme ser en el proceso. Por su apoyo y valentía al asesorar un trabajo que no solo involucra disciplinas que convergen en su línea de investigación.

Al Dr. Jonatan Ferrer; por su apoyo incondicional moral y académico, por permitirme ser su alumna oyente en las materias de neuropsicología que fueron de mucha ayuda para comprender aspectos básicos en el presente trabajo.

A la Dra. Diana Castillo; por su gran interés y entusiasmo de formar parte del equipo, por su disposición y apoyo en la aplicación de las pruebas a los participantes; y por sus acertados aportes en el proceso.

Al Dr. Jorge Oseguera; por su atinada sugerencia del tema, por compartir información relevante en el proceso y sus valiosos cuestionamientos en las evaluaciones semestrales.

Al Dr. Germán Riquelme; por su flexibilidad y compañerismo, al compartir el área de neurociencias con su colega, con quien pude desarrollar mi trabajo en esta dirección.

A los cuerpos administrativo y académico del CINCCO, por sostener al CINCCO con su dedicación y esfuerzo.

A las instituciones de gobierno y a las instituciones educativas; por permitirnos el acceso a sus instalaciones y conocer a una parte del personal.

A mis colegas y amigos, arquitectos e ingenieros; por recordarme con cariño y abrirnos las puertas de sus espacios de trabajo, por su colaboración y flexibilidad. Especialmente al Arq. Sergio y la Arq. Edelia.

A los participantes; por brindarnos la confianza. Por su tiempo y disposición.

A mis compañeros y amigos del CINCCO; por ser ese apoyo moral y académico. A Fanny; por su ejemplo, valentía y perseverancia. A Luis; por su ejemplo de disciplina y enfoque. A Dervy; por su ejemplo de resiliencia y receptividad.

RESUMEN

Los seres humanos requieren de un funcionamiento cognitivo eficaz para la ejecución de sus actividades en la vida diaria y para responder de manera óptima a los requerimientos de sus actividades laborales. Los adultos pasan gran parte de sus horas de vigilia en su espacio de trabajo y diversos factores externos influyen en el desempeño de sus habilidades cognitivas; uno de estos factores es la iluminación, ya que, muchos procesos cognitivos y conductuales dependen de la liberación de neurotransmisores y hormonas, o de la activación de ciertas áreas cerebrales que dependen en parte de la señalización del núcleo supraquiasmático (NSQ) o reloj maestro en los mamíferos, quien es sincronizado por osciladores externos, principalmente por el fotoperiodo.

Entonces, se sugiere que la iluminación tiene influencia en los estados de alerta o vigilia, y, en consecuencia, en el desempeño cognitivo y conductual que depende de estos estados. Las personas dedicadas al trabajo de oficina requieren de un nivel alto de activación o alerta durante su jornada laboral, ya que, las funciones ejecutivas dependen de esta. La atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad y la inhibición, son algunas de las funciones ejecutivas más importantes para realizar diferentes tareas laborales.

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la exposición a distintas características de iluminación artificial durante la fase de luz del fotoperiodo, dentro de los espacios de trabajo (oficinas gubernamentales y académicas) sobre el rendimiento de cuatro habilidades de las funciones ejecutivas. Se aplicaron pruebas neuropsicológicas a 35 personas dedicadas al trabajo matutino de oficina, de entre 25 y 65 años, con una jornada laboral de 8 horas. Los resultados mostraron que la exposición a una iluminación de mayor intensidad, incluso enriquecida con una coloración azul, disminuyó el rendimiento en la memoria de trabajo del componente auditivo-verbal, evaluada en el momento de baja activación o "arousal" a las 8:30 am., aunque lo aumentó al ser aplicada en un horario de alto "arousal" a las 11:30 am. Además, en este estudio se observó un mejor rendimiento en varias de las funciones en el horario de alto arousal (11:30) en comparación con las pruebas aplicadas en momento de bajo arousal (8:30).

Palabras clave: arousal, funciones ejecutivas, iluminancia, ritmos circadianos, oficinistas.

Contenido

Introducción.....	7
1. Marco teórico.....	10
1.1 La luz	10
1.1.1 Caracterización de la luz	10
1.1.2 La luz y cognición	11
1.2 Ritmos biológicos	14
1.2.1 Ritmos circadianos	15
1.2.2 Luz como principal sincronizador de los ritmos circadianos (RC)	18
1.2.3 Cronotipo y Arousal	21
1.3 Funciones ejecutivas	22
1.3.1 Definición y desarrollo neuropsicológico de Funciones ejecutivas	23
1.3.2 Atención	25
1.3.3 Memoria de trabajo (MT)	26
1.3.4 Inhibición.....	26
1.3.5 Flexibilidad cognitiva (FC)	27
1.4 Aspectos arquitectónicos que influyen en la actividad cerebral y en las funciones ejecutivas	28
1.4.1 La luz en el desempeño de las funciones cognitivas.....	29
Antecedentes	30
Planteamiento del problema	33
Pregunta de investigación.....	36
Justificación.....	36
Hipótesis de investigación	38
Predicciones	38
Objetivos	39
Objetivo general.....	39
Objetivos específicos	39
Método y diseño experimental.....	39
Diseño del estudio	40
Participantes	40
Consideraciones éticas.....	40
Consideraciones éticas.....	41
Criterios de inclusión	41

Criterios de exclusión.....	41
Variables	42
Variables dependientes	42
Variables independientes	42
Operacionalización de variables	42
Instrumentos.....	43
Procedimiento.....	43
Análisis de los resultados.....	45
Resultados y discusión	45
Resultados.....	45
.....	47
.....	48
.....	49
.....	51
Discusión	52
Conclusiones	55
Recomendaciones y limitaciones.....	56
Referencias.....	57

Introducción

En los últimos cien años, desde que disponemos de fuentes artificiales para iluminar nuestros espacios interiores durante las horas del día y de la noche, hemos aumentado de manera significativa nuestro nivel de exposición a diferentes tipos de luz artificial. Esto es relevante porque se ha sugerido que la iluminación generada por este tipo de fuentes de luz puede repercutir en la calidad de vida de los individuos, en su bienestar y en la modulación de sus funciones cognitivas (Tonello, 2015). Incluso, se ha evidenciado que este factor puede generar perturbaciones en los ritmos circadianos de los seres humanos y otras especies, y en particular en los procesos cognitivos que son regulados por el sistema circadiano (Kim et al., 2023). Estas alteraciones pueden estar relacionadas con perturbaciones en la actividad rítmica de los núcleos supraquiasmáticos (NSQ), el reloj biológico en mamíferos, ocasionada por las señales lumínicas presentes incluso en horas de la noche, ocasionando cronodisrupción; esta se entiende como la alteración e incluso la pérdida de la ritmicidad del sistema circadiano (Blume et al., 2019; Walker et al., 2020).

En este sentido, el ciclo diario de iluminación durante el día y oscuridad nocturna (fotoperiodo), regula los cambios rítmicos en el comportamiento y la fisiología de la mayoría de las especies, y estos cambios son controlados por el reloj maestro llamado marcapaso circadiano. Esta estructura se ajusta diariamente en las personas y es dependiente de los hábitos individuales, y, al ser sincronizado de manera eficiente, se puede mejorar el bienestar, la motivación y la productividad de los individuos (Vitaterna et al., 2001).

Por ejemplo, ha tenido mucha relevancia el estudio de la cronodisrupción ocasionada por la exposición a luz artificial durante la noche (fase de oscuridad del fotoperiodo) por largos periodos y a esto se le ha llamado contaminación lumínica (Duffy & Czeisler, 2019); sin embargo, ha recibido poca atención la exposición a luz artificial de baja intensidad en espacios cerrados durante el día (la fase de luz del fotoperiodo). Por lo anterior, surge nuestro interés por conocer los efectos que puede tener la exposición a la luz artificial durante la fase diurna. La relevancia del tema radica en comprender si ésta exposición puede tener efectos en la cognición, específicamente en el rendimiento de las

funciones ejecutivas de personas que trabajan bajo una exposición a determinada calidad lumínica durante su jornada laboral en las horas del día.

En este contexto, los avances científicos dentro de la neurociencia y la psicología ambiental, junto con la arquitectura, han demostrado que determinados espacios arquitectónicos influyen en los estados emocionales y el comportamiento de los individuos (Solís & Herrera, 2017). La manera en la que iluminamos los interiores es claramente necesaria para el correcto aprovechamiento de los espacios para los usos a los que están destinados; en este sentido, se ha sugerido que la luz generada de manera artificial (similar a la luz natural en su espectro de longitudes de onda) conduce a un nivel mayor de productividad laboral y tiene impacto en el desempeño de las funciones cognitivas (Kim et al., 2020). Una variable relevante en los estudios que han sido realizados con anterioridad, es que el nivel de iluminación se puede adaptar a las preferencias de los usuarios y del espacio.

Cabe resaltar que, durante el día, la luz solar proporciona una iluminancia de entre 25000 y 100000 luxes, pero en lugares cerrados destinados a las actividades de esparcimiento o laborales iluminados con luz artificial, por lo general, la intensidad de la iluminación es de aproximadamente 500 luxes, lo cual significa que se ha perdido intensidad luminosa diurna (Blume et al., 2019). Sin embargo, la luz posee otra cualidad; la temperatura del color derivada de la longitud de onda emitida dentro del espectro electromagnético visible ya sea corta o larga. Además, se ha demostrado que las longitudes de onda más cortas en este espectro son más eficaces que las longitudes de onda más largas para inhibir la síntesis y concentración circulante de la hormona melatonina y con esto afectar su ritmo circadiano de síntesis y liberación.

Varios estudios realizados en las últimas décadas han investigado cómo se afectan distintas funciones por la iluminación natural o artificial en los espacios de oficina, lo que ha demostrado la importancia de proporcionar una buena estrategia de diseño de iluminación de este tipo de espacios, para favorecer la salud física y mental de los usuarios (de Vries et al., 2018; Garrido & Piderit-Moreno, 2020; Giraldo et al., 2020; Figueiro et al., 2017; Lamb & Kwok, 2016; Woo et al., 2021).

También se ha demostrado la influencia de la luz en el rendimiento cognitivo de los ocupantes, al ser evaluado su efecto de manera cuantitativa y cualitativa o mixta, mediante test, encuestas, cuestionarios, incluso a través de la obtención de electroencefalogramas (EEG); con este tipo de investigaciones se han reportado hallazgos de gran impacto, por ejemplo: la calidad lumínica y el tiempo de exposición a una iluminación determinada, afecta los procesos cognitivos, de manera diferente en personas jóvenes que en ancianos (Boubekri et al., 2020; correa et al., 2016; Jamrozik et al., 2019; Nebes et al., 2009; Rut et al., 2019). Asimismo, se ha sugerido que una iluminación del espectro de longitud de onda corta puede, durante el día, favorecer la eficiencia en los procesos cognitivos, además de mejorar el estado de ánimo y disminuir la depresión (Goodale, 2007; Nagaré et al., 2021; Nowozin et al., 2017; Siraji et al., 2023; Tonello, 2015).

En este sentido, los resultados mencionados en su conjunto nos hacen suponer que la calidad de la luz, además de su intensidad y el tiempo de exposición, pueden influir en el control del sistema circadiano, y, por lo tanto, en el nivel de actividad de los individuos, con repercusiones en distintos procesos fisiológicos como los cognitivos, específicamente en el rendimiento de las habilidades de las funciones ejecutivas.

Los cambios ambientales y factores culturales también tienen el potencial de afectar negativamente la salud física y mental humana, en particular los procesos cognitivos o conductuales. Los perfiles luminosos modernos, que son una fusión de luz natural y artificial, muestran un patrón en el que la distinción entre día y noche no está clara para el cuerpo, y la luz de diferentes longitudes de onda e intensidades aparece y desaparece de forma irregular e impredecible (Kim et al., 2023). Algunos investigadores sugieren que las condiciones actuales de iluminación juegan un papel fundamental en la desregulación de los procesos biológicos de las personas, sobre todo en aquellos espacios donde se permanece durante periodos prolongados del día. Por lo anterior nos parece importante estudiar como la iluminación interior en espacios laborales afecta distintas funciones ejecutivas en los oficinistas.

1. Marco teórico

1.1 La luz

La luz emitida por el sol (luz natural), o la que es emitida por fuentes o dispositivos creados por el hombre (luz artificial), es una energía radiante que fluye en forma de ondas en cualquier medio con una dirección determinada, y solo es perceptible cuando interactúa con la materia que permite su absorción o reflejo. Se dice entonces que hay un cuerpo que emite y otro que recibe, a esta interacción o transferencia se le llama radiación. La luz no tiene visibilidad por sí misma, aquello que vemos no es la luz, sino aquello que la refleja (Sirlín, 2005).

“El uso de la energía eléctrica como fuente de producción de la luz abre una infinita gama de posibilidades de imitación de sucesos naturales o artificiales” (Sirlín, 2005). Y, desde la aparición de la luz eléctrica, se ha incorporado a la arquitectura complementando la luz natural (Muros & Perdomo, 2021).

1.1.1 *Caracterización de la luz*

La radiación solar que llega a la tierra cubre un espectro de ondas electromagnéticas con longitudes que van desde los 290 nm (UV) a los 1700 nm (infrarrojo). Dentro de ese espectro electromagnético se encuentra la luz visible o la que es percibida por el ojo humano, que va de los 380 a los 780 nm. El ojo y el cerebro humano discrimina entre las distintas longitudes de onda cortas y largas, mediante la percepción de los colores, así, los azules y violetas corresponden a las longitudes cortas, mientras que el naranja y el rojo a longitudes de onda largas (Arroyo, 2016), tal como se muestra en la figura 1.

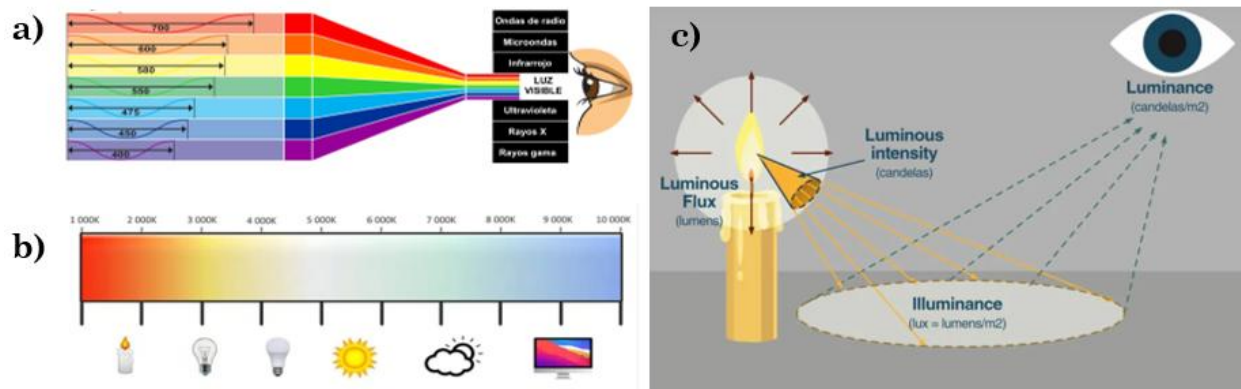


Fig. 1. (a) Espectro electromagnético y longitudes de onda; (b) Temperatura del color correlacionada (TTC) determinada en grados kelvin (K); (c) Magnitudes y unidades de la luz.

La luz puede ir de un punto a otro a manera de reflexión, refracción, dispersión, absorción, difusión, polarización, difracción e interferencia. Las magnitudes y unidades de la luz se usan para medir y comparar las cualidades y sus efectos de las fuentes de luz. En este sentido, el flujo luminoso (cuya unidad de medida es el lumen) refiere a la cantidad de luz emitida por una fuente en todas las direcciones. Por su parte, la iluminancia (cuya unidad de medida es el lux), se refiere al flujo luminoso que se distribuye en una unidad de superficie determinada (m^2). Luminancia es la intensidad luminosa emitida en una dirección dada, y esta se relaciona con el brillo que una superficie produce en el ojo (figura 1).

Además, pueden diferenciarse en espectro continuo o de líneas, el continuo se obtiene al descomponer la luz solar y de las emisiones lumínicas producidas por cuerpos sólidos (incandescencia), en tanto que el de líneas se obtiene de lámparas con emisiones lumínicas producidas a través de descargas de gases (Sirlín, 2005).

1.1.2 La luz y cognición

El ser humano percibe el mundo que lo rodea mediante el sentido de la vista. Eli Sirlín (2005), define tres puntos de análisis de la luz: a) la física, es decir, sus propiedades

cualitativas y cuantitativas; b) la percepción de la luz; que refiere a los mecanismos que dependen del sujeto que percibe; además c) el significado de la luz, que involucra aspectos simbólicos y emocionales relacionados con la percepción. A lo anterior, se sugiere que podría ser añadido un 4to factor desde un enfoque neuropsicológico basado en la salud física y mental; además, un 5to factor basado en el efecto de la luz en el funcionamiento cognitivo.

Diferentes investigaciones neurobiológicas relacionan la estimulación de los sentidos con la construcción del conocimiento, considerando la iluminación como un elemento de estimulación presente en el espacio. En este sentido, científicos de Corea del Sur, en 2019, llevaron a cabo un estudio de medición de la luz natural durante 10 meses, en el cual se analizaron las características de este tipo de luz. Con base en esta información, se generó un prototipo de LED que recuperaba las características diarias de iluminación natural; durante el amanecer y el atardecer predominaba la iluminación en la longitud del rojo porque la temperatura del color es relativamente baja durante estos dos periodos, mientras que la iluminación LED cambiaba a los tonos azules al acercarse el mediodía. Los autores sugieren que la iluminación del amanecer y justo antes del atardecer, así como después del atardecer proporciona un ambiente adecuado para relajarse; en cambio, la iluminación del medio día (12:00) proporciona un ambiente adecuado para estudiar; en tanto que la iluminación detectada en el resto del día proporciona un ambiente adecuado para reuniones (Kim et al., 2020).

Además, es importante considerar que las experiencias individuales de los usuarios pueden influir en los resultados. Por ejemplo, conforme envejecemos, la córnea se va tornando color ámbar y esto bloquea el paso de luz enriquecida con la longitud de onda del azul (Riemersma-Van Derk Lek et al., 2008). Por otro lado, ciertas enfermedades relacionadas con las estructuras que forman el ojo podrían condicionar la percepción de la luz. En este sentido, la cantidad de luz que llega a la retina debido al tamaño de esta y la transmitancia del cristalino, o la sensibilidad a la luz pueden modular las longitudes de onda percibidas (Brown et al., 2020). Del mismo modo, una fuente de luz artificial, en sus últimas horas de vida, emite menor cantidad de flujo luminoso, lo cual lleva a forzar el ojo humano para compensar la luz necesaria para percibir el entorno.

Estudios específicos sobre iluminación en espacios de educación han demostrado que las variaciones lumínicas pueden influir en la agudeza visual, en tareas de concentración e incluso en el rendimiento académico (Fernandez et al., 2015). La luz artificial, en especial la temperatura del color correlacionada (TCC), tiene una influencia importante dentro del comportamiento humano y en el desarrollo de las actividades diarias (Vera & Muros, 2021). Por otro lado, Pacheco et al., (2021), mencionan que el exceso de ventanas que permiten una entrada excesiva de luz natural en un espacio de trabajo puede provocar una disminución en la productividad, debido al aumento excesivo de temperatura ambiental. Lo ideal es que los espacios tengan una iluminación que, tanto en cantidad como en calidad, permitan una visión adecuada, así como induzcan una estimulación fisiológica, psicológica (Muros & Perdomo, 2021) y cognitiva.

Además, existen otros factores vinculados a la falta de productividad que deriva en problemas de salud pública; por ejemplo, los hongos nocivos para la salud pueden proliferar en espacios interiores donde no hay suficiente luz ni ventilación, pero, para mitigar esta situación, se suele iluminar de manera excesiva, lo cual puede afectar la percepción y generar fatiga visual (Pacheco et al., 2021). En España, la Institución Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) cuenta con la norma NPT-290: esta se refiere al Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) y es un cuestionario para evaluar las condiciones de iluminación; con este instrumento se corrobora que el porcentaje de intensidad lumínica interior sea menor al permitido por la OMS <20% (Pacheco et al., 2021). Implementar una normativa con estos parámetros en México, sería importante para mejorar los aspectos de la seguridad e higiene de los trabajadores de oficina, a través de su incorporación en los reglamentos de construcción, o bien, en las normativas de uso del edificio, inclusive en los reglamentos de recursos humanos. Estas normas se pueden apoyar con estudios en los que se relacione el rendimiento de los trabajadores y su salud con distintos aspectos fisiológicos regulados por la luz, como el caso de los ritmos biológicos y las funciones ejecutivas.

1.2 Ritmos biológicos

Los estudios realizados en la década de los años 50s del siglo pasado sobre los ritmos circadianos en las moscas de fruta por Colín Pittendrigh, y en humanos por Jürgen Aschoff, podrían considerarse como la base de las investigaciones modernas de la cronobiología. También la identificación de las etapas del sueño por parte de Nathaniel Kleitman permitieron asociar esta función con los ritmos circadianos. Sin embargo, los primeros estudios para describir los ritmos biológicos se realizaron durante el siglo XVIII; Jean-Jacques de Mairan, un científico francés, publicó una monografía que describió los movimientos diarios de las hojas de una planta mimosa. Mairan colocó a la planta en un espacio interior sin exposición a la luz del sol, esto es, en condiciones de oscuridad constante y las hojas de la planta continuaron moviéndose con un ritmo diario, manteniendo un periodo similar al del fotoperiodo. Este hallazgo sugirió que los movimientos oscilatorios representaban algo más que un simple reflejo a la estimulación luminosa en respuesta al sol, y más bien que las oscilaciones en el movimiento de las hojas son controladas por un reloj interno (Vitaterna et al., 2001).

A nivel celular, el control de los ritmos circadianos está asociado con una variación periódica central de retroalimentación transcripcional/traducciona de al menos 4 genes. Además, en los mamíferos, el cronometraje autónomo de las células está regulado por la señalización recíproca entre neuronas y células de glía; esto determina las propiedades emergentes de los circuitos circadianos del NSQ: de esto depende una oscilación precisa respecto de la amplitud, el periodo y la fase (Patton et al., 2023). El reloj interno tiene una serie de genes y sus productos proteicos codificados, permiten la regulación de diversos procesos fisiológicos en todo el cuerpo. Es interesante resaltar que estas oscilaciones que son estables pueden ser perturbadas y estas interrupciones de los ritmos biológicos pueden perjudicar la salud y el bienestar de los organismos (Vitaterna et al., 2001).

Los ritmos biológicos pueden clasificarse de acuerdo con la duración del periodo de sus oscilaciones, ver tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de los ritmos biológicos de acuerdo con la duración de su periodo.

Ritmo	Periodo	Ejemplo
Ultradianos	0.1 segundo	Electroencefalograma
	1 segundo	Electrocardiograma
	6 segundos	Respiración
	60 minutos	Secreción pulsátil de hormonas
	90 minutos	Estados del sueño
Circadianos	24 horas	Activación locomotora
		Ciclo sueño vigilia
		Temperatura corporal
Infradianos	28 días	Ciclo menstrual
	365 días	Nacimientos Hibernación

1.2.1 Ritmos circadianos

Los ritmos biológicos asociados con la duración de un día (24 h), son conocidos como ritmos circadianos; este nombre deriva del latín “circa diem”, que significa “alrededor de un día” (Vitaterna, 2001). Su funcionamiento adecuado juega un papel fundamental en la regulación temporal de una amplia gama de procesos celulares, fisiológicos y conductuales (Yalcin et al., 2022).

Walker et al. (2020) define a los ritmos circadianos como manifestaciones internas asociadas con el día solar, que le han permitido a los organismos adaptarse a cambios temporales ambientales cíclicos y predecibles. Como se mencionó con anterioridad, estos ritmos de 24 h son controlados por mecanismos de relojería molecular dentro del cerebro y estructuras periféricas, que se reinician al estar expuestos al ciclo de luz y oscuridad en un proceso conocido como sincronización (Walker et al., 2020).

En los mamíferos, el reloj circadiano reside en los grupos de células nerviosas que integran el NSQ, el cual se encuentran en una región de la base del cerebro llamada hipotálamo anterior (Vitaterna et al., 2001). Esta estructura marcapaso está regulada por la variación diaria del neurotransmisor GABA; la concentración de este neurotransmisor se reduce en el NSQ durante el día porque es transportado al interior de los astrocitos y esta variación permite regular la actividad neuronal: esta actividad electrofisiológica

aumenta en ausencia de GABA y se reduce cuando la concentración del neurotransmisor se incrementa. Esta estructura es el principal reloj maestro cerebral y coordina los ritmos que se presentan en todo el cuerpo; en este sentido, en el NSQ, la generación de la oscilación circadiana depende de neuronas interconectadas que utilizan el neurotransmisor inhibitorio GABA, que retroalimentan su actividad oscilatoria con células de astrocitos (Patton et al, 2023). El NSQ está sincronizado con distintos ciclos ambientales, por ejemplo, con el fotoperiodo, mediante la inervación del tracto retino-hipotalámico (TRH). Por otro lado, estos ritmos circadianos en el NSQ se mantienen incluso en ausencia de señales ambientales de 24 h, aunque los periodos son menores o mayores a 24 h y se denominan de oscilación libre, porque el ritmo no está sincronizado por ningún cambio cíclico ambiental. Incluso, cuando el NSQ se aísla y se genera un modelo *ex vivo*, se observa que se mantiene el ritmo circadiano de su actividad molecular, pero también se su actividad electrofisiológica y metabólica (Walker et al, 2020).

Como demostró Pittendrigh (1960), la desviación de un ciclo de 24 horas en realidad proporciona un medio para que el sistema de cronometraje interno se alinee continuamente con el entorno de luz y oscuridad” (Vitaterna et al., 2001). La ritmicidad se puede observar en cualquier variable fisiológica o de comportamiento y en estas funciones es posible evaluar la fase, el periodo y la amplitud de las oscilaciones circadianas con lo que es posible caracterizar los ritmos circadianos. En este sentido, es fundamental tener en cuenta la distinción entre ritmicidad diurna (debido a la sincronización en el comportamiento por variables cíclicas externas) y la ritmicidad circadiana (debido a que los procesos biológicos están regulados únicamente por la variación del reloj endógeno) (Dijk & Duffy, 2020).

Debido a que el NSQ no es directamente accesible en humanos, la ritmicidad y la sincronización de osciladores periféricos (que funcionarían como marcadores temporales) se usa como indicador de la fase y el ritmo del NSQ. La elección de estos osciladores está determinada por la facilidad de evaluación, el costo, y la confiabilidad en los parámetros circadianos del propio marcador (Dijk & Duffy, 2020). Los ritmos periféricos, como la temperatura corporal central, el cortisol y la melatonina, se han

utilizado ampliamente como marcadores de la fase circadiano del NSQ (Dijk & Dufy, 2020).

Como ya se mencionó, los parámetros de los ritmos circadianos son: amplitud de la oscilación, la fase (la cual es un momento dentro de la oscilación, por ejemplo, el tiempo en el cual se observa el mayor incremento de la función evaluada) y el periodo (este valor es la duración de cada oscilación) (figura 2). Los ritmos circadianos se pueden alterar por perturbaciones derivadas de la exposición del sistema circadiano y en particular del reloj maestro por variaciones externas y estas perturbaciones se pueden ver reflejadas en los parámetros mencionados. Una perturbación muy estudiada ha sido la exposición a luz artificial durante la noche (Walker et al., 2020).

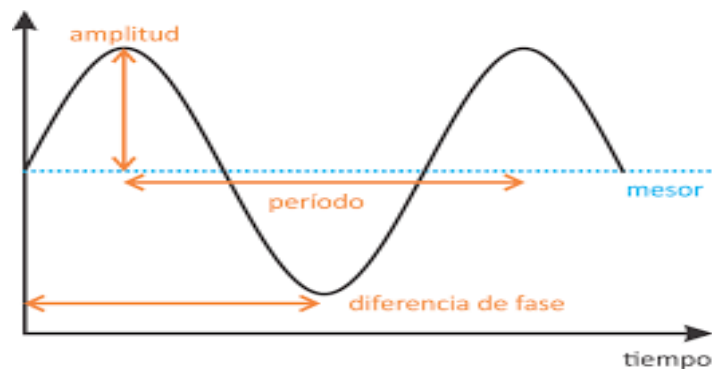


Fig. 2. Parámetros de los ritmos circadianos que nos permiten caracterizarlos y compararlos entre especies.

Dentro de las perturbaciones en los parámetros circadianos se pueden observar por ejemplo retrasos o avances de **fase**, alargamiento o acortamiento del **periodo**, o en los niveles de actividad asociados con la **amplitud** del ciclo y estas perturbaciones dependen de cuando se presente la señal externa durante el ciclo circadiano (Vitaterna et al., 2001). Dentro de las señales perturbadoras de los ritmos puede haber señales fóticas (que varían en duración e intensidad) y no fóticas (como interacciones sociales, horarios de las comidas, entre otras); los efectos de lo anterior pueden resultar en trastornos del sueño, fatiga diurna, perfiles hormonales alterados, problemas gastrointestinales y metabólicos, así como cambios en el estado de ánimo (Walker et al, 2020).

En un estudio en donde se indujo cambios de **fase** de 7 horas (un cambio hacia el este y uno hacia el oeste), en el transcurso de un mes se observó que el cambio hacia el este interrumpió significativamente el sueño y elevó las puntuaciones de ansiedad y depresión (Walker et al, 2020). Además, se ha observado que al exponerse a la luz durante la primera parte del periodo de oscuridad normal del individuo generalmente se produce un retraso de **fase**, mientras que exponerse a la luz durante la última parte del periodo de oscuridad normal del individuo, generalmente produce avance de fase. La exposición a la luz durante el periodo diurno habitual produce poco o ningún cambio de fase (Vitaterna et al., 2001).

Por otro lado, la terapia con luz brillante para trastornos de depresión hace avanzar la **fase** de la melatonina, y la administración de antidepresivos da como resultado avance de los ritmos circadianos, tales como los ritmos de la melatonina, de temperatura corporal, de actividad y de la concentración circulante de cortisol (Walker et al, 2020). Además, la ansiedad y la depresión ocurren con mayor frecuencia en trabajadores por turnos, o en trabajadores con actividad laboral nocturna, lo que puede ser causado por alteraciones en su higiene de sueño, pero también por un impacto en su sistema circadiano (Walker et al, 2020).

Los cambios de **amplitud**, como la actividad o la temperatura corporal, se observa a menudo, por ejemplo, en el envejecimiento (Dijk & Duffy, 2020). Se ha demostrado en estudios, que, a medida que envejecen los seres humanos, las lentes oculares se va tornando color ámbar, lo cual bloquea en parte el paso de luz enriquecida con azul, entonces, se puede asumir que la temperatura del color correlacionada (TCC) podría estar relacionada los cambios en la amplitud en los ritmos circadianos de algunas funciones.

1.2.2 Luz como principal sincronizador de los ritmos circadianos (RC)

Además de los fotorreceptores que forman imágenes (bastones y conos) en la retina, la luz también es detectada por células fotorreceptoras especializadas en

mamíferos. Esta tercera clase de fotorreceptores, llamadas células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC, por sus siglas en inglés), participan en varias funciones que no forman imágenes, incluida la fototransducción circadiana.

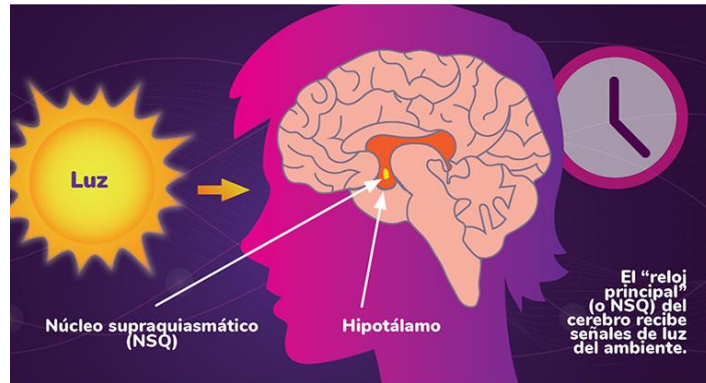


Fig.3. La luz como uno de los principales sincronizadores de los núcleos supraquiasmáticos (NSQ), también conocido como reloj maestro en vertebrados (tomada de <https://nigms.nih.gov/image-gallery/6614>).

Cabe señalar que la luz es un sincronizador, es decir, cuando esta señal está presente, los ritmos se sincronizan con ella (Vitaterna et al., 2001). Sin embargo, la calidad de la luz a la que se expone la estructura sincronizadora podría influir en alguno de los parámetros circadianos; por ejemplo, recibir luz durante el periodo nocturno podría afectar la fase, pero, exponerse a una calidad o temperatura del color de la luz de menor intensidad a la del sol, podría afectar la amplitud del ciclo, y bajar los niveles de actividad en el reloj maestro y las glándulas suprarrenales, además de desregular la producción de hormonas que ayudan a regular diversas funciones del metabolismo, la presión arterial, respuesta al estrés y homeostasis del cuerpo (Arroyo, 2016).

Las características de la luz solar cambian a lo largo del día y en respuesta a la atmósfera; típicamente la luz solar contiene longitudes de onda más cortas (azules durante el día) y luego cambia a longitudes de onda más largas (rojas) hacia la puesta de sol. La luz azul (480 nm) estimula más intensamente los ipRGC del fotorreceptor de melanopsina, mientras que la luz roja (600 nm) tiene un efecto mínimo (Walker et al,

2020). El espectro de luz absorbido por la melanopsina pudiera ser una adaptación al ciclo solar natural, A nivel celular, esta información fótica se transmite a través de una vía monosináptica mediante la liberación de aminoácidos excitatorios, como el glutamato (Walker et al, 2020).

La sincronización del NSQ se transmite a las estructuras periféricas mediante actividad neuronal o mediante la liberación de mensajeros químicos (ver figura 3). Dentro de estos mensajeros, la melatonina circulante es una señal sincronizadora de los relojes en los órganos periféricos. La secreción de melatonina está estrictamente controlada por la luz y en este sentido, una exposición a la luz durante la noche puede reducir la síntesis y liberación de esta hormona y en consecuencia afectar los parámetros circadianos de su ritmo (Nowozin, 2017; Wright et al., 2004). Los efectos de la luz como disruptor circadiano son variables entre las especies; se ha sugerido que esto puede depender de la ventana de desarrollo durante la cual ocurre la disrupción circadiana (Figueiro et al., 2017), así como del tipo de emisor de luz (halógena, fluorescente compacta o diodo emisor de luz (Brown et al, 2020)), además de su intensidad y temperatura del color correlacionada (Rut et al., 2019; Grant et al., 2021).

La disrupción de los ritmos circadianos (llamada cronodisrupción) puede deberse a diversas causas. Por ejemplo, la exposición a contaminación lumínica entendida como la luz nocturna que no sigue el ciclo natural de luz/oscuridad; este tipo de cronodisrupción afectan el sueño, el estado de alerta y la cognición (Fani & Sharp, 2024). También, la cronodisrupción se ha asociado con una variedad de trastornos mentales y físicos, lo cual puede tener un impacto negativo en la seguridad, el rendimiento y la productividad. La falta de sincronía dentro del entorno interno podría conducir a problemas en el individuo, como un deterioro en la función cognitiva, alteración hormonal o molestias y alteraciones gastrointestinales (Vitaterna, 2001). Por otro lado, los adultos mayores son más vulnerables a los efectos de iluminación, debido a su capacidad reducida para absorber la luz en la retina, esta capacidad es tres veces menor que la de una persona de 20 años (Fani & Sharp, 2024), y esa susceptibilidad a la cronodisrupción deriva una serie de problemas en el desempeño de sus funciones cognitivas.

1.2.3 Cronotipo y Arousal

El cronotipo es una predisposición natural de cada individuo a experimentar picos de energía o momentos de descaso en función del ritmo circadiano. Cabe señalar que los humanos somos una especie diurna y esto implica que, en nuestro ritmo circadiano de actividad, tenemos la mayor parte de nuestra actividad durante el día y poca actividad nocturna. Dentro de este esquema, no todos los humanos tenemos nuestros picos de mayor actividad a las mismas horas del fotoperiodo, al contrario, algunos individuos pueden tenerlos durante la mañana y esto corresponde con un cronotipo matutino, algunos están más equilibrados en su preferencia para realizar actividades en cualquier momento y tienen cronotipo intermedio y algunos durante el atardecer e incluso durante horas de la noche y tienen cronotipo vespertino (Rolón & Mendez, 2023). Se ha sugerido que el cronotipo está determinado en gran medida por el reloj biológico, pero en él influyen varios factores genéticos, ambientales y de estilo o calidad de vida. Es importante entonces destacar que los picos de actividad, gasto energético y estado de alerta, difiere entre los individuos y se relaciona con los cronotipos.

Además de los ciclos diarios, Fernández & Melcon (2015) mencionan que los ciclos naturales (entre ellos los ritmos circadianos) y el comportamiento humano (personalidad), tiene estrecha relación con los fenómenos estacionales que generan variaciones lumínicas y de temperatura ambiental, lo que a su vez genera cambios en la salud humana, expresión física, conductual y psicológica.

Hebb (1955) menciona que la alerta implica una relación estrecha con la motivación (Arcos, 2021). Asimismo, Valdés-Ramírez et al. (2009) observó que el comportamiento humano presenta variaciones circadianas con relación al rendimiento de tareas dependientes del estado de alerta; el menor rendimiento se presentó durante la madrugada y las primeras horas de la mañana, y a estas horas también se observó una disminución en la temperatura corporal.

Según Rosselló y Munar (1994), los sujetos introvertidos están más activos por la mañana, y los extrovertidos lo están por la noche (Fernández & Melcon, 2015). Pero es importante tomar en cuenta que los niveles de alerta no son siempre estables; en este

sentido, Tessu (2002) sugiere que existen otros factores que modifican o influyen en la actividad, que son: naturaleza de la tarea, condiciones del espacio, día y hora de ejecución, cronotipo, motivación y personalidad (Fernández & Melcon, 2015).

Para el estudio de los cronotipos se han estandarizado varios instrumentos para asociar esta característica con otros aspectos del comportamiento humano. Dentro de estos instrumentos, la evaluación subjetiva del cronotipo se puede determinar con el cuestionario “Morningness-Eveningness Questionnaire de Horne and Obsterg”. Este cuestionario permite clasificar el cronotipo en 3 tipos: matutino, intermedio y vespertino (Rolón 2023).

1.3 Funciones ejecutivas

Las funciones cerebrales superiores son ese conjunto de capacidades que le permiten a la especie humana modificar el ambiente y las circunstancias, y estas capacidades dependen en gran medida de los lóbulos frontales (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008). En este sentido, Goldberg, (2021), sugiere que estos lóbulos representan el centro ejecutivo del cerebro y estas estructuras, al igual que las funciones superiores, han llegado a configurarse como una prueba fehaciente de la evolución (Arcos, 2021).

Como menciona Arcos (2021), “las funciones cerebrales superiores se constituyen a partir de memoria, atención, lenguaje, razonamiento abstracto, actos gestuales, funciones ejecutivas (FE)”. Estas últimas están contenidas en las funciones cerebrales superiores y son determinadas por ellas (Rodríguez et al, 2006).

Las FE, constituyen una función reguladora e integradora del comportamiento, y son procesos neuropsicológicos de orden superior que ponen en evidencia el potencial de la actividad cerebral del ser humano y sus capacidades a partir de la evolución de la corteza cerebral y en particular de la región prefrontal (Arcos, 2021). Las FE fundamentales son la inhibición de respuesta (autocontrol: resistirse a actuar impulsivamente), el control de interferencias (atención selectiva e inhibición cognitiva), la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva (que incluye pensar de forma creativa, también ver cualquier cosa desde diferentes perspectivas, así como adaptarse de forma rápida y flexible a circunstancias cambiantes (Diamond, 2013).

Las FE son muy importantes para resolver problemas de la vida diaria y distintos estudios han mostrado al ser evaluadas a través de instrumentos neuropsicológicos, que las FE son un buen predictor de éxito académico o laboral, esto es, las personas que puntúan bajo en los test (descartando las casusas fisiopatológicas), tienden a permanecer menos tiempo en la escuela o el trabajo, y además tienen más dificultades para ser seleccionados y ocupar una vacante laboral (Chai et al, 2018).

1.3.1 Definición y desarrollo neuropsicológico de Funciones ejecutivas

De acuerdo con Lezac (1982), las FE son un conjunto de capacidades referidas a la formulación de metas, la planificación para el logro de estas metas y la ejecución de la conducta de manera eficaz (Arcos, 2021). Por su parte, Burguess (1997), define a las FE como un proceso o serie de procesos, cuyo principal objetivo es facilitar la adaptación a situaciones nuevas, operando a través de habilidades cognitivas más básicas, e incluyen habilidades motoras y cognitivas, como la lectura, la memoria o el lenguaje (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008). Además de las definiciones anteriores, Barkley (1997) sugiere que existen cuatro FE que parecen tener un claro correlato neurofisiológico, son: motivación, alerta, memoria de trabajo y flexibilidad (Orjales, 2000). Las FE se han correlacionado con el funcionamiento de los lóbulos frontales, tal como se muestra en la figura 4.

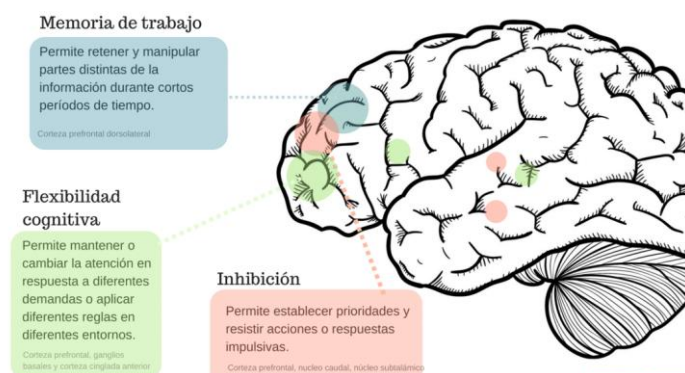


Fig. 4. Principales funciones ejecutivas que se han correlacionado con los lóbulos frontales (tomada de <https://oes.fundacion-sm.org/eduforics/educacion-inclusiva-y-de-calidad/neurociencias-y-aprendizajes-esenciales/las-funciones-ejecutivas/>).

Los lóbulos frontales son las estructuras cerebrales de evolución más reciente en los mamíferos, y presentan la organización funcional más compleja y diversa del cerebro humano. Se divide funcionalmente en tres grandes regiones: la orbitofrontal (de carácter sensorial), la frontomedial (de carácter visceral y motora) y la región dorso lateral (de naturaleza cognitiva) (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008; Arcos, 2021). Estas estructuras que reciben información sensorial se conectan con las áreas premotoras, además de estructuras de la región límbica (Arcos, 2021).

La corteza orbitofrontal se encuentra más relacionada con el sistema límbico y su función se ha asociado con la regulación de emociones y estados afectivos, además del control de la conducta (Damasio, 1998. Revisado en Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008).

Por su parte, la corteza frontomedial participa activamente en los procesos de inhibición, detección y solución de conflictos, así como en la regulación de la atención. Además, en la regulación de la agresión y de estados motivacionales (Rastrepo, 2008). Se ha sugerido que la corteza del cíngulo anterior funciona integrada con esta región (Rastrepo, 2008). Adicionalmente, su porción inferior está relacionada con el control autonómico, las respuestas viscerales, reacciones motoras y los cambios de conductancia de la piel ante estímulos afectivos, aunque el área supero-medial se asocia más con los procesos cognitivos (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008).

Por último, la corteza dorso lateral es la región más grande y filogenéticamente más reciente de la región frontal; esta se divide en cuatro áreas principales: corteza motora, premotora, dorso lateral y anterior. En particular, la región dorsolateral está vinculada a procesos que se consideran funciones ejecutivas: tales como planeación, memoria de trabajo, fluidez verbal y no verbal, solución de problemas complejos, flexibilidad mental, generación de hipótesis, seriación y diseño de estrategias; en tanto que las porciones más anteriores se vinculan con la metacognición, lo que permite la autoevaluación y el ajuste de la actividad con base en el desempeño continuo (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008).

Se ha sugerido que existen diferencias hemisféricas; en este sentido, la corteza prefrontal izquierda (CPI) está más relacionada con los procesos de planeación secuencial, flexibilidad mental, fluidez verbal, memoria de trabajo para material verbal,

codificación de memoria semántica y secuencias inversas, así como la consolidación de rutinas repetidas con frecuencia. Por otro lado, la corteza prefrontal derecha (CPD) se relaciona más con la construcción y diseño de objetos y figuras, la memoria de trabajo para material visual, la apreciación del humor, la memoria episódica (proceso de recuperación), la conducta (emocional, creativa, intuitiva y espacial) y la cognición social. Entonces, la CPI se relaciona con la toma de decisiones que tienen una lógica, a las que se ha llamado verídicas; en cambio, la corteza prefrontal derecha se relaciona más con las decisiones subjetivas y adaptativas que son relativas del momento y espacio del sujeto. Pero, a pesar de que la mayoría de las diferencias hemisféricas se relacionan con la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL), algunas de ellas dependen de otras regiones de la corteza prefrontal (CPF) o incluso de toda esta estructura cerebral en su conjunto (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008). A continuación, describiremos 4 FE relacionadas con nuestro trabajo, la atención, la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva.

1.3.2 Atención

La atención es un proceso cognitivo requerido para mejorar el desempeño de una gran cantidad de tareas (Valdez-Ramírez et al, 2009) y está estrechamente asociada con las funciones ejecutivas (Jamrozik et al., 2019). Esta es una capacidad para responder de forma eficiente ante estímulos sensoriales y se ha sugerido que puede depender de factores intrínsecos como los cronotipos, o extrínsecos como factores ambientales. En el caso de los intrínsecos, por ejemplo, en los individuos con cronotipo matutino, la alerta máxima será durante la mañana; y, en aquellos cronotipos vespertinos, su alerta máxima será por la tarde (Rolón-Mendez et al., 2023). Respecto de los factores extrínsecos, por ejemplo, los espacios verdes se relacionan con la luz y el sonido, y este conjunto de elementos favorece la liberación de hormonas y neurotransmisores que pueden modular la atención (Saez, 2014). Además, Welles, psicóloga ambiental de la universidad de Cornell, sugiere que si los chicos estudiantes de entre 7 y 12 años, que en casa tienen vista al jardín, obtienen mejores resultados al ser evaluados con un test de atención

(Saez, 2014). Del mismo modo, se ha observado que, en roedores, los espacios masificados o sonidos estridentes repentinos, así como las luces brillantes, y otros estímulos semejantes detonadores potentes de la respuesta al estrés, lo cual induce a la segregación de adrenalina, lo que produce activación de áreas cerebrales relacionadas con la atención y la vigilancia, además de aumentar el ritmo cardiaco (Solís & Herrera, 2017).

1.3.3 Memoria de trabajo (MT)

Baddeley & Hitch (1974), definen memoria de trabajo (MT) como el proceso de almacenamiento temporal de información sensorial necesaria para la realización de tareas cognitivas complejas, asimismo lo entendieron como un sistema multicomponente compuesto por un sistema ejecutivo que controla y regula las acciones de dos sistemas de procesamiento sensorial diferenciado que le subordinan (Milla Cano & Gatica-Ferrero, 2020).

Stuss & Alexander (2020), definen la memoria de trabajo como aquella que permite mantener y sostener la información de forma temporal y activa mientras es procesada, analizada seleccionada e integrada semánticamente. Además, este concepto es empleado para referirse al proceso de almacenamiento temporal de información necesaria para la realización de tareas cognitivas complejas (Milla Cano & Gatica-Ferrero, 2020). En este sentido, Goldman-Rakic (1998), sugiere que existe la participación de distintas estructuras de la CPF para el mantenimiento de la MT.

1.3.4 Inhibición

Barkley (1997), entiende por autocontrol o autorregulación, la capacidad del individuo para inhibir las respuestas motoras y, tal vez, las emocionales, que se producen de forma inmediata a un estímulo, suceso o evento, con el fin de sustituirlas por otras respuestas.

Stuss & Alexander (2020), sugieren que la inhibición es una herramienta primordial para la conducta. Definen el control inhibitorio, como la habilidad de controlar y regular las tendencias a crear respuestas impulsivas (Arcos, 2021).

1.3.5 Flexibilidad cognitiva (FC)

De acuerdo con la definición de Ostrosky (2008), la FC es la capacidad para reconocer y cambiar de un esquema de acción a otro, a partir de que se evalúan los resultados y se detecta que la respuesta no fue eficiente. Por otro lado, Gill (2002) la refiere como una habilidad para que un sujeto adapte las decisiones de su actuación de acuerdo con el contexto ambiental en el que se encuentra. Además, según Rodríguez *et al*, 2012 (revisado en Milla Cano, 2020), la FC ha sido descrita al considerar el paradigma de cambio de tarea, y mediante las variables de tiempo de reacción, además de los aciertos y los errores perseverativos.

Stuss & Alexander (2020), definen la flexibilidad mental como esa capacidad de cambiar la insistencia en una estrategia o actividad que no es adecuada en un contexto determinado. Esto permite un replanteamiento para implementar una nueva estrategia y dar solución a problemas a través incluso de otros procedimientos cognitivos. Esta FE ha sido observada como una función necesaria para operar en ambientes en los que se detecta poca estructura o en los que se presentan fuentes de información cambiantes que van modificando la naturaleza de la tarea (Milla Cano, 2020).

Los espacios ambientales y en particular los laborales o escolares se han asociado con el desempeño de los individuos que tienen que utilizar FE para solucionar problemas específicos. A continuación, se describe brevemente cómo el ámbito de la arquitectura se ha asociado con la neurociencia con la finalidad de que las construcciones y sus interiores sean más adecuados para mejorar el rendimiento y completar de mejor modo distintas actividades.

1.4 Aspectos arquitectónicos que influyen en la actividad cerebral y en las funciones ejecutivas

Las disciplinas de la arquitectura y de la neurociencia han convergido con un enfoque interdisciplinar y recientemente se formó una disciplina nombrada neuroarquitectura; esta tiene como objetivo el mejorar el diseño de las construcciones y las características de sus interiores en beneficio de los usuarios de acuerdo con aspectos neurofisiológicos; además, trata de entender como el espacio arquitectónico y los interiores afectan a nuestro cerebro para modular nuestro estado emocional, cognitivo y conductual (Solís & Herrera, 2017). La neuroarquitectura también estudia cómo los elementos arquitectónicos impactan nuestra salud física y mental, basándose en evidencia aportada por la neurociencia (Kim, 2023).

Los antecedentes de la formación de la neuroarquitectura son antiguos. Al inicio del siglo anterior, Jonas Salk (1914-1995), virólogo estadounidense, quien desarrollo la vacuna contra la poliomielitis a mediados de 1950, tuvo una anécdota en la que menciona que, al sentirse encerrado en su laboratorio en un sótano con poca luz, y estancado en su trabajo, decidió tomarse una licencia porque creía que un tiempo fuera podría ayudarle a pensar mejor. Viajó a Italia y se alojó en un monasterio del siglo XVIII, y rodeado de semejante belleza, le hizo cambiar su estado emocional, y le permitió concebir la vida de una manera diferente a como lo había hecho antes. Volvió con la idea de construir un nuevo instituto de investigación en el que se considerara distintos conceptos de la mente desarrollados en la época; con esta finalidad, convocó al arquitecto Louis Kahn, para desarrollar y construir en 1960 el Instituto Salk, considerado referente de la Neuroarquitectura, donde en estas últimas décadas, se han realizado estudios para evaluar cómo las emociones y la cognición en algunos contextos como el académico o el laboral, dependen en gran medida de los estímulos externos evocados por el ambiente y cómo esto se asocia con la actividad de áreas cerebrales o circuitos neuronales específicos; estos hallazgos se han obtenido al realizar estudios de neuroimagen funcional y electroencefalografía, que han permitido visualizar y cuantificar diversas percepciones experimentadas por el ser humano y la integración de esta información en el SNC (Kim, 2023).

Diferentes factores arquitectónicos afectan la actividad cerebral, las emociones y la cognición (Kim, 2023); por ejemplo: la altura del techo, los colores en las paredes, los materiales de los muebles e inmuebles, la antropometría, la ventilación, el ruido, los olores, el espacio reducido, el tráfico, entre otros, todos estos afectan las funciones cerebrales y son muy diferentes de los contextos percibidos por nuestros ancestros.

Existen varios estudios que señalan que la memoria, la capacidad de concentración y de atención se ven afectados negativamente en ambientes urbanos. En este sentido, las personas que viven en grandes urbes padecen mayores niveles de ansiedad, depresión, estrés crónico y riesgo de padecer trastornos mentales graves en comparación con las personas que viven en ambientes rurales (Solís & Herrera, 2017). Un espacio encerrado puede generar sensación de estrés, así como un espacio más abierto puede relajar a las personas o, un ambiente con una luminosidad adecuada y que incorpora elementos que imitan la naturaleza pueden lograr un impacto positivo en la salud. Uno de los elementos centrales en este trabajo es el impacto que tiene la iluminación de los interiores en distintas funciones ejecutivas.

1.4.1 La luz en el desempeño de las funciones cognitivas

Diferentes características de la luz, incluyendo la intensidad, el espectro (indicado como temperatura del color correlacionada (TCC)), la duración y la hora del día de la exposición, tienen influencia significativa en el rendimiento cognitivo (Fani & Sharp, 2024). En este sentido, KIM (2023) sugiere que la secreción y el ritmo de hormona melatonina se puede restaurar en los pacientes cuando se crea un ambiente iluminado de modo personalizado centrado en las necesidades del paciente de una unidad de cuidados intensivos. La iluminación también puede influir en el personal que labora en una oficina cuando se expone a determinada calidad lumínica, ya que, la exposición a la luz de espectro de longitud de onda corta o luz enriquecida con azul, durante la noche, puede suprimir la secreción de la melatonina, desfasando el inicio del sueño, lo que a su vez puede perjudicar las funciones cognitivas, como: la atención, memoria y habilidades ejecutivas (Fani & Sharp, 2024). Asimismo, la exposición a iluminancia ocular tan baja

como 50 luxes en las primeras horas del día, puede aumentar el tiempo de liberación de melatonina y provocar somnolencia (Fani & Sharp, 2024).

Desde hace décadas, Simonson y Brozek (1948) encontraron que las ventanas pequeñas, insuficientes u obstruidas provocan fatiga visual y tensión ocular. Asimismo, Woo et al, (2021) menciona que “al privar a los individuos de una visión de larga distancia, ellos se ven imposibilitados de tener relajamiento de los músculos oculares, lo que puede afectar no solo a los receptores de la retina encargados de la visión, sino los ganglionares que reciben la información lumínica no visual” (Wilkins et al.,1989). Con relación a esto, estudios subjetivos realizados en campo, han evidenciado que a mayor distanciamiento del puesto de trabajo con relación a la ventana que proporciona entrada de luz natural, mayor beneficio físico y mental, y que, a mayor acercamiento del puesto de trabajo a la ventana, el beneficio disminuye (Woo et al., 2021); lo anterior puede deberse al exceso de luz natural y al ángulo de esa entrada de luz, además de que el resplandor que genera fatiga visual también se ha reportado como un aspecto negativo. Aunque, las personas expuestas a una iluminación natural con ventana de vidrio electrocrómico reportaron sentirse más energizadas, felices y tranquilas (Woo et al., 2021).

Para la correcta función y desempeño de los trabajadores, se sugiere una iluminación artificial que contenga las características de la luz natural del día, como lo hace la iluminación melanóptica, la cual tiene en cuenta el efecto que puede producir en el estímulo circadiano para generar una sincronización adecuada del sistema circadiano en los usuarios expuestos a dicha iluminación.

Antecedentes

El rendimiento cognitivo es complejo y multifactorial, y abarca la capacidad de un individuo para interactuar con información. Las investigaciones emergentes destacan el papel significativo de la calidad de sueño y el ritmo circadiano humano como determinantes biológicos vitales que afectan el rendimiento cognitivo, la memoria y la velocidad de procesamiento de información (Fani & Sharp, 2024).

Entre los factores que pueden afectar los procesos mencionados está la iluminación natural o artificial. Existen investigaciones que demuestran la importancia de ajustar la iluminación artificial para que se pueda tener un mejor desempeño cognitivo, específicamente en las FE, (Diamond, 2013). Los estudios al respecto se han realizado con diferentes enfoques y métodos, pero los resultados han sido inconsistentes (Fani & Sharp, 2024). Se han realizado estudios tanto de laboratorio como de campo. Algunos de estos, sobre todo aquellos que evalúan el rendimiento del personal de oficina, se está llevando a cabo en laboratorios vivientes, por lo cual, son más evidentes y certeros los resultados obtenidos en sus investigaciones. Por ejemplo, en 2017, durante un estudio que se llevó a cabo en instalaciones del Well Living Lab, los empleados reclutados permanecieron durante 14 semanas. En las pruebas alternaban la condición experimental (persianas opacas, persianas malla, tinte dinámico) cada dos semanas. La temperatura ambiental, la iluminación artificial y la ventilación se mantuvieron constantes durante todo el estudio. Sus resultados mostraron que el rendimiento de la función cognitiva mejoró en condiciones de malla o tinte dinámico. Ellos sugieren que, para una mejora en la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad, las condiciones de visión y la luz del día sí influyen; asimismo, el exceso de luz puede aumentar la incomodidad y la fatiga visual por deslumbramiento (Jomrozik et al., 2019).

Un estudio realizado en 2008 por investigadores del Instituto de Neurociencias de los Países Bajos, evaluó los efectos de la exposición a la iluminación en la capacidad cognitiva de adultos mayores. En 6 asilos públicos holandeses se instaló un sistema de luz artificial con una intensidad de iluminación de 1000 lux, mientras que otros 6 centros la iluminación permaneció de 300 lux. Se evaluó el rendimiento de las capacidades cognitivas y el estado de ánimo de los adultos mayores cada 6 meses durante 3 años y medio; los resultados mostraron que en los centros más iluminados hubo 5% de menor pérdida de capacidad cognitiva, además de un 19% menos de personas con depresión (Riemersma-Van Der Lek et al., 2008). Esto sugiere que, las características de la iluminación recibida durante las horas del día, puede tener un efecto en el rendimiento cotidiano.

Por otro lado, en 2019, investigadores de la universidad del Bío-Bío en Chile, estudiaron los factores de diseño arquitectónico en espacios de oficina, que estimulan el ciclo circadiano, para evidenciar la importancia del efecto no visual de la luz. De manera subjetiva, evaluaron al personal de oficina de la universidad y sus hallazgos mostraron, que, a pesar de que un 65% mencionó no conocer el tipo de iluminación que recibe durante su jornada laboral, y un 41% expresó no requerir ningún tipo cambio de iluminación en su puesto de trabajo, se detectaron sintomatologías relacionadas con una alteración circadiana al presentar fatiga visual, ardor en los ojos, entre otros síntomas; además, se evidenció que la calidad, la cantidad y el tiempo de exposición a la iluminación artificial o mixta, puede generar efectos perjudiciales en la salud, y que, el desconocimiento por parte de los individuos de la iluminación que reciben cotidianamente, no anula el efecto que en su organismo provoca la exposición a la iluminación no saludable o inadecuada en el espacio laboral (Garrido & Piderit-Moreno, 2020).

Asimismo, otro estudio realizado en 2020, por investigadores de la Universidad Nacional de Polonia, y la Universidad Nacional Militar de Medicina, de Reino Unido, proporcionó evidencia de que la exposición a una iluminación artificial de longitud de onda larga durante día afecta el funcionamiento cognitivo humano (Domgalik et al., 2020). En ese estudio se investigaron los efectos del bloqueo prolongado de la luz enriquecida con azul (onda corta) en el funcionamiento cognitivo, en particular; la atención sostenida y la memoria de trabajo en el componente viso espacial, utilizando además correlatos fisiológicos tales como los niveles de melatonina y cortisol. Debido a que la lente del humano conforme envejece se va tornando color ámbar, lo cual provoca un bloqueo de la luz azul o longitud de onda corta, se revelaron efectos significativos tanto para la atención sostenida como para la memoria viso espacial, es decir, cuanto más duró el bloqueo (a través de lentes de contacto color ámbar) de la luz azul, se observó mayor disminución en el rendimiento (Domgalik et al., 2020).

Adicionalmente, Grant *et al.*, (2021) estudiaron el efecto de la exposición diurna a una luz artificial con diferente intensidad melanópica, (la luz con longitud de onda que estimula a la melanopsina) sobre el rendimiento cognitivo en estudiantes. Los resultados

mostraron que la exposición a luz enriquecida con la longitud de onda del azul, mejora la velocidad de procesamiento de información, la memoria de trabajo, así como el aprendizaje procedimental de una tarea de secuencia motora, en adultos y jóvenes con restricción moderada de sueño por 7 horas.

Además de lo anterior, Jamrozik *et al.* (2019), encontraron que el acceso de los individuos a la luz natural controlada con malla sombra o tinte dinámico en los cristales y con una vista al exterior, puede mejorar la habilidad de la memoria de trabajo y la inhibición, además de reducir la fatiga visual.

La evidencia mencionada en este apartado sugiere que el ambiente establecido en los interiores de los centros de salud, además de los laborales o educativos, con particular atención en la calidad e intensidad de iluminación, puede influenciar en respuestas conductuales asociadas con las FE.

Planteamiento del problema

La insatisfacción personal al percibir un espacio no adecuado para el bienestar físico y mental en los trabajadores, puede verse reflejada en mayores costos a la empresa debido al ausentismo y particularmente a una disminución en la productividad laboral.

Desde hace ya algunas décadas, ha tenido relevancia el estudio del impacto de la calidad lumínica en las emociones y/o distintos procesos cognitivos (de Vries *et al.*, 2018; Garrido & Piderit-Moreno, 2020; Figueiro *et al.*, 2017; Giraldo *et al.*, 2020; Lamb & Kwok, 2016; Vitaterna *et al.*, 2001; Woo *et al.*, 2021). Sin embargo, se ha prestado más atención a la cronodisrupción derivada de una exposición de los organismos a una iluminación brillante durante la noche, y poco se ha estudiado el efecto que tiene la exposición a una iluminación artificial durante el día.

Esta relación de la luz con la salud y el confort visual son determinantes en los espacios destinados al trabajo humano. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1982 reconoció un síndrome nombrado del edificio enfermo (SEE), el cual padecen los trabajadores y que afecta el desempeño laboral, la productividad y la salud, debido a, por ejemplo: malas condiciones de ventilación e iluminación en el interior de

las construcciones; lo anterior genera situaciones que los ocupantes experimentan y afectan su salud física o mental, además de causar otras molestias relacionadas con el tiempo que pasan en el edificio (Pacheco et al., 2021). Del mismo modo, La Environmental Protection Agency (EPA), en 1989 enfatizó que uno de los factores más importantes en la calidad de vida de los trabajadores es la estancia dentro de los edificios, pues pasan entre un 80 y 90% del tiempo en espacios cerrados, por lo que la luz y la ventilación natural son factores relevantes (Pacheco et al., 2021).

Entonces, cuando ambos factores se presentan de manera adecuada, la calidad de vida del trabajador mejora y por ende el rendimiento de sus funciones. Diversos factores del diseño y la construcción influyen en el rendimiento de las funciones cognitivas, incluidas el tipo de ventilación, la temperatura y humedad interior, además de la iluminación, y conjugados todos, pueden afectar el desempeño de los trabajadores. Los factores biológicos, químicos, físicos, ergonómicos, de diseño y materiales de construcción, pueden estar involucrados e interactuando de manera conjunta, por ello no puede ser desligado uno del otro, pues en mayor o menor medida aportan al bienestar individual y del grupo de trabajadores. Por otro lado, la hipersensibilidad individual, y distintos factores psicosociales también influyen en el desempeño de los trabajadores.

Ahora bien, enfocando un elemento de diseño y construcción, que tiene estrecha relación con el ser humano, es la iluminación. Porque, es bien sabido que el reloj biológico del ser humano se sincroniza principalmente con la luz, esto no quiere decir que dependa de la luz para su funcionamiento, sino que, adapta el ritmo de sus funciones con relación a la calidad y cantidad de luz que recibe a través de la retina y los tractos retinohipotalámicos.

Es entendible que no siempre se puede contar con luz natural en el interior, y es por ello que se ha utilizado luz artificial para iluminar espacios; en este sentido, el espacio arquitectónico debe permitir una equilibrada distribución, donde se cuente con acceso a una entrada de luz natural, aunque los edificios utilizados para trabajo de oficina no siempre han sido diseñados para ese uso, y las consecuencias de esos cambios de uso del inmueble, se ve reflejado en el bienestar y desempeño de los ocupantes; esto sucede con frecuencia en espacios de trabajo de gobierno.

En México, los reglamentos de construcción no consideran entre sus normas la calidad o temperatura del color de la luz implementada, misma que influye en el proceso de la sincronización del sistema circadiano. A diferencia de esto, actualmente existen certificaciones internacionales enfocadas en el bienestar y la salud, como es el caso de la Certificación WELL, cuyo valor fundamental es la luz, tanto para iluminación natural como artificial (Muros y Perdomo, 2021). Sin embargo, en México no se exige el implementar estas normativas para nuevos proyectos o para remodelaciones. México no cuenta con una normatividad que brinde una guía o una metodología para determinar el nivel de SEE, aunque esto si es considerado en otros países como España, Estados Unidos o Reino Unido (Pacheco et al., 2021).

Algunos edificios no fueron diseñados para el uso actual, sino que fueron reacondicionados, y esto es lo que podría estar generando un incorrecto acoplamiento del usuario con el espacio. El diseño y la construcción se ha reducido al cumplimiento de la función, y se ha dejado de lado el confort humano, en quien debería estar enfocado el diseño; en este sentido, se pone más cuidado al presupuesto económico al rendimiento y economía de los materiales, al aprovechamiento del suelo, pero no al usuario.

Por otro lado, hay aspectos negativos derivados de la iluminación que se deben de considerar, como el exceso de calor producido por los rayos solares o por la iluminación artificial, que podría inducir a los trabajadores a abandonar su puesto de trabajo, buscando inconsciente o conscientemente la estabilización de la temperatura corporal que subyace a los niveles de energía en el organismo.

Diversas investigaciones han sugerido que el espectro de emisión, la intensidad, así como el tiempo de exposición a una fuente de luz puede adelantar o retrasar el reloj biológico, influenciando así al sistema circadiano, y afectando el desempeño de algunos procesos cognitivos, específicamente las funciones ejecutivas. Sin embargo, muchos de estos estudios utilizan métodos que requieren de gran presupuesto económico, y amplia disposición de los participantes, lo cual hace complicado llevar a cabo la recolección de datos; esto nos lleva a plantear alternativas para estudiar el efecto de estas variables en las funciones ejecutivas de oficinistas.

Es importante conocer los efectos que la exposición a una iluminación artificial durante el día puede tener sobre los mecanismos que favorecen a los procesos cognitivos de los trabajadores de oficina, principalmente aquellos tan útiles para el desempeño diario. En este sentido destacamos las funciones ejecutivas, tales como; atención, flexibilidad, inhibición y memoria de trabajo.

Pregunta de investigación

¿La calidad e intensidad de la iluminación natural y artificial utilizada en los espacios de oficina tienen un efecto sobre las habilidades de las funciones ejecutivas: atención; flexibilidad; inhibición; y memoria de trabajo de las personas que laboran en esos espacios?

Justificación

Debido a que puede haber alteraciones en el sistema circadiano derivado de una iluminación de intensidad baja en un espacio laboral durante el mediodía o excesiva después del atardecer, y que las condiciones actuales de iluminación no son siempre las adecuadas, es importante resaltar que el tipo de iluminación al que están sometidas las personas que trabajan en ambientes donde no hay iluminación natural, podría condicionar su desempeño laboral.

El diseño de las construcciones y de los interiores podría considerar los efectos no visuales de la luz. Lo anterior podría contribuir a resolver de manera eficiente que los niveles de actividad en personas que se exponen a condiciones de iluminación artificial durante su jornada laboral sean óptimos y sus ritmos biológicos permanezcan sincronizados, permitiendo además el adecuado funcionamiento de sus funciones cognitivas.

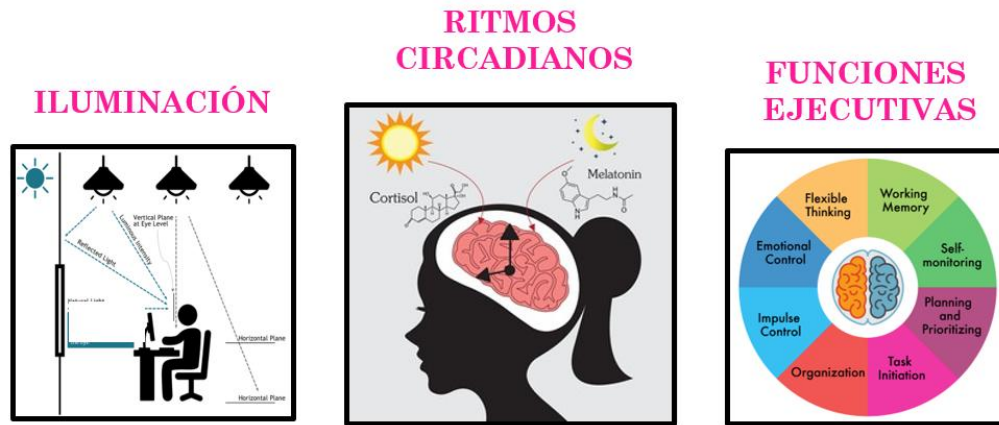


Fig. 5. Los ritmos circadianos pueden mediar el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas de las personas expuestas a determinada calidad e intensidad lumínica.

Este trabajo se diferencia de otros al evaluar el rendimiento de las habilidades de las funciones ejecutivas a través de pruebas neuropsicológicas, para analizar si existen efectos de la exposición a distintas calidades lumínicas en espacios de trabajo, sobre los trabajadores. Además, relaciona las características de la luz recibida con el rendimiento de las habilidades de las funciones ejecutivas, que pudieran estar mediadas por el reloj biológico de los humanos (ver figura 5). En este estudio se considera que los ritmos circadianos se sincronizan principalmente con la luz, y estos, a su vez, pudieran ser perturbados por alteraciones en la calidad y cantidad de luz recibida a través de la retina. Adicionalmente, que las funciones ejecutivas del ser humano dependen en gran medida del arousal en la vigilia que, a su vez, el estado de alerta depende de la señalización del reloj maestro quien determina si debe subir o bajar los niveles a través de la señalización con hormonas o neurotransmisores.

Se considera relevante también generar evidencia acerca de los impactos de la luz en espacios cerrados en las personas, no solo trabajadores o estudiantes. Esto podría permitir al sistema de gobierno o empresas del mercado laboral, que consideren las necesidades de los usuarios que muchas veces no son evidentes, pero repercuten en el desempeño.

Hipótesis de investigación

La calidad, la intensidad y el tiempo de exposición a una iluminación artificial, durante la jornada laboral de oficinistas en la fase diurna del fotoperiodo, afecta el funcionamiento del reloj maestro, encargado de regular el sistema circadiano en el organismo, y esto puede verse reflejado en el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas, tales como; atención, memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad.

Predicciones

Los grupos de oficinistas expuestos a una iluminación de mayor intensidad mostrarán mejores resultados en la evaluación de las habilidades de sus funciones ejecutivas, respecto de aquellos expuestos a una iluminación de menor intensidad.

Asimismo, los dos grupos de oficinistas expuestos a iluminación de mayor y menor intensidad, evaluados en su momento de alto arousal, tendrán mejores resultados que aquellos dos grupos de oficinistas evaluados en momento de bajo arousal.

H0: La exposición a una iluminación artificial de **alta intensidad** durante el día, no mejora el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas.

H1: La exposición a una iluminación artificial de **alta intensidad** durante el día, mejora el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas.

H0: La exposición a una iluminación artificial de **baja intensidad** durante el día, mejora el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas.

H1: La exposición a una iluminación artificial de **baja intensidad** durante el día, no mejora el desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas.

H0: Las personas evaluadas en un horario de entre 8 a.m. – 9 a.m. tendrán **diferentes resultados** en la evaluación al desempeño de las habilidades de las funciones ejecutivas respecto de aquellos evaluados en un horario de entre 11:00 a.m. y 12:00 p.m.

Objetivos

Objetivo general

Analizar los efectos que tiene la exposición a la iluminación artificial durante el fotoperiodo de luz, en personal dedicado al trabajo de oficina, específicamente en cuatro habilidades de las funciones ejecutivas: la atención, la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad.

Objetivos específicos

1. identificar la calidad de luz (intensidad y temperatura) en los espacios cerrados laborales.
2. Determinar los niveles de depresión, ansiedad e impulsividad en los participantes, además de su nivel socioeconómico y su cronotipo.
3. Evaluar la atención, la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad mediante la prueba Neuropsi.
4. Comparar los dos grupos expuestos a diferente calidad lumínica, evaluados en un mismo horario, y en horarios diferentes para conocer si existe diferencia en el rendimiento de las habilidades en los componentes de las funciones ejecutivas evaluadas.

Método y diseño experimental

Para medir la calidad y cantidad de luz de los espacios laborales se eligieron espacios gubernamentales y académicos, debido a su relevancia arquitectónica, ya que, muchas veces los espacios de gobierno son reacondicionados y no diseñados para su uso; en el caso de instituciones académicas, los edificios elegidos son de construcción reciente y ambos cuentan con un diseño enfocado en las necesidades de los usuarios. Ambos parámetros de la iluminación se midieron con un luminómetro (marca Yunyao) en cada una de las oficinas donde trabajan los participantes seleccionados; además, con estos datos se calculó el promedio de cada parámetro por edificio.

Diseño del estudio

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, con alcance exploratorio, y diseño no experimental de corte transversal. La población de este estudio es de trabajadores de oficina del estado de Morelos y se tuvo una muestra de 35 participantes.

Participantes

Los participantes (18 mujeres y 17 hombres) se reclutaron de la población general trabajadora en Morelos con una escolaridad mínima de preparatoria, sin síntomas depresivos moderados a severos, con visión normal a corregida a normal; no se consideró si eran ambidiestros, diestros o zurdos. Debido a que se utilizó material con estímulos a color, los participantes con daltonismo no fueron incluidos.

Consideraciones éticas

Se eligieron dos instituciones del Gobierno del Estado de Morelos. Se tuvo una muestra total de 27 participantes, de la cual se excluyó a 4 participantes debido a que no cumplieron con todos los criterios de inclusión (duración de jornada y nivel de escolaridad).

Además, se eligieron dos instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con una muestra de 13 participantes de los cuales se excluyó a uno de ellos por no cumplir con todos los criterios de inclusión (enfermedad que dificulta la concentración y atención).

Se hicieron cuatro grupos experimentales como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Organización de personas evaluadas en su área de trabajo durante su jornada laboral diurna.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Horario de aplicación	8:00 a.m. - 9:00 a.m.	8:00 a.m. - 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 12:00 p.m.	11:00 a.m. -12:00 p.m.
Luxes	238 (baja)	883 (alta)	207 (baja)	1322 (alta)
TCC (temperatura del color correlacionada)	5634 K°	5561 K°	4044 K°	5241 K°

Consideraciones éticas

La investigación se realizó en apego la declaración de Helsinki para la investigación en seres humanos. Este protocolo de investigación fue aprobado (protocolo no. 280224) por el Comité de Bioética Institucional del Centro de Investigación Transdisciplinar en Psicología (CITPSI) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Los participantes fueron reclutados por conveniencia y todos leyeron y firmaron el consentimiento informado.

Criterios de inclusión

- Aceptar y firmar el consentimiento informado
- Trabajadores de oficina
- Neurotípicos
- Sexo indistinto
- Edad entre los 25 y 65 años
- Nivel socioeconómico C y C+
- Escolaridad media superior y superior
- Cronotipo intermedio y matutino

Criterios de exclusión

- Haber consumido cafeína o nicotina previo a las pruebas
- Haber dormido menos de 6 horas la noche anterior a la prueba
- Ser de cronotipo vespertino
- Jornada laboral nocturna
- Entrada no oscile entre las 8:00 a.m. y 8:30 a.m.

Variables

Variables dependientes

- Funciones ejecutivas; atención, flexibilidad, inhibición y memoria de trabajo.

Variables independientes

- Iluminación

Operacionalización de variables

Tabla 1. Variable independiente. Iluminación de los espacios laborales.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica o instrumento
Iluminación	Color de la temperatura dada en °K	*Temperatura del sitio *Temperatura del color de la iluminación de oficina	*Medición de temperatura del espacio *Medición en grados kelvin, de la iluminación obtenida en oficina	*Termómetro ambiental *Espectrómetro digital
	Intensidad luminosa	*Ventanas *Luminarias *Horario	*Localización de las entradas de luz natural y artificial *Ubicación de mesa de trabajo	*Luxómetro digital *Levantamiento arquitectónico y fotografías

Tabla 2. Variables dependientes. Funciones ejecutivas

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica o instrumento
<i>Funciones ejecutivas</i>	Atención	Aciertos	*Prueba retención de dígitos en progresión	Batería neuropsi
	<i>Flexibilidad</i>	<i>Aciertos</i>	*Prueba de Stroop	<i>Batería neuropsi</i>
	<i>Inhibición</i>	<i>Aciertos y tiempo</i>	*Prueba de Stroop *Prueba conteo de estrellas	<i>Batería neuropsi</i>
	<i>Memoria de trabajo</i>	<i>Aciertos en prueba viso-espacial y Verbal-auditiva</i>	*Prueba retención de dígitos en regresión *Cubos de corsi	<i>Batería neuropsi</i>

Instrumentos

- Inventario de ansiedad de Beck, este para conocer su estado actual de salud mental.
- Inventario de depresión de Beck, este para conocer su estado actual de salud mental.
- inventario de impulsividad de Barratt BIS-II, este para conocer su estado actual de salud mental.
- Cuestionario de matutinidad y vespertinidad, este para conocer su cronotipo.
- Cuestionario socioeconómico, este para conocer su nivel socioeconómico.
- Subprueba de Retención de Dígitos en Progresión de la prueba Neuropsi, este para medir su nivel de atención y concentración.
- Subprueba de Detección visual (estrellas) de la prueba Neuropsi, este para medir su nivel de atención y concentración.
- Subprueba de Retención de Dígitos en Regresión de la prueba Neuropsi, este para medir su nivel de memoria de trabajo.
- Subprueba de Stroop de la prueba Neuropsi, esto para medir su nivel de funciones ejecutivas.
- Luminómetro para registrar calidad lumínica del espacio laboral (flujo luminoso medido en luxes, y temperatura del color de la luz medida en grados kelvin).

Procedimiento

Una vez revisado el inmueble, y asegurando que cumplía con las características necesarias para llevar a cabo el trabajo de investigación, se realizó la petición al responsable de cada dirección de área, para acceder al edificio y llevar a cabo la invitación a personas que laboran en las oficinas de dicho espacio, a través de un volante con información necesaria para reclutar personal de oficina interesada en participar. Se enfatizó en que la participación era voluntaria, y que no existiría remuneración monetaria, sino que, se proporcionaría el resultado de su actual estado de memoria y atención, así como un tríptico de información sobre efectos de la iluminación diurna en la cognición.

También se llevó a cabo el levantamiento arquitectónico de la planta o nivel donde se sitúan las oficinas de los participantes; para este punto se midió la intensidad de luz (luxes) y temperatura del color de la luz (grados Kelvin), con un luminómetro digital. Esto permitió hacer la representación del sitio y determinar los valores lumínicos bajo los cuales los oficinistas realizan su labor cotidiana en sus áreas de trabajo en la época del año en la que se aplicaron los instrumentos.

Se aplicó a todos los participantes un cuestionario socioeconómico y un instrumento para determinar su cronotipo; además, con la finalidad de descartar relación de su estado emocional con el desempeño en las pruebas que evalúan aspectos cognitivos, se aplicaron 3 inventarios para evaluar niveles de ansiedad, depresión e impulsividad.

Finalmente, en el grupo 1 y 2, se evaluó a los participantes en un horario entre 8:00 a.m. y 9:00 a.m., en el mes de mayo y junio del año 2024. Se aplicó parte de la batería Neuropsi, específicamente, Retención de Dígitos en Progresión, Detección Visual, Retención de Dígitos en Regresión, Stroop Tiempo de Interferencia, Stroop Aciertos Interferencia. Estas 5 subpruebas se llevaron a cabo al inicio de la jornada laboral de los participantes. Los instrumentos y entrevistas se aplicaron en un espacio acondicionado para que no tuvieran contacto visual con sus compañeros y se ventiló.

Con los grupos 3 y 4, las pruebas se replicaron durante el periodo de septiembre a noviembre del 2024, en un horario entre 11:00 a.m. y 12:00 p.m.; se utilizaron las mismas pruebas y se adicionaron dos subpruebas de la batería neuropsi: Cubos en progresión que mide atención y concentración; y Cubos de Corsi en Regresión, la cual mide memoria de trabajo.

Los datos de iluminación y la aplicación de los instrumentos de evaluación se recopilaron de mayo a noviembre del 2024. Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

Análisis de los resultados

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos, estos se agruparon en unidades de significado a las que se les asignó un código mediante el paquete estadístico SPSS (versión 20).

- Se utilizó una prueba de t de Student para muestras independientes, en la función de memoria de trabajo del componente viso espacial. Prueba de Cubos de Corsi en progresión y regresión para comparar entre intensidades de iluminación. En los grupos 3 y 4.
- Se realizó un análisis con la prueba de ANOVA múltiple de dos vías para muestras con dos variables independientes: en las pruebas de retención de dígitos, Stroop y conteo de estrellas. comparando entre calidades de iluminación (luxes y TCC) y entre horarios de aplicación (8:00 a.m. - 9:00 a.m. y 11:00 a.m. - 12:00 p.m.).

Resultados y discusión

Resultados

En este estudio se evaluó el efecto de la iluminación de los espacios interiores de las oficinas de tres instituciones gubernamentales. Las oficinas se localizan en tres edificios y se midió la intensidad de iluminación y la temperatura de color de cada oficina. Como se muestra en la figura 6, en uno de los edificios, los participantes están ubicados en dos plantas de las cuales uno recibe baja iluminación y otro recibe alta iluminación. Las oficinas del espacio de baja iluminación reciben en promedio 286 y 207 luxes (cabe destacar que los espacios que fueron acondicionados para aplicar los instrumentos a los participantes recibían una iluminación de 227 y 214 luxes). Por su parte, los sitios de alta intensidad de iluminación recibieron en promedio 968 y 1322 luxes y los sitios en los que se aplicaron los instrumentos recibían 1192 y 1268 luxes (Figura 6). Como se muestra en la figura 6, al comparar las intensidades de iluminación se encontraron diferencias estadísticas entre los dos sitios de baja intensidad respecto de los dos sitios de alta intensidad. Sin embargo, se encontró diferencia significativa respecto de casi todos los

sitios respecto de su temperatura de color, por lo que se decidió comprar los 4 sitios por separado para evaluar las diferencias en el desempeño de las funciones ejecutivas.

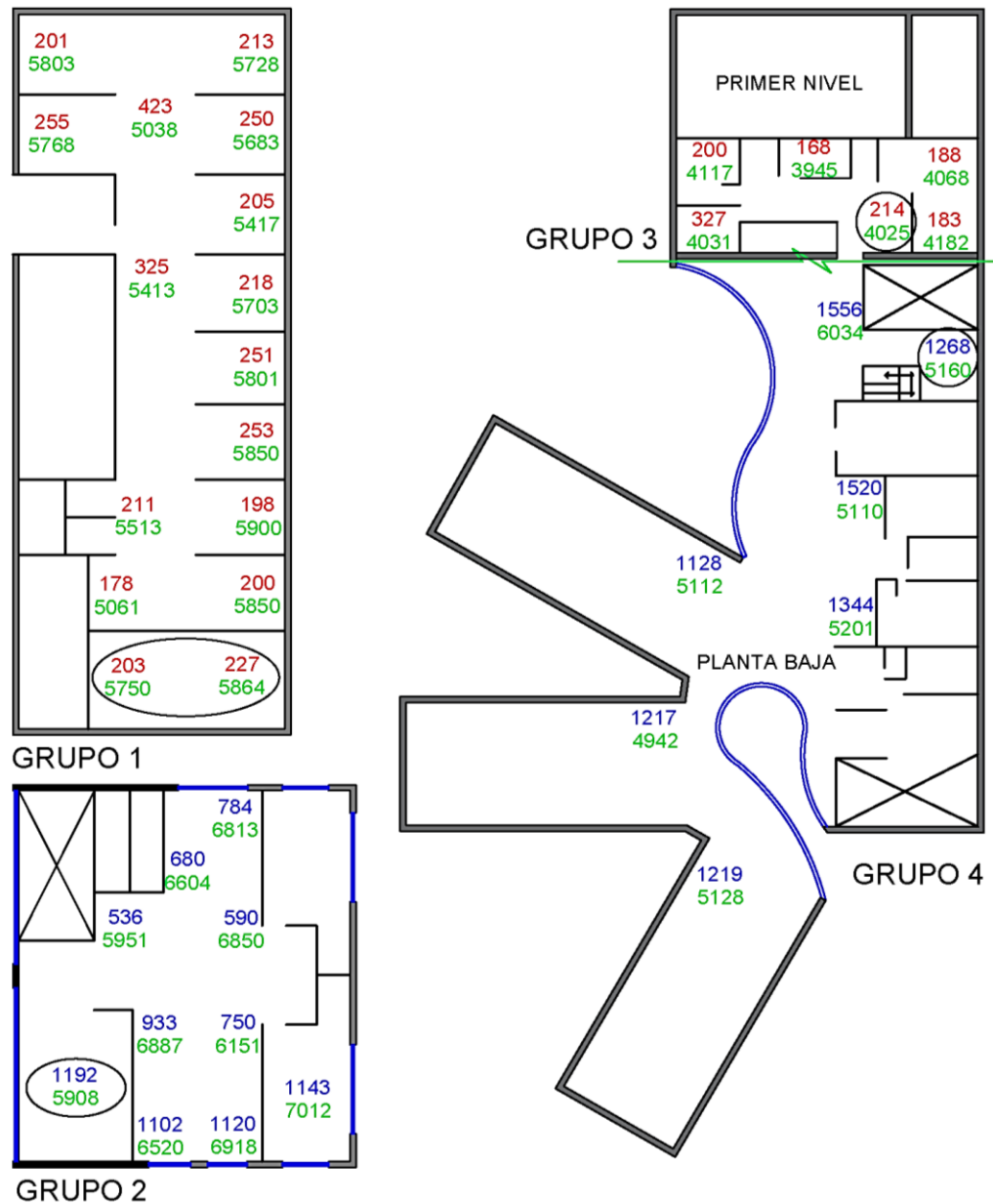


Fig.6. Levantamiento arquitectónico de los sitios en donde se localizan las oficinas. En esta figura se muestran las intensidades de iluminación (en rojo las de baja intensidad y en azul las de alta intensidad) y las temperaturas de color (en verde). En óvalos están encerrados los valores de los espacios en los que se realizaron las pruebas.

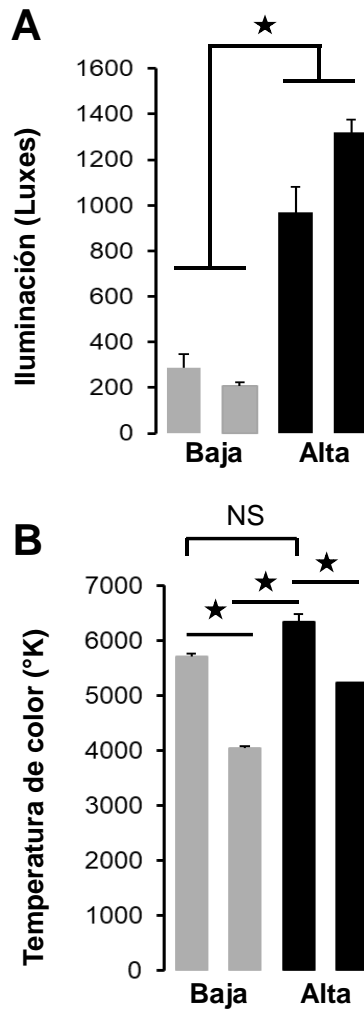


Fig. 7. Comparación de las intensidades de iluminación y la temperatura de color de las oficinas. Los datos se compararon con una prueba de AVOVA de una vía y una prueba post hoc de Tukey. Los asteriscos corresponden con valores de $p < 0.05$.

Respecto de los cronotipos, se encontró que en los 4 sitios el porcentaje de participantes de cronotipo matutino varió entre el 70% y el 94% (Figura 8). Además, ningún participante obtuvo un puntaje de impulsividad patológica según la escala de Barrat, ni de depresión o ansiedad. Por lo anterior todos los participantes fueron incluidos en el estudio.

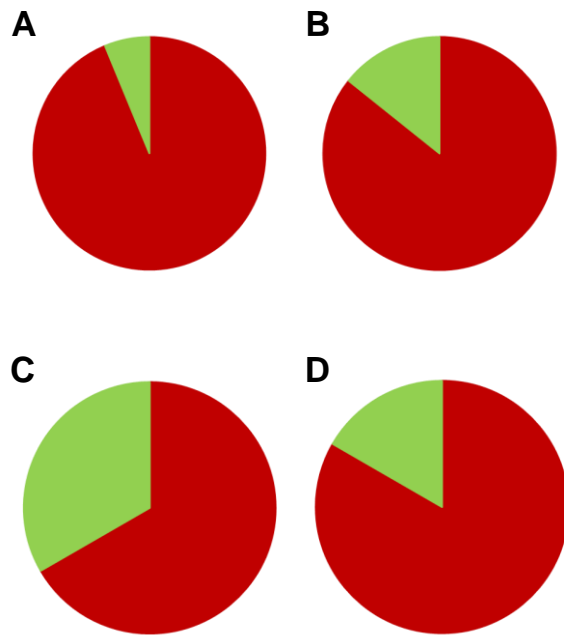


Fig. 8. Cronotipos de los participantes. En los diagramas se muestra en verde el porcentaje de los participantes con cronotipo mixto y en rojo el cronotipo matutino. En A se muestran los porcentajes en el grupo 1, en B del grupo 2, en C del grupo 3 y en D del grupo 4

En la primera etapa del estudio se entrevistó y aplicó los instrumentos a oficinistas de los grupos 1 y 2 indicados en la figura 6, en un horario de entre 8 y 9 de la mañana. Los datos obtenidos para evaluar las funciones ejecutivas se compararon mediante una prueba de t y únicamente se encontraron diferencias significativas en la prueba de dígitos en regresión; de modo contrario a lo que esperábamos, los valores más altos en esta prueba se obtuvieron de trabajadores del sitio de baja intensidad de iluminación (Figura 9).

A

	Baja iluminación		Alta iluminación		t	p
	Media	DT	Media	DT		
Dígitos en progresión	9.94	2.74	9.29	1.60	0.58	.57
Dígitos en regresión	9.25	2.18	6.86	1.77	2.55	.019 *
Detección visual	9.88	2.73	10.57	2.15	0.60	.56
Stroop – tiempo	11.88	1.26	11.14	1.68	1.16	.26
Stroop – aciertos	9.38	2.34	9.29	2.22	.086	.93

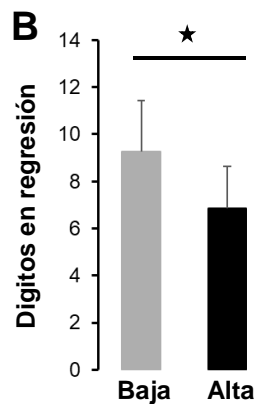


Fig. 9.

Evaluación de las funciones ejecutivas de oficinistas del edificio del grupo 1 y del grupo 2: En A se observan los valores de las pruebas de t respecto de los niveles de iluminación de las oficinas. En B se observa la media y error estándar únicamente de la prueba de dígitos en regresión. Los asteriscos corresponden con valores de $p < 0.05$.

En una segunda etapa del estudio, se realizaron entrevistas y se aplicaron los instrumentos en un segundo horario entre las 11 y las 12 de la mañana. Los resultados obtenidos en esta etapa correspondieron a oficinistas de un tercer sitio (denominados grupos 3 y 4 en la figura 6). Estos resultados fueron comparados con los obtenidos en la primera etapa para considerar la posibilidad de encontrar diferencias entre intensidades de iluminación, pero también entre horarios de aplicación. Como se observa en las

figuras 10 y 11, únicamente se encontró diferencia significativa respecto de la prueba de dígitos en regresión, tal como se observó entre intensidades de iluminación. Aunque se debe destacar que a pesar de que se mantuvo la diferencia entre intensidades en el horario de las 8-9 de la mañana, los valores altos en esta prueba se obtuvieron en los participantes entrevistados en el horario de las 11-12 del día. Además, en la tabla 3 se puede observar que hubo una tendencia, aunque no significativa, en los valores mayores al mediodía en las pruebas de dígitos en progresión y detección visual pero no en las de Stroop por tiempo o por aciertos.

Tabla 3

Funciones ejecutivas comparadas entre intensidades de iluminación y horario de aplicación de las pruebas.

	Dígitos progresión			Detección visual			Stroop aciertos			Stroop tiempo			Dígitos regresión		
	F	p	n ²	F	p	n ²	F	p	n ²	F	p	n ²	F	p	n ²
Luxes	0.149	0.702	0.004	0.0024	0.988	0.00007	0.504	0.483	0.016	0.504	0.483	0.016	6.736	0.014	0.165
Turno	2.700	0.110	0.079	2.818	0.103	0.082	0.008	0.931	0.0023	0.008	0.931	0.0023	2.921	0.097	0.072
Turno * luxes	0.149	0.702	0.004	0.505	0.483	0.015	0.639	0.430	0.020	0.639	0.430	0.020	0.054	0.818	0.001

En esta tabla se muestran las comparaciones con la prueba de ANOVA de dos vías y el asterisco corresponde con un valor de $p < 0.05$.

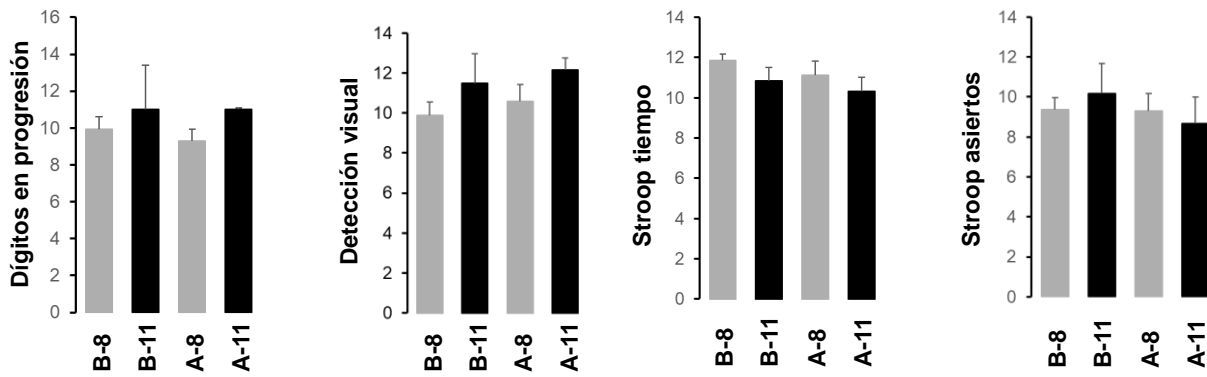


Fig. 10. Evaluación de funciones ejecutivas en sitios con iluminación distinta y horarios distintos de aplicación de las pruebas. En las gráficas se muestran los valores de la media y error estándar. En ningún caso hubo diferencia significativa.

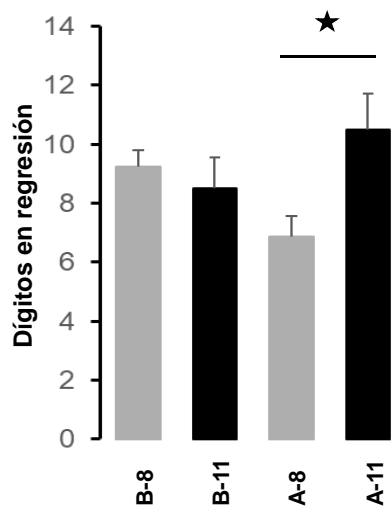


Fig. 11. Evaluación de la prueba de dígitos en regresión en sitios con iluminación distinta y horarios distintos de aplicación de las pruebas. En las gráficas se muestran los valores de la media y error estándar. el asterisco corresponde con un valor de $p < 0.05$.

Discusión

En este estudio se observó diferencia significativa en la prueba de dígitos en regresión respecto de las características de la iluminación, aunque también respecto de la hora del día en la que aplicó el instrumento a los participantes. Nuestros resultados indican que la memoria de trabajo (fonológica) o auditiva son sensibles a este factor externo, tal como lo describe Huiberts y colaboradores (2015) y el grupo de Kim (2025). Es interesante que en las pruebas de dígitos en progresión y de detección visual se observó una tendencia a incrementar los puntajes hacia el mediodía; sin embargo, al parecer, ni la calidad de la iluminación ni la hora de aplicación afectaron los resultados en las pruebas de Stroop, lo que sugiere que el efecto por la diferencia de iluminación o el arousal se podrían asociar de modo diferencial con distintas tareas y distintas funciones ejecutivas.

Es importante diferenciar los componentes de la iluminación, tanto cantidad como calidad. Una alteración del TCC no modifica las propiedades de potencia, ni el índice de deslumbramiento, pero sí la temperatura corporal y por ende el rendimiento (Vera & Muros, 2021). Para un mejor rendimiento cognitivo se requiere de 500 a 1200 lx durante la mañana. Asimismo, una TCC arriba de 4000 K° mejora la velocidad en el proceso cognitivo (Vera & Muros, 2021). Sin embargo esta debe ser luz indirecta para evitar el deslumbramiento que puede afectar negativamente el rendimiento de las funciones cognitivas.

Los resultados sin diferencias estadísticamente significativas podrían explicarse derivado de que los grupos evaluados estuvieron expuestos a cantidad de luz diferente, pero una TCC similar y, en concordancia con Fani & Sharp (2024), quien sugiere que el aumento de la temperatura del color (TCC) mejora el rendimiento de la tarea, mientras que la intensidad de la iluminación tiene poco impacto, y que, la exposición a la luz de corta duración puede afectar el rendimiento visual, pero tiene influencia mínima en el ritmo fisiológico. La iluminación artificial debe ser similar a la de sol, ya que la secreción de melatonina depende en gran parte del TCC, y en menor medida de la cantidad de luxes.

A pesar de que no se aplicaron encuestas con respuestas subjetivas, dos participantes hicieron comentarios sobre su puesto de trabajo, el cual está expuesto a un exceso de

luz natural, y eso les genera fatiga visual. En efecto, sus espacios cuentan con un gran ventanal donde el sol alcanza a iluminar el espacio de manera horizontal, al nivel de sus ojos, generando deslumbramiento constante. Esto es muy importante, ya que, hay evidencia de cómo incide la luz con longitud de onda corta o enriquecida con azul, pero pocos evalúan la posición de los reflectores de luz.

Los receptores sensoriales son estructuras especializadas del sistema nervioso u otras células asociadas con él, capaces de cambiar su potencial de reposo cuando un estímulo natural específico incide sobre ellos. Esto significa que normalmente son activables por cambios físicos específicos en su alrededor como presión, temperatura, luz, etc. Como consecuencia, fisiológicamente pueden ser excitados por estímulos distintos a la actividad sináptica (Ramírez, 1985). Existe evidencia de que los mecanismos colinérgicos juegan un papel crítico en la expresión de memoria a corto plazo. De acuerdo con Bartus (1978), la inhibición de la dopamina afecta significativamente la respuesta retardada. Esto sugiere que las funciones dopaminérgicas pueden desempeñar un papel igualmente importante en la expresión de la memoria de trabajo. Por otro lado, otros investigadores han concluido que el bloqueo de las vías dopaminérgicas no afecta la memoria de trabajo, porque se basan únicamente en resultados de pruebas visuales, donde los mecanismos o vías cerebrales están implicadas. Por ello se sugiere analizar todos los factores, disrupción de la atención, orientación visual, diferenciación espacial, motivación y otras. (Bartus, 1978). Y en las pruebas verbal-auditivo aplicar diferentes tipos de pruebas.

Otro factor que puede estar influyendo es la exposición a determinada luz por la noche que afecta el rendimiento de las funciones en horas posteriores. De acuerdo con Fani & Sharp (2024), la exposición a luz blanca enriquecida con azul por la noche tiene impacto en el desempeño a la mañana siguiente en comparación con la luz blanca policromática.

El horario en el cual se aplicaron las pruebas a los grupos 1 y 2, fue de entre 8:00 y 9:00 de la mañana, debido a que la indicación por parte de los directores de área de las instituciones gubernamentales, fue aplicar al inicio de su jornada laboral. De acuerdo

con Fani & Sharp (2024) una exposición breve a la luz no puede demostrar el efecto óptimo de la iluminación y puede dar lugar a resultados insignificantes.

Asimismo, Valdez (2019) refiere que, el mejor momento para la alerta (arousal alto) en personas con cronotipo matutino, es entre las 10:30 de la mañana y 1:00 de la tarde. Que los componentes de la atención alcanzan sus niveles más bajos durante la noche y las primeras horas de la mañana, los mejores niveles ocurren alrededor de medio día y se pueden observar niveles aún más altos durante la tarde noche. De igual manera, Fernández (2015) menciona, que el nivel atencional presenta dos momentos óptimos de eficacia a lo largo del día, entre 11:00 y 12:00 del día y después de las 4:00 de la tarde. Entonces, al iniciarse la jornada (entre 8:00 – 9:00 de la mañana) el nivel atencional es relativamente bajo.

En este estudio no se utilizó marcador de melatonina en sangre o saliva. No se puede hablar de una alteración en los ritmos circadianos, porque no fue lo que se evaluó. Por ejemplo: el ritmo de cortisol, además de verse afectado por la luz, se ve enmascarado por el estrés y el ayuno, pero al igual que la melatonina, se ve poco afectado por el sueño. Mientras que, en el caso de la melatonina, a la principal variable de confusión es ambiental, es decir, la luz. Y para otros marcadores puede ser el comportamiento. También la dificultad para evaluar la fase circadiana sobre la base de la temperatura puede verse contrastada, porque mientras el sueño se reduce la temperatura central, la temperatura de la piel aumenta. Estos marcadores periféricos (melatonina, cortisol, temperatura central) pueden usarse para evaluar un estado del NSQ solo cuando los efectos de enmascaramiento de los ciclos ambientales y conductuales están adecuadamente controlados (Dijk & Duf, 2020).

Conclusiones

Nuestros resultados sugieren que la iluminación externa y a la hora del día en que se evalúa la memoria de trabajo (fonológica) o auditiva afecta esta función ejecutiva, sin embargo, este estudio prospectivo requiere de mayor investigación. Muchas veces el espacio que habitamos no está pensado para mejorar la vida de las personas o usuarios, sino, para atender los criterios funcionales, estéticos, estructurales, sustentabilidad de los materiales y factores económicos, un caso de ello son la infraestructura para los trabajadores, en la que pocas veces se considera la satisfacción personal y el rendimiento de cognitivo de los trabajadores.

Los efectos de la luz son diversos, y dependen en gran medida del grupo demográfico, estado psicoemocional y cognitivo, así como zona geográfica u hora de exposición. La luz brillante enriquecida con azul puede ser útil para trastorno depresivo mayor, asimismo, en adultos mayores la exposición a esta luz también puede regular el ciclo del sueño.

Por otro lado, la exposición a luz extremadamente tenue durante el día puede provocar somnolencia. Entonces, la luz es indispensable para el ser humano, pero es importante saber distinguir sus usos y aplicaciones en los distintos momentos del día por grupo demográfico y actividad a realizar. La TCC es la más implicada en los efectos que la luz tiene sobre las funciones ejecutivas, la memoria y el aprendizaje.

No existe un manual o normativa a nivel nacional o internacional que refiera al uso de la TCC, entonces lo que sería importante modificar es esto y no los luxes, porque, como obtención de resultados en participantes expuestos a distintos luxes, pero similares o muy cercano en TCC, no se obtuvieron los resultados esperados. Además, la luz muy brillante puede deslumbrar. Se sugiere entonces que lo que sincroniza al reloj maestro es la temperatura del color y no precisamente la cantidad de luxes.

Recomendaciones y limitaciones

Proponiendo alternativas, no solo de ventanas que permitan la luz natural, sino, utilización de tecnologías como captadores solares y conductos de fibra óptica, para aquellos espacios imposibilitados de acceder a paso de luz natural a través de un cristal con visión al exterior. Así mismo, fuentes de luz artificial que reproduzcan los ritmos y cambios de la luz natural; utilizando tecnología de luz LED de amplio espectro con índice de regulación cromática (IRC), completamente regulables en su TCC dada en K° (Muros & Perdómo, 2021).

En los criterios de inclusión y exclusión, deberían considerarse los trastornos respiratorios relacionados con el sueño, síndrome de piernas inquietas, enfermedades psiquiátricas, abuso de sustancias, índice de masa corporal (IMC) menor a 25, daltonismo y afecciones oculares.

Un estudio en un ambiente controlado, es decir un estudio experimental donde se puedan manipular las variables, debido a que la gran variedad de estudios relacionados a este tema varía, no solo en su diseño experimental y método, sino también en las condiciones de iluminación.

Utilizar escalas de somnolencia además de los cuestionarios de matutinidad y vespertinidad, y probablemente indagar más en mediciones de sueño, ya que está estrechamente relacionado con el rendimiento de las funciones cognitivas.

Para ampliar y obtener resultados más significativos, puede implementarse en conjunto lo que otros investigadores han utilizado de manera independiente, conjugar medición de actividad de onda lenta frontal a través de EEG, utilizar diversas baterías neuropsicológicas digitalizadas preferentemente para aumentar la eficiencia, objetividad y precisión del proceso de evaluación.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio, debido a su carácter correlacional, no se puede explicar las causas subyacentes de las relaciones entre variables, sin embargo, se arroja luz para futuros trabajos y se complementa

considerando algunas particularidades. Se necesita ser muy cuidadoso con el espacio de evaluación, ya que, cada estímulo presente o perceptible para el participante puede ser de ruido en los resultados. Podría inducir emociones negativas y desagradables o positivas y agradable, que a su vez influirían en el desempeño del participante. Entonces, se sugiere que, al replicar las pruebas, se hagan con mayor centro y de manera experimental para controlar lo más posible estas variables.

Es complicado pedir a los participantes que usen dispositivos o algún biomarcador durante periodos prolongados, esto suma a la complejidad de realizar estudios en este campo. Sin embargo, un protocolo bien elaborado podría ser de excelente ayuda antes de comenzar la recolección de datos. Es crucial emplear un diseño de estudio riguroso y métodos de evaluación exhaustivos.

Esto sugiere que, para futuros trabajos se puede considerar los siguientes puntos.

- Ampliar la muestra y acotar el margen de edad en el cual se incluya un solo grupo dentro de los parámetros de las pruebas de la batería Neuropsi y un solo nivel de escolaridad.
- Evaluar al participante en la mañana, al medio día, y al atardecer, cuando menos dos aplicaciones en un mismo año, es decir, dos épocas distintas.
- Recoger más datos sobre la calidad de sueño durante la última semana/mes.
- Espacios controlados para hacer pruebas experimentales.
- EGG para evaluar la actividad cerebral asociada a las tareas.

Referencias

Arcos Rodríguez, V. A. (2021). Funciones ejecutivas: Una revisión de su fundamentación teórica. *Poiésis*, (40), 39-51. DOI: <https://doi.org/10.21501/16920945.4051>

Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience*, 4(10), 829-839. DOI:10.1038/nrn1201

Bartus, R. T. (1978). Short-term memory in the rhesus monkey: Effects of dopamine blockade via acute haloperidol administration. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 9(3), 353-357. [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(78\)90296-4](https://doi.org/10.1016/0091-3057(78)90296-4)

- Blume, C., Garbazza, C., & Spitschan, M. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. *Somnologie*, 23(3), 147. doi: 10.1007/s11818-019-00215-x
- Boubekri, M., Lee, J., MacNaughton, P., Woo, M., Schuyler, L., Tinianov, B., & Satish, U. (2020). The impact of optimized daylight and views on the sleep duration and cognitive performance of office workers. *International journal of environmental research and public health*, 17(9), 3219. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093219>
- Brown, T., Brainard, G., Cajochen, C., Czeisler, C., Hanifin, J., Lockley, S., ... & Wright Jr, K. (2020). Recommendations for healthy daytime, evening, and night-time indoor light exposure. DOI:10.20944/preprints202012.0037.v1
- Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., & Abdullah, J. M. (2018). Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: a review. *Frontiers in psychology*, 9, 401. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00401>
- Chalam, K. V., Li, W., Koushan, K., Grover, S., & Balaiya, S. (2015). Effect of distance and duration of illumination on retinal ganglion cells exposed to varying concentrations of brilliant blue green. *Journal of clinical medicine research*, 7(7), 517–524. <https://doi.org/10.14740/jocmr2085e>
- Correa, Á., Barba, A., & Padilla, F. (2016). Light Effects on Behavioural Performance Depend on the Individual State of Vigilance. *PloS one*, 11(11), e0164945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164945>
- de Vries, A., Souman, J. L., de Ruyter, B., Heynderickx, I., & de Kort, Y. A. (2018). Lighting up the office: The effect of wall luminance on room appraisal, office workers' performance, and subjective alertness. *Building and Environment*, 142, 534-543. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.046>
- Diamond, A. (2013). Funciones ejecutivas. *Revisión anual de psicología*, 64 (1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dijk, D. J., & Duffy, J. F. (2020). Novel approaches for assessing circadian rhythmicity in humans: a review. *Journal of biological rhythms*, 35(5), 421-438. <https://doi.org/10.1177/0748730420940483>
- Domagalik, A., Oginska, H., Beldzik, E., Fafrowicz, M., Pokrywka, M., Chaniecki, P., ... & Marek, T. (2020). Long-term reduction of short-wavelength light affects sustained attention and visuospatial working memory with no evidence for a change in circadian rhythmicity. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 654. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00654>
- Duffy, J. F., & Czeisler, C. A. (2009). Effect of light on human circadian physiology. *Sleep medicine clinics*, 4(2), 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2009.01.004>
- Fani, M., & Sharp, N. (2024). Exploring Methodological Considerations: A Literature Review on How Lighting Affects the Sleep and Cognition in Healthy Older Adults. *Journal of Daylighting*, 11(1), 97-118. doi: 10.15627/jd.2024.6

Fernández Fernández, A., & Melcón Álvarez, M. A. (2015). Variación del nivel atencional según la tipología de personalidad y los biorritmos. <http://hdl.handle.net/10662/4960>

Fernandez, D. C., Fogerson, P. M., Ospri, L. L., Thomsen, M. B., Layne, R. M., Severin, D., ... & Hattar, S. (2018). Light affects mood and learning through distinct retina-brain pathways. *Cell*, 175(1), 71-84. [https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(18\)31020-1](https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(18)31020-1)

Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C. M., Gonzales, K., ... & Rea, M. S. (2017). The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep health*, 3(3), 204-215. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.03.005>

Garrido, C., & Piderit-Moreno, M. B. (2020). Factores de diseño de la iluminación que intervienen en el estímulo circadiano en oficinas. *AUS-Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad*, (27), 59-65. <https://doi.org/10.4206/aus.2020.n27-08>

Giraldo, V. et al (2020). Valoración del desempeño lumínico de puestos de trabajo a partir de los efectos no visuales de la luz natural sobre la salud. *ACE: Architecture, City and Environment*, 15(43), 8903. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.15.43.8903>

Goodale, E. P. (2007). Síntomas cognitivos de la depresión. *RET: Revista de toxicomanías*, (50), 13-15. ISSN-e 1136-0968

Grant, L. K., Kent, B. A., Mayer, M. D., Stickgold, R., Lockley, S. W., & Rahman, S. A. (2021). Daytime exposure to short wavelength-enriched light improves cognitive performance in sleep-restricted college-aged adults. *Frontiers in neurology*, 12, 624217. <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2021.624217/full>

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>. ISBN: 978-987-88-4023-9

Huiberts, L. M., Smolders, K. C. H. J., & de Kort, Y. A. W. (2015). Shining light on memory: Effects of bright light on working memory performance. *Behavioural Brain Research*, 294, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.07.045>

Jamrozik, A., Clements, N., Hasan, S. S., Zhao, J., Zhang, R., Campanella, C., ... & Bauer, B. (2019). Access to daylight and view in an office improves cognitive performance and satisfaction and reduces eyestrain: A controlled crossover study. *Building and Environment*, 165, 106379. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106379>

Jiménez-Puig, E., Broche-Pérez, Y., Hernández-Caro, A. A., & Díaz-Falcón, D. (2019). Funciones ejecutivas, cronotipo y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Cubana de Educación Superior*, 38(2). ISSN 0257-4314

- Kim, E. H., Youn, C. S., Nam, Y. J., Hong, S., Cho, Y. H., Son, S. J., ... & Roh, H. W. (2023). Neuroarchitecture from the Perspective of Circadian Rhythm, Physical, and Mental Health. *Chrono Med*, 5, 3-6. DOI: <https://doi.org/10.33069/cim.2023.0005>
- Kim, K. M., Kim, Y. W., Oh, S. T., & Lim, J. H. (2020). Development of a natural light reproduction system for maintaining the circadian rhythm. *Indoor and Built Environment*, 29(1), 132-144. <https://doi.org/10.1177/1420326X19855421>
- Kim, K., Yokosawa, K., Okada, K., Onishi, H., Tan, Y., & Lee, S. I. (2025). Effects of blue light during and after exposure on auditory working memory. *Journal of Physiological Anthropology*, 44(1), 15.
- Lamb, S., & Kwok, K. C. (2016). A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers. *Applied ergonomics*, 52, 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.07.010>
- Lázaro, J. C. F., & Solís, F. O. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias*, 8(1), 47-58. ISSN-e 0124-1265
- Luz en el teatro: manual de iluminación. (2005). Sirlin, Eli. ISBN 978-987-46335-3-8. 1° edición. 9879433335 . 362 paginas. Editorial INA (Instituto Nacional de Teatro).
- Milla-Cano, C., & Gatica-Ferrero, S. (2020). Memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva en estudiantes con desarrollo típico y con trastorno de déficit de atención con hiperactividad. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 38 (3), 1-15. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.7743>
- Muros Alcojor, A., & Perdomo, M. (2021). Iluminación híbrida centrada en la salud. In *I Congreso Internacional de Innovación en el Proyecto Arquitectónico (La Plata y Barcelona, modalidad virtual, 1 y 2 de julio de 2021)*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/140496>
- Nagare, R., Woo, M., MacNaughton, P., Plitnick, B., Tinianov, B., & Figueiro, M. (2021). Access to Daylight at Home Improves Circadian Alignment, Sleep, and Mental Health in Healthy Adults: A Crossover Study. *International journal of environmental research and public health*, 18(19), 9980. <https://doi.org/10.3390/ijerph18199980>
- Nebes, R. D., Buysse, D. J., Halligan, E. M., Houck, P. R., & Monk, T. H. (2009). Self-reported sleep quality predicts poor cognitive performance in healthy older adults. *Journals of Gerontology: Series B*, 64(2), 180-187. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbn037>
- Nowozin, C., Wahnschaffe, A., Rodenbeck, A., de Zeeuw, J., Hädel, S., Kozakov, R., Schöpp, H., Münch, M., & Kunz, D. (2017). Applying Melanopic Lux to Measure Biological Light Effects on Melatonin Suppression and Subjective Sleepiness. *Current Alzheimer research*, 14(10), 1042–1052. <https://doi.org/10.2174/1567205014666170523094526>

Ostrosky Shejet, F. y Flores Lázaro, J. (2012). Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas. *Cuauhtémoc, Mexico: Editorial El Manual Moderno*

Pacheco Ochoa, V. ., Jiménez Pírez, A. L. ., & Ramírez Pírez, J. F. (2021). Impacto de la luz y la ventilación en el ambiente laboral sobre el síndrome del edificio enfermo y la productividad. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(4), 97–108. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.581>

Patton, A. P., Morris, E. L., McManus, D., Wang, H., Li, Y., Chin, J. W., & Hastings, M. H. (2023). Astrocytic control of extracellular GABA drives circadian timekeeping in the suprachiasmatic nucleus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(21), e2301330120.

Puig, A. A. (1991). Relación entre temperatura corporal y ejecución: influencia de la matutinidad y el sexo. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 44(4), 457-463.

Restrepo, F. L. (2008). Funciones ejecutivas: aspectos clínicos. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 59-76.

Riemersma-van Der Lek, R. F., Swaab, D. F., Twisk, J., Hol, E. M., Hoogendijk, W. J., & Van Someren, E. J. (2008). Effect of bright light and melatonin on cognitive and noncognitive function in elderly residents of group care facilities: a randomized controlled trial. *Jama*, 299(22), 2642-2655. doi:10.1001/jama.299.22.2642

Rolón-Méndez, E., Franco-Palacios, A., Barboza-Basualdo, S., Zapattini-López, J. E., O'Higgins, M., Navarro, R., ... & Torales, J. (2023). Asociación entre cronotipo y síntomas depresivos: un estudio exploratorio. *Revista del Nacional (Itauguá)*, 15(2), 029-039

Siraji, M. A., Spitschan, M., Kalavally, V., & Haque, S. (2023). Light exposure behaviors predict mood, memory and sleep quality. *Scientific reports*, 13(1), 12425. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-39636-y>

Solís, A. M. E., & Herrera, N. L. R. (2017). El espacio físico y la mente: Reflexión sobre la neuroarquitectura. *Cuadernos de arquitectura*, 7(07), 41-47.

Tirapu-Ustarroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., & Pelegrín-Valero, C. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de neurología*, 41(8), 475-484.

Tonello, Graciela Lucia del Carmen; Luz y Salud (una revisión); Editores srl.; Luminotecnia; 129; 9-2015; 58-62 http://www.editores-srl.com.ar/revistas/lu/129/tonello_luz_y_salud.URI<http://hdl.handle.net/2117/366631>.DOI 10.47796/ra.2021i19.490.ISSN2617-0892

Valdés-Alemán, P., Téllez-Alanís, B., Platas-Neri, D., & Palacios-Hernández, B. (2025). Frontal alpha and parietal theta asymmetries associated with color-induced emotions. *Brain Research*, 1846, 149297. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2024.149297>

Valdez, P. (2019). Circadian rhythms in attention. *The Yale journal of biology and medicine*, 92(1), 81. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6430172/>

Valdez-Ramírez, P., Ramírez-Tule, C., García-García, A., & Talamantes-López, J. (2009). Ritmos circadianos en la eficiencia para responder en una prueba de ejecución continua. *Revista mexicana de análisis de la conducta*, 35(1), 75-91. ISSN 0185-4534

Vera Mazuelos, G. A., & Muros Alcojor, A. (2021). La temperatura de color y su rol dentro de la iluminación artificial de espacios de educación inicial. *Arquitek*, (19), 26-34.

Vitaterna, M. H., Takahashi, J. S., & Turek, F. W. (2001). Overview of circadian rhythms. *Alcohol research & health : the journal of the National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism*, 25(2), 85–93. PMC6707128

Walker, W. H., Walton, J. C., DeVries, A. C., & Nelson, R. J. (2020). Circadian rhythm disruption and mental health. *Translational psychiatry*, 10(1), 28. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0694-0>

Wever, R. A., Polásek, J., & Wildgruber, C. M. (1983). Bright light affects human circadian rhythms. *Pflügers Archiv*, 396, 85-87. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00584704>

Woo, M., MacNaughton, P., Lee, J., Tinianov, B., Satish, U., & Boubekri, M. (2021). Access to daylight and views improves physical and emotional wellbeing of office workers: a crossover study. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 690055. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.690055>

Wright, HR, Falta, LC y Kennaway, DJ (2004). Differential effects of light wavelength in phase advancing the melatonin rhythm. *Journal of pineal research*, 36 (2), 140-144. <https://doi.org/10.1046/j.1600-079X.2003.00108.x>

Yalçın, M., Mundorf, A., Thiel, F., Amatriain-Fernández, S., Kalthoff, I. S., Beucke, J. C., Budde, H., Garthus-Niegel, S., Peterburs, J., & Relógio, A. (2022). It's About Time: The Circadian Network as Time-Keeper for Cognitive Functioning, Locomotor Activity and Mental Health. *Frontiers in physiology*, 13, 873237. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.873237>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS
CINCCO
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Cuernavaca, Morelos, 20 de octubre de 2025

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Posgrado y Vinculación
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones ejecutivas de oficinistas**, que presenta la egresada:

Alejandra Elizalde Ayala

para obtener el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

He revisado la tesis y considero que los experimentos para comprobar sus hipótesis fueron llevados a cabo. El marco teórico es robusto y los resultados de la tesis son suficientes. Se sugiere actualizar las referencias, eliminar experimentos incompletos que se mencionan en la parte experimental, pero no en resultados o justificarlo, así como mejorar la discusión de los resultados.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente
(e.firma UAEM)

Dra. Diana Verónica Castillo Padilla



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

DIANA VERONICA CASTILLO PADILLA | Fecha:2025-10-19 22:09:10 | FIRMANTE

pHaS/OfMeG8cMJF5iFqxV+ulVMwaD9LUI3VxuKPbFRbvjNpLQDsMt++jmqm9LOQjZwR5UM7jlt9NK61txvPKEPGxWqCTPA09HHHGURD8VDHmQJ/akH+jS0t8r4C2Deod+E4ky
m35+IgNbkbak+wFUp/59TxuNAWAxWaPy/i9KfFxFv0cH52qpsaCy38mP61hcoasLn01yZwtGxK+758jBeDFyerFrpLx0oKvlaZJkvlxl9jitJICcvh46scEOfGH/to/CLpDN+WZyVMYQTS
kbHAfIALuKlXfdg0hRA9MMR/t3V98/dayPasVfPEkP2R6Y0v4kqKZ1JARqCo7I/AA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[LxjEnWKH](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/kv9XhWaXXXSsZCsO3EA1mCyqdlmJoasT>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Cuernavaca, Morelos a 24 de octubre de 2025

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Posgrado y Vinculación
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones ejecutivas de oficinistas**, que presenta la egresada:

Alejandra Elizalde Ayala

para obtener el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

El trabajo presentado por la estudiante es de gran valor ya que plantea la problemática de entender los efectos de los diseños al interior de los espacios en los que los humanos desarrollan sus actividades, en este caso, laborales y los efectos de la iluminación artificial en procesos cognitivos de la función ejecutiva. Se muestra en los resultados que existe una influencia de la iluminación en algunas de las funciones estudiadas. Estos resultados, junto con otros de trabajos previos, sugieren que los espacios laborales deben ser diseñados no sólo de manera funcional, sino también considerando las características biológicas y cognitivas de los humanos, no sólo para mejorar el rendimiento laboral, sino también para mejorar la salud cognitiva y cronobiológica de las personas durante sus actividades laborales y, por supuesto, después de ellas. Por todo lo anterior, considero que la tesis realizada por la estudiante se encuentra lista para pasar a la fase de defensa.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

Dr. Germán Octavio López Riquelme
PITC titular A
CINCCO, UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,
Tel. 777 329 70 00, Ext. 3753 enlace.cincco@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

GERMAN OCTAVIO LOPEZ RIQUELME | Fecha:2025-10-25 21:46:01 | FIRMANTE

d9rlnePlmsTfikDxokaFa+tZDmBwgszRHzeXV8MsWsnpqXmGsPK7tBvunXRCVG4Za1o0GW5rwZqp8JaraHv4U3b4hMzt0ytcCpE+v2Ge6PlpPz2BxXDmdgfE9wR55tzOIF9ZGjx8E0Sd21iykgZnJwZKSU+4PW3UzzNEqXNFizF9/3SQdlAzonWG3KZxqw50FMs1/LNMJ6MK/CB8yez5eYy5Mp2J2gssbDI72w19Lc5RKQbia/hZwZ4prEI4r0Z9JpxnGfV+w/4Cowta4YIQm6+P9ewN87g7+scyygDkKaL3uUEOSR/wGRqXgydVj+UtxFRTrLEVynEE6y2Z1M0rSw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[dkH3GXfhJ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/KKhcODUxnNJwqEhzYiynWrAhW2iaZJsM>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación
Transdisciplinar en Psicología

CENTRO DE INVESTIGACIÓN TRANSDISCIPLINAR EN PSICOLOGÍA

Cuernavaca, Morelos, a 3 de noviembre de 2025

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Posgrado y Vinculación
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones ejecutivas de oficinistas**, que presenta el egresado:

Alejandra Elizalde Ayala

para obtener el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El documento muestra una sólida fundamentación teórica, basada en una revisión exhaustiva de la literatura y desarrolla una investigación clara, pertinente y rigurosa desde el punto de vista metodológico. El análisis de datos es claro y adecuado, lo que respalda la validez de las conclusiones alcanzadas.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

Dr. Jonatan Ferrer Aragón



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JONATAN FERRER ARAGON | Fecha:2025-11-03 10:38:56 | FIRMANTE

i3zXp6/Tz1v+T9KjZs12aSmBEAXeqT+UmCcWuJvWirPYxmd+3Bs537FjVz5aevRW/yfZW9LHIFShaq39bJ1JiFKu3wusfRqUPIqDrVHtxLDs43yO2Hg4odidwHl3nbnNrtcZGMuVn
lpj55NpCh9IvPlmPF96+LwrHiJ1/Z+L4wva+H/WN5B+HCqGFYucBK6lwiGlcQCOJeV6TFJT0aZvWziVo8QemMxt8SMAhyjla7H2LhoiEOIxZ5xsel2hzHcOpPb1HsgoxmQ2GNf+0+
wBGpaYJJ2rlnW013HL73+9AKE1nh2Nfv1nS+IfHQceCnf6Qxp3hY9Xx/EJBaelsEQQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[x0pyTz3IG](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/oamdNmlUieUVpaRo09qjJozYmPCS>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



05 de noviembre 2025

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Posgrado y Vinculación
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones ejecutivas de oficinistas**, que presenta la egresada:

Alejandra Elizalde Ayala

para obtener el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

La tesis presenta un trabajo sólido, coherente y pertinente dentro de las ciencias cognitivas. Aborda un problema contemporáneo desde un enfoque interdisciplinario que articula adecuadamente la neurociencia, la psicología y la arquitectura, aportando evidencia empírica sobre un fenómeno poco explorado en contextos laborales reales.

El marco teórico es robusto y actualizado, el diseño experimental es claro y apropiado para una investigación de maestría, y los resultados se discuten con criterio científico, reconociendo las limitaciones metodológicas sin comprometer la validez del estudio. La estudiante demuestra comprensión conceptual, rigor metodológico y capacidad analítica, logrando una integración acertada entre teoría y práctica.

Por estas razones, el trabajo cumple con los estándares académicos y científicos exigidos para el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Se recomienda su aprobación, reconociendo su aportación original a la comprensión de la relación entre los entornos arquitectónicos, los ritmos biológicos y las funciones ejecutivas humanas.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

Dr. Jorge Pablo oseguera Gamba



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JORGE PABLO OSEGUERA GAMBA | Fecha:2025-11-05 17:27:13 | FIRMANTE

W3Qu1Qfju88N9hOivTwCVwyMQJeR5NvyOWvilZdzTqWNGj6i7EnsDbgOTH9ywHZ/XANqMHBmD5Zg7uOuxjAJKGIYENmAY0FQc07641gIfj+i8ulxc67vS54Eo3TsuNS1FTZK
JThTsyulqFzDvqLiXyPONyYhDdJcV6yyy54DprxeDEtxzXjf7fqrhjYyqeObQZZ0wDuByv21ZmBfv/xxhM+ajdr2nwNYo6eiRhM/zvTbkZ8jwWxjrnGt/kcFzmJRh2QC+BG6Ujl4su65+Ch
2Q6EqM4G18gVFTfOf8DyhZZ8gNLnc+DXi0ax+t270UNIYTgBhQ/qKQPs7IGPY4Tlbw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[bx61TkzrN](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ZSPvGFUDy0yIEsCPZNFnf0X9AnwUphlc>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Laboratorio de Neurobiología Cognitiva

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2025

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Posgrado y Vinculación
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Efecto de la exposición diurna a iluminación artificial en las funciones ejecutivas de oficinistas**, que presenta la egresada:

Alejandra Elizalde Ayala

para obtener el grado de Maestra en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

El proyecto cumplió con los objetivos planteados y en la tesis se reflejan los aspectos teóricos que sustentan la pregunta de investigación y la discusión adecuada de los resultados.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente
Por una humanidad culta

(E.FIRMA UAEM)
DR. HÉCTOR SOLIS CHAGOYÁN
Profesor Investigador de Tiempo Completo





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

HÉCTOR SOLÍS CHAGOYAN | Fecha:2025-11-05 14:26:52 | FIRMANTE

TIZYA9pNCKI0KDagx2D9+7g+ETQxmzUbn3Z53gBTbmIP8BYL3x1WR8y+1ezob0oSat27t+5QoZIDSHiViyPEmW9ut73jDihz/+FX3G/dQn31U4YUi/7xAnYflcznC1Efvgu4WmR3BpGdvKMjak/+z/Tfmro/IMelUURLJbTpu+RisGaDKssJDYpw1oNLtfmrsWvJCOKlr4Bm7h78luNfwolAouCxcmbx1SKUZdmszAPtRtqarxyRz0ke+CLfPHX4duNRxMJ5ACCNQVNw07nRuZzGocWivh0RQTha+GWxN0ADCPTGicoXZ7op+5j0vo6oSIUWlrvYRLRf+/8EyZ2Skw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[LZcEHsy6z](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/aLxWOWREqPrLuwEw4ErsbVQpw0LEZr1u>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029