



CIENCIA XVUANL
ANIVERSARIO

Cambios durante el día en la capacidad del ser humano para resolver problemas

MINERVA AÍDA GARCÍA*, PABLO VALDEZ RAMÍREZ*, MA. CANDELARIA RAMÍREZ TULE*

La capacidad del ser humano para solucionar problemas es crucial para llevar a cabo todas sus actividades de forma eficiente. En todas las áreas productivas, tanto en tareas laborales, educativas y sociales, se requiere que las personas sean capaces de solucionar problemas. Esta capacidad, presente en todas nuestras acciones, es fundamental cuando se tienen que tomar decisiones.¹ Aun en trabajos repetitivos y monótonos, como ensamblar piezas, pintar o colocar tornillos, se requiere de capacidad para solucionar problemas. Un obrero que trabaja en una tarea rutinaria procede de forma automática durante periodos largos, pero cualquier cambio en las condiciones de trabajo puede constituir un problema, por lo que se requiere que sea capaz de resolverlo y tomar decisiones que le permitan trabajar en las nuevas condiciones o suspender la labor para prevenir errores o accidentes.

Una baja capacidad para resolver problemas tiene consecuencias en muchas actividades humanas, por ejemplo, bajo rendimiento laboral, errores en el trabajo, accidentes laborales graves o accidentes automovilísticos. La capacidad para resolver problemas depende de funciones cerebrales (neuropsicológicas): las “funciones ejecutivas”, entre éstas se encuentran

la inhibición, la flexibilidad y el automonitoreo.² Las fallas en éstas interfieren con la eficiencia para solucionar problemas. La inhibición se refiere a bloquear comportamientos hacia metas secundarias o irrelevantes; la flexibilidad, al ajuste del comportamiento, de acuerdo a las necesidades cambiantes del ambiente, y el automonitoreo implica que la persona observe la actividad que lleva a cabo, tanto sus acciones como el resultado de éstas; así como hacer ajustes en su comportamiento, si el resultado no concuerda con la meta.³ La lesión en el área prefrontal del cerebro produce trastornos en una o más de las funciones neuropsicológicas mencionadas, los pacientes con este tipo de lesión tienen dificultades graves para resolver problemas.⁴

El rendimiento de las personas presenta variaciones con la hora del día. La eficiencia para llevar a cabo una gran cantidad de actividades disminuye durante la noche, especialmente en la madrugada. Durante el turno nocturno ocurre un menor rendimiento laboral, mayor cantidad de errores, así como una mayor frecuencia de accidentes.^{5,6} Esto puede

* Universidad Autónoma de Nuevo León, FaPsi.
aida.garciagarcia@yahoo.com

deberse a una reducción, durante la noche, en la capacidad de las personas.

Sin embargo, en el medio social las actividades educativas, laborales y sociales se programan a cualquier hora del día, durante las mañanas, las tardes e incluso en la noche. Esto parece partir de la premisa de que nuestra capacidad para resolver problemas es estable a lo largo del tiempo. Contrario a esto, se ha observado que la fisiología del ser humano presenta oscilaciones cíclicas prominentes durante el día. Estas oscilaciones se conocen como ritmos circadianos (*circa*=alrededor de, *dies*=día).

Se han documentado cambios durante el día en todas las funciones del ser humano, por ejemplo, en la temperatura corporal, el metabolismo, la secreción de la mayor parte de las hormonas, la actividad cerebral y el metabolismo de los neurotransmisores. La existencia de variaciones durante el día en la actividad del cerebro^{7,8} plantea la posibilidad de que varios aspectos psicológicos también presenten cambios a lo largo del día. Al analizar la ejecución de las personas en diferentes tareas, se ha encontrado que en muchas de éstas se presentan cambios en la hora del día, como tareas de vigilancia, en el tiempo de reacción,⁹⁻¹¹ en la cantidad de dígitos que se pueden repetir, en operaciones aritméticas,¹² en tareas de memoria,^{13,14} en la velocidad manual, la búsqueda serial, el razonamiento verbal¹⁵ y el razonamiento lógico.¹⁶ En la mayor parte de estos estudios, la ejecución mejora durante el día, alcanza el nivel más alto entre las 20:00 y 22:00 h, y disminuye hasta alcanzar el nivel más bajo en la madrugada, entre las 04:00 y 06:00 h.^{17,18}

Es posible que los cambios en la ejecución durante el día se produzcan a consecuencia de las diferencias en la capacidad para solucionar problemas. El presente trabajo pretende identificar la posible existencia de diferencias a lo largo del día en las funciones que subyacen a la resolución de problemas,

tanto en la inhibición, la flexibilidad y el automonitoreo.

Para analizar si hay cambios durante el día en las funciones ejecutivas, es importante utilizar tareas específicas que permitan registrar y medir cada una de éstas de manera individual,¹⁹ así como protocolos en el laboratorio en condiciones controladas, como los protocolos de rutina constante y de desincronización forzada.²⁰

Hay pocos trabajos que intentan determinar la presencia de cambios a lo largo del día en los procesos detrás de la resolución de problemas. Se ha utilizado un protocolo de hora del día, en que las personas continúan con las actividades de su vida diaria, así como una tarea tipo “siga-alto”,^{21,22} y una tarea tipo *Stroop*,²³ las cuales se han considerado como índices de la inhibición.²⁴⁻²⁶ En estos estudios se ha encontrado una disminución en la capacidad de inhibición en las horas de la tarde.^{22,23} Es importante apuntar que el que haya disminuido la ejecución en estas tareas durante la tarde no concuerda con los resultados encontrados en otras tareas, en las que disminuye la ejecución durante la madrugada.^{8,17}

En otro estudio, en el que se utilizó un protocolo de desincronización forzada y una tarea de “siga-alto”, se encontraron cambios debido a la privación del dormir, mientras que no encontraron cambios claros relacionados con la hora del día.²¹ Además, se han encontrado diferencias en las horas del día en un protocolo de rutina constante, con tareas cambiantes, indicadores de flexibilidad,²⁷ en las cuales se encontró un aumento en el tiempo (menor eficiencia) para responder al cambio de tareas durante la madrugada. Sin embargo, estas tareas presentan cambios predecibles cada tres estímulos, con lo que no es posible analizar la eficiencia. Además, en estudios que evalúan tareas que miden el automonitoreo,²⁸⁻³⁰ se ha encontrado una disminución en la eficiencia durante la madrugada y temprano en la

mañana, en el resultado general de las tareas, sin analizar el ajuste ante los cambios de forma particular. Además, no se han llevado a cabo estudios en los que haga un análisis sistemático de todas las funciones que se requieren para solucionar problemas.

Debido a esto, el objetivo de este trabajo es identificar con un protocolo de rutina constante la presencia de cambios a lo largo del día en las funciones de inhibición, flexibilidad y automonitoreo, las cuales se requieren para la solución de problemas. La hipótesis de este trabajo es que todas estas funciones presentarán una disminución durante la madrugada, ya que a estas horas del día se ha observado una mayor cantidad de errores, así como errores más graves, en ambientes industriales y en la conducción de vehículos.

MÉTODO

Participantes

Se registraron trece estudiantes universitarios voluntarios (tres hombres y diez mujeres), de 17 a 26 años de edad (promedio=18.31, $s=2.39$ años), que asistían a clases tres días a la semana, en un horario de 07:00 a 13:30 h, sin actividades programadas durante las tardes ni los fines de semana, y sin trastornos graves de salud o del sueño.

Instrumentos

Con una cámara de aislamiento térmico, acústico y de la iluminación solar, se mantuvo la temperatura ambiental en $24\pm 1^\circ\text{C}$. Para la presentación de los estímulos y el registro de la respuesta de los participantes se usó una computadora y el programa SuperLab;³¹ los estímulos aparecieron en un monitor de 14", con una resolución de 800 x 600 píxeles. Se utilizó también un termómetro rectal conectado

a un Mini-Logger 2000 (Minimitter Co.). Este aparato registra y almacena la temperatura rectal cada minuto, la cual se transmite posteriormente a la computadora. Con una escala visual analógica se midió la somnolencia y el cansancio.^{32,33} Esta escala consiste en una línea horizontal de 10 cm que el participante cruzaba de acuerdo con el grado de somnolencia o cansancio que sentía en ese momento. El extremo izquierdo de la línea significa el mínimo, y el extremo derecho significa el valor máximo de la sensación. Se usaron tres cuestionarios: de datos generales (edad, salud en general, medicamentos que ingiere); de trastornos del sueño,³⁴ y un reporte de ingesta de alimentos diarios.

Se midieron la inhibición y la flexibilidad con una prueba *Stroop*. Esta prueba constó de una serie de 48 palabras mayúsculas impresas en colores incongruentes, por ejemplo, la palabra "rojo" impresa en color verde. Se usaron cuatro colores: rojo, verde, azul, café; palabras con dos sílabas. Todas las palabras se presentaron al mismo tiempo en la pantalla de la computadora, divididas en cuatro columnas de doce palabras cada una, con un tipo de letra Arial, tamaño 24. La pantalla se encontraba a 60 cm frente al participante. Cada columna contenía todas las combinaciones posibles de palabras y colores, sorteadas al azar.

La mitad de las palabras tenía un punto a la izquierda, el punto se asignaba al azar con las siguientes restricciones: que no quedasen más de tres palabras seguidas con punto o sin el mismo, y que quedaran seis puntos en cada columna. Se diseñaron 18 diferentes versiones equivalentes de esta tarea. Los participantes tenían que llevar a cabo cuatro actividades con las 48 palabras: 1) leer las palabras, lo que induce una tendencia hacia la lectura; 2) decir el color en que estaban impresas las palabras, esta sección mide la inhibición, ya que las personas tienen que inhibir la tendencia a leer; 3) leer las pala-

bras con punto y decir el color de las que no tenían punto; 4) decir el color de las palabras con punto y leer las que no tenían punto; en estas dos últimas actividades tienen que cambiar frecuentemente el criterio para responder, con lo que se analiza la flexibilidad. Esta tarea *Stroop* está diseñada de tal forma que la persona responde de forma diferente ante los mismos 48 estímulos.

Se midió el automonitoreo con una prueba de seguimiento. En esta prueba se presentó un círculo de 50 píxeles de diámetro por 180 ms, que seguía una trayectoria lineal a través de la pantalla con una velocidad de desplazamiento constante, es decir, con un intervalo interestímulo fijo, el cual se eligió al azar para cada trayectoria de entre 200 a 730 ms. Se presentaron 16 cambios de trayectoria y velocidad de desplazamiento de forma aleatoria. Cada vez que aparecía el círculo, los participantes tenían que colocar el cursor dentro del mismo y presionar el botón izquierdo del ratón con el dedo índice de la mano derecha. Después de la presentación de 22 o 33 círculos, se modificaron la trayectoria y la velocidad de desplazamiento (intervalo interestímulo). La tarea tuvo una duración total de 7 min. Se consideraron como indicadores del automonitoreo el ajuste a los cambios en la tarea, a través de la eficiencia, y la velocidad para responder durante los primeros estímulos, después de un cambio de trayectoria.

Procedimiento

Inicialmente se pidió la participación voluntaria de estudiantes universitarios del primer semestre, se les explicaron las condiciones del estudio a los interesados, y firmaron una carta de aceptación los estudiantes y los tutores de los menores de edad que estuvieron de acuerdo en participar. A estos estudiantes se les aplicaron los cuestionarios de datos generales y de trastornos del sueño. Solamente se admitieron

en el estudio quienes no tenían un problema de salud grave, que no estuvieran tomando medicamentos que afectan el sistema nervioso y que no tuvieran dificultades en dormir. Los participantes que se admitieron siguieron un horario fijo del ciclo de vigilia-sueño (de 23:00 h a 7:00 h), durante cinco días previos a ser registrados en el laboratorio. Además, se registró su consumo de alimentos durante dos días.

Uno o dos días antes de acudir a la sesión de registro, cada participante recibió instrucciones y entrenamiento en todas las actividades y tareas. Permanecieron al menos una hora en la cámara de aislamiento en condiciones idénticas a las del registro y se les aplicaron todas las pruebas, como se hizo durante la sesión de registro. Se pidió a los participantes que se abstuvieran de consumir alimentos en forma excesiva o con muchas calorías, hacer cual-

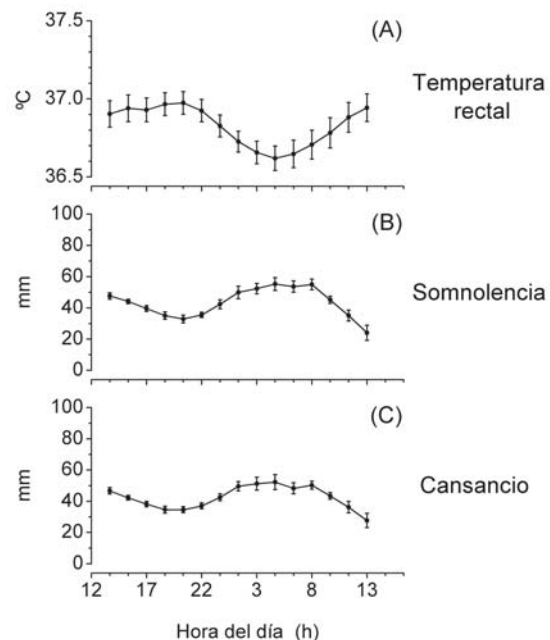


Fig. 1. Cambios durante el día en (A) la temperatura rectal y los reportes subjetivos de (B) somnolencia y (C) cansancio. Durante la tarde, las participantes presentaron su mayor nivel de temperatura corporal, y reportaron el nivel más bajo de somnolencia y cansancio, mientras que en la madrugada reportaron la mayor sensación de somnolencia y cansancio, al mismo tiempo que presentaron el menor nivel en su temperatura.

quier forma de dieta, consumir alcohol, café o cualquier tipo de droga durante 24 horas antes de la sesión de registro. Todos los participantes afirmaron que cumplieron con esta solicitud.

Para el registro en la cámara de aislamiento, los participantes acudieron a las 10:00 h, se les aclararon las dudas y se dieron ejercicios de práctica adicionales sobre las actividades y pruebas. El registro se inició a las 12:00 h. Cada participante permaneció en la cámara de aislamiento durante 29 horas continuas en una rutina constante. Durante la sesión de registro, no se permitió el consumo de café, tabaco, ni drogas. En esta cámara se registró de forma continua su temperatura rectal con una tasa de muestreo de un minuto. Los participantes permanecieron acostados en un sillón en la misma posición (con una inclinación de 45° sobre el eje horizontal, con la cabeza elevada con respecto a los pies), excepto por breves periodos cuando tenían que ir al baño. Además, los participantes permanecieron en vigilia (sin dormir). Cada 100 min se registraron las variables subjetivas (somnia y cansancio), así como las pruebas *Stroop* y de seguimiento. Cada registro duraba aproximadamente 60 minutos, seguido por un periodo de descanso. El periodo de descanso se utilizó para comer una porción de alimento equivalente a la fracción correspondiente a la ingesta calórica diaria de cada participante. Con el propósito de evitar posibles variaciones en el comportamiento, vinculadas con el ciclo menstrual, cada participante se registró en el intervalo que va del día cinco después de la menstruación al día cinco antes de la fecha en que se espera la siguiente menstruación.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos de la temperatura rectal, se usó la técnica cosinor, con la cual se analiza el ajuste de los datos a una curva sinusoidal de 24 ho-

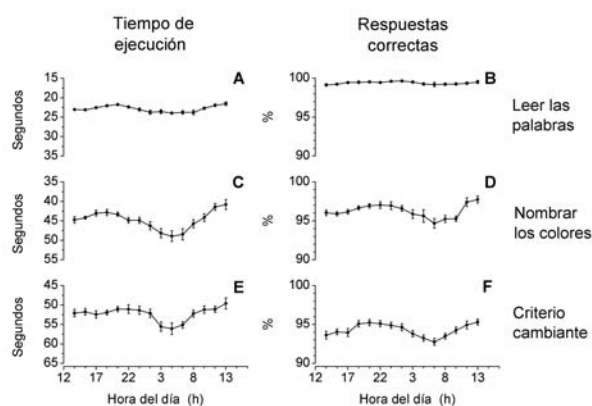


Fig. 2. Cambios durante el día en los indicadores de (C-D), inhibición (nombrar los colores) y (E-F) flexibilidad (criterio cambiante) de la tarea *Stroop*. Durante la tarde, los participantes presentaron un aumento en su capacidad para inhibir y ser flexibles, mientras que en la madrugada esta capacidad disminuyó.

ras, lo que permite determinar la fase, es decir, a qué hora del día se presenta la mayor temperatura corporal.^{35,36} Para separar los posibles efectos de la fatiga durante la sesión de registro, se restó la regresión lineal a los datos de cada variable de las pruebas, con lo que se eliminaron los cambios acumulados, como consecuencia de mantenerse despiertos y trabajando por más de un día.¹⁷ Para determinar la existencia de cambios durante el día en la capacidad de resolver problemas, se usó el análisis de varianza no paramétrico de Friedman, y se hizo un análisis de correlación cruzada^{3,37,38} para observar si las horas de mejor desempeño de la resolución de problemas y las horas de la mayor temperatura corporal son las mismas.

RESULTADOS

Se observó un ajuste significativo en los datos del registro de la temperatura corporal de cada uno de los participantes a una curva sinusoidal, con un periodo de 24 h (promedio del Ajuste $R^2 = 83.21 \pm 11.05\%$, $p < 0.001$). La hora de mayor temperatura ocurrió en promedio a las $16:33h \pm 138$ min (figura 1).

De la misma forma que la temperatura corporal, la somnolencia (Friedman=67.22, $p<0.001$) y el cansancio presentaron cambios a lo largo del día (Friedman=56.93, $p<0.001$), ya que se presentó un aumento en la somnolencia y el cansancio durante la madrugada, cuando la temperatura se encontraba en su nivel más bajo del día (figura 1).

En la prueba *Stroop*, así como en la prueba de seguimiento, se encontraron diferencias durante el día en los siguientes componentes de resolución de problemas:

1. Inhibición. En la actividad de nombrar los colores de la prueba *Stroop*, tanto en la precisión para responder correctamente (Friedman=31.43, $p<0.01$) como en el tiempo de ejecución (Friedman=70.78, $p<0.001$). Se presentó un aumento en la eficiencia durante la tarde, mientras que en la madrugada disminuyó, esto implica que tardaron más tiempo y tuvieron más errores cuando la temperatura corporal estaba en su punto más bajo (figura 2).
2. Flexibilidad. En la actividad de criterio cambiante de la prueba *Stroop*, tanto en la precisión para responder correctamente (Friedman=41.57, $p<0.001$) como en el tiempo de ejecución (Friedman=36.77, $p<0.001$). Los participantes aumentaron su capacidad de ser flexibles durante la tarde, mientras que en la madrugada disminuyeron esta capacidad, después del punto más bajo de temperatura corporal (figura 2).
3. Automonitoreo. En la cantidad de círculos requeridos para ajustarse a los cambios de la tarea de seguimiento (Friedman=24.04, $p<0.05$), así como en la eficiencia para responder (Friedman=46.23, $p<0.001$) y el tiempo de reacción ante el cuarto círculo después del cambio (Friedman=46.41, $p<0.001$). Los participantes se ajustaron a los cambios de la tarea de seguimiento de

mejor forma durante la tarde, mientras que en la madrugada y temprano en la mañana presentaron su menor capacidad para ajustarse, después de que la temperatura corporal llegara a su punto más bajo (figura 3).

DISCUSIÓN

En este estudio se observaron cambios durante el día en la función de inhibición, ya que aumentó la capacidad para responder en la tarea de nombrar colores durante la tarde, y disminuyó durante la madrugada. La inhibición es la capacidad de bloquear comportamientos inadecuados, por lo que las variaciones durante el día observadas en este trabajo sugieren que durante la madrugada las personas no serán capaces de inhibir su comportamiento eficientemente.

Estos resultados no concuerdan con los encontrados en estudios previos, ya que en aquellos se observó una disminución en la capacidad para inhibir en las horas de la tarde, o no se encontraron cambios durante el día. Esto se debe a que en dichos estudios utilizaron una tarea de "siga-alto",^{21,22} en la cual el aumento en la cantidad de omisiones ante un estímulo específico se considera como un aumento en la capacidad de inhibir.

Sin embargo, este aumento en las omisiones puede confundirse con una disminución en la alerta, con lo que esta tarea es un indicador poco confiable de la inhibición. Por otro lado, dos de esos estudios utilizaron un protocolo de hora del día,^{22,39} en el cual los participantes continuaron con sus actividades cotidianas, por lo que las diferencias registradas a lo largo del día pudieron deberse a otros factores, por ejemplo, a que los participantes tuvieran distintas características de su ciclo de vigilia-sueño, a que durmieran menos horas, a las actividades realizadas antes de responder las tareas, o a las condiciones

ambientales de iluminación o ruido en que las con-testaron. A diferencia de esos estudios, en este trabajo se utilizaron indicadores específicos de la tarea Stroop en un protocolo de rutina constante, por lo que estas condiciones permitieron observar los cambios durante el día en la capacidad de inhibición.

El hecho de que disminuya la capacidad de inhibir de las personas durante la madrugada tiene implicaciones en su vida cotidiana, ya que a estas horas del día la persona no será capaz de bloquear eficientemente respuestas inadecuadas. Debido a esto, la persona puede presentar errores graves o incluso fatales dentro del campo laboral, al no tomar en cuenta situaciones extraordinarias, en las que su ejecución común es inadecuada, como fallas en la maquinaria, o condiciones adversas para el manejo, como lluvia, neblina o hielo en el camino al conducir cualquier tipo de transporte.

Por otro lado, también se observaron cambios durante el día en la flexibilidad, ya que los participantes presentaron un aumento en la eficiencia para responder a las actividades de criterio cambiante de la tarea *Stroop* durante la tarde, y luego disminuyó dicha eficiencia en las horas de la madrugada y temprano en la mañana. La flexibilidad se refiere a la capacidad de las personas para cambiar de respuesta según las demandas cambiantes del ambiente, por lo que durante la madrugada las personas podrían presentar un comportamiento perseverante, es decir, que continúen respondiendo de la misma manera aun y cuando esta respuesta sea inadecuada.

En el estudio de Bratzke *et al.*,²⁷ en el que se analizó el cambio entre tareas, considerado como un indicador de la flexibilidad, se observaron cambios durante el día similares a los de este estudio; en ambos estudios se observó una disminución en la capacidad de este componente durante la madrugada y temprano en la mañana.⁷ Sin embargo, no se analizó la precisión para responder correctamente ante

los cambios, ya que las tareas del estudio de Bratzke cambiaban de forma predecible.

Con estos resultados, se puede esperar que las personas tengan dificultades durante la madrugada y temprano en la mañana para ajustar su comportamiento, cuando presentan respuestas específicas ante estímulos específicos y, en un momento dado, estas respuestas dejan de ser adecuadas, por lo que tienen que cambiar su manera de responder. Con esto, la persona puede tener graves problemas al enfrentar alguna contingencia inesperada en su trabajo, o si al conducir un automóvil se presentan situaciones, como caminos cerrados o accidentes automovilísticos, ante las cuales tenga que responder de forma diferente.

Se encontraron diferencias durante el día en los indicadores del ajuste del comportamiento a los cam-

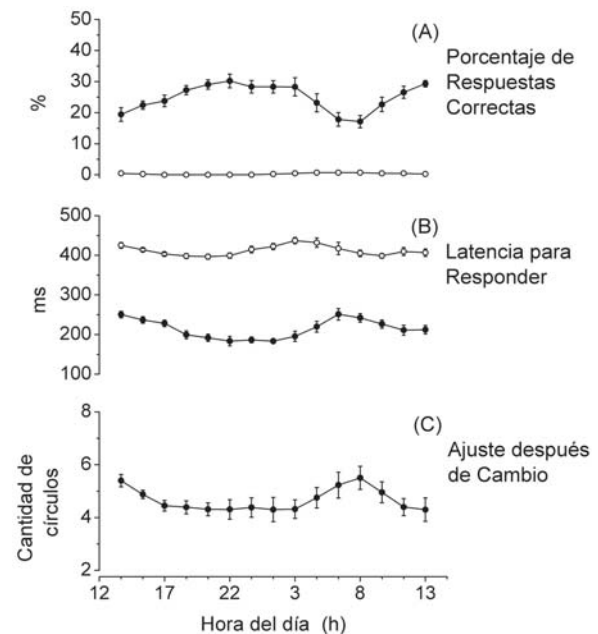


Fig. 3. Cambios durante el día en la capacidad de las personas a ajustarse a los cambios de una tarea de seguimiento. Durante la madrugada y temprano en la mañana (4:40 – 8:00 h), las personas: A) presentaron un menor porcentaje de respuestas correctas al cuarto círculo después del cambio, B) presentaron una mayor latencia para responder al cuarto círculo después del cambio; C) requirieron más círculos para ajustarse a los cambios. Los círculos blancos son las respuestas al primer evento y los negros son las respuestas al cuarto evento después del cambio.

bios en el ambiente, considerado como una parte importante del automonitoreo. Se observó que la capacidad para ajustarse a los cambios presenta una mayor eficiencia durante la tarde y una disminución en la eficiencia durante la madrugada y temprano en la mañana. El automonitoreo es la capacidad de supervisar el propio comportamiento, así como los resultados de éste, por lo que, durante la madrugada y temprano en la mañana, las personas podrían presentar dificultades para monitorear y ajustar su comportamiento al ambiente eficientemente. Estos resultados coinciden con los encontrados en estudios anteriores, en los que se analizó de manera general la eficiencia para responder a tareas de seguimiento.^{28-30,40} Sin embargo, en el presente estudio se analizó de forma específica la capacidad de ajustar el comportamiento cuando cambian las condiciones del ambiente.

La capacidad de ajustarse a los cambios es crucial para verificar y corregir nuestras acciones, por lo que la disminución en esta función nos hace más vulnerables a cometer errores; además, hace más probable que los errores no se corrijan con la eficiencia y velocidad que se necesita, por lo que pueden convertirse en situaciones de peligro o en accidentes graves. Esto puede ser un factor de riesgo importante en el trabajo nocturno, sobre todo al desempeñar actividades que implican el manejo de maquinaria pesada o al conducir vehículos de transporte, operaciones que se llevan a cabo en situaciones variables y requieren respuestas rápidas y precisas.

Por otro lado, las implicaciones de este estudio son de gran relevancia, ya que la capacidad del ser humano para solucionar problemas es crucial para ejecutar eficientemente todas nuestras actividades. En todas las áreas productivas, tanto en tareas laborales, educativas y sociales, se requiere que las personas sean capaces de solucionar problemas. Dicha capacidad está presente en todas nuestras acciones, pero es fundamental cuando hay que tomar decisiones.¹ Los re-

sultados de este estudio presentan una disminución en la capacidad para inhibir, ser flexible y ajustarse a los cambios del ambiente durante la madrugada y temprano en la mañana, por lo que estos cambios pueden repercutir en la toma de decisiones y en la resolución de problemas durante estas horas del día. Una baja capacidad para resolver problemas tiene consecuencias en muchas actividades humanas, por ejemplo, bajo rendimiento laboral, errores en el trabajo, accidentes laborales o automovilísticos graves.

La disminución en la capacidad de inhibir el comportamiento, de ser flexibles para intercambiar estrategias de respuestas y de ajustarse a los cambios, observada durante la madrugada en este estudio, coincide con una mayor incidencia de errores y una menor eficiencia en los trabajadores a estas horas del día. Los errores y la baja eficiencia del trabajador en la madrugada pueden vincularse a la mayor incidencia de accidentes en el turno de trabajo nocturno. Asimismo, se ha observado que los accidentes tienden a ser más graves en comparación con los que suceden en los turnos diurnos.⁵

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue identificar cambios durante el día en las funciones que se requieren para la solución de problemas: inhibición, flexibilidad y automonitoreo. Se registraron trece estudiantes universitarios voluntarios, por 29 horas continuas en el laboratorio, donde contestaron cada 100 min la prueba Stroop, que mide la inhibición y la flexibilidad, y la prueba de seguimiento, que mide el automonitoreo. Se encontró una disminución en las tres funciones analizadas durante la madrugada. La disminución en la capacidad para resolver problemas se relaciona con accidentes graves observados, tanto en el medio laboral como en la conducción de vehículos a estas horas del día.

Palabras clave: Resolución de problemas, Hora del día, Funciones ejecutivas, Ritmos circadianos.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify changes during the day in functions that are required for problem solving: inhibition, flexibility and self-monitoring. Thirteen undergraduate students were studied at the laboratory for 29 h. They answered a Stroop test, that measures inhibition and flexibility, and a Tracking test, that measures self-monitoring. There was a decrement of all three functions during night and early morning. The problem solving decrement could be related to the increment in errors and accidents at work and traffic accidents observed at this time of the day.

Keywords: Problem solving, Time of day, Executive functions, Circadian rhythms.

AGRADECIMIENTOS

A los participantes, por su enorme esfuerzo y entusiasta colaboración en todas las etapas de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Simons, J.S., et al., Anterior prefrontal cortex and the recollection of contextual information. *Neuropsychologia*, 2005. 43(12): pp. 1774-83.
2. Goldberg, E., *El cerebro ejecutivo: los lóbulos frontales y mente civilizada*. 2004, Barcelona: Crítica.
3. Valdez, P., et al., Circadian rhythms in components of attention. *Biol. Rhythm Res*, 2005. 36(1/2): pp. 57-65.
4. Manes, F., et al., Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 2002. 125(Pt 3): pp. 624-39.
5. Folkard, S., P. Tucker, Shift work, safety and productivity. *Occup Med (Lond)*, 2003. 53(2): pp. 95-101.
6. Tucker, P., S. Folkard, I. Macdonald, Rest breaks and accident risk. *Lancet*, 2003. 361(9358): p. 680.
7. Aeschbach, D., et al., Two circadian rhythms in the human electroencephalogram during wakefulness. *The American Journal of Physiology*, 1999. 277(6 Pt 2): p. R1771-9.
8. Valdez, P., T. Reilly, J. Waterhouse, Rhythms of mental performance. *Mind, Brain and Education*, 2008. 2(1): pp. 7-16.
9. Blatter, K., et al., Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behav Brain Res*, 2006. 168(2): pp. 312-7.
10. D'Reaux, R.A., C.S. Neumann, K.N. Rhymer, Time of day of testing and neuropsychological performance of schizophrenic patients and healthy controls. *Schizophrenia Research*, 2000. 45(1-2): pp. 157-67.
11. Kraemer, S., et al., Time-of-day variations of indicators of attention: performance, physiologic parameters, and self-assessment of sleepiness. *Biological Psychiatry*, 2000. 48(11): p. 1069-80.
12. Shapiro, C.M., et al., Daylight saving time in psychiatric illness. *Journal of Affective Disorders*, 1990. 19(3): pp. 177-181.
13. Folkard, S., T.H. Monk, Circadian rhythms in human memory. *British Journal of Psychology*, 1980. 71: pp. 295-307.
14. Vallar, G., A.D. Baddeley, Fractionation of working memory: Neuropsychological evidence for a phonological short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1984. 23(2): pp. 151-161.
15. Monk, T.H., J. Carrier, Speed of mental processing in the middle of the night. *Sleep*, 1997. 20(6): pp. 399-401.
16. Monk, T.H., et al., Endogenous circadian performance rhythms-relationship to temperature, cortisol, melatonin, mood and alertness, in *Biological clocks, mechanisms and applications*, Y. Touitou, Editor. 1998, Elsevier Science B. V.: New York. pp. 557-562.

17. Carrier, J., T.H. Monk, Circadian rhythms of performance: new trends. *Chronobiol Int*, 2000. 17(6): pp. 719-32.
18. Valdez, P., Ritmos circadianos y conducta, en *La Neuropsicología, una nueva rama en el conocimiento psicológico*, E.C. Valcárcel, Editor. 1988, ENPES: La Habana. pp. 167-206.
19. Lezak, M., *Neuropsychological assessment*. 1983, New York: Oxford University Press.
20. Hanneman, S.K., Measuring circadian temperature rhythm. *Biological Research for Nursing*, 2001. 2(4): pp. 236-48.
21. Harrison, Y., K. Jones, J. Waterhouse, The influence of time awake and circadian rhythm upon performance on a frontal lobe task. *Neuropsychologia*, 2007. 45(8): pp. 1966-72.
22. Manly, T., *et al.*, Coffee in the cornflakes: time-of-day as a modulator of executive response control. *Neuropsychologia*, 2002. 40(1): pp. 1-6.
23. Reuter-Lorenz, P.A., *et al.*, Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2000. 12(1): pp. 174-87.
24. MacLeod, C.M., P.A. MacDonald, Interdimensional interference in the Stroop effect: uncovering the cognitive and neural anatomy of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 2000. 4(10): pp. 383-391.
25. Van Boxtel, G.J.M., *et al.*, A psychophysiological analysis of inhibitory motor control in the stop-signal paradigm. *Biological Psychology*, 2001. 58(3): pp. 229-262.
26. West, R., M.A. Bell, Stroop color-word interference and electroencephalogram activation: evidence for age-related decline of the anterior attention system. *Neuropsychology*, 1997. 11(3): pp. 421-7.
27. Bratzke, D., *et al.*, The effect of 40 h constant wakefulness on task-switching efficiency. *Journal of Sleep Research*, 2009. 18(2): pp. 167-72.
28. Goh, V.H., *et al.*, The rotary pursuit test is not an index of normal psychomotor function in humans. *Mil Med*, 2001. 166(8): pp. 725-7.
29. Mullaney, D.J., *et al.*, Sleep loss and nap effects on sustained continuous performance. *Psychophysiology*, 1983. 20(6): pp. 643-51.
30. Van Eekelen, A.P., G. Kerkhof, No interference of task complexity with circadian rhythmicity in a constant routine protocol. *Ergonomics*, 2003. 46(15): pp. 1578-93.
31. Cedrus, Superlab. 1999, Phoenix: Autor.
32. Curcio, G., M. Casagrande, M. Bertini, Sleepiness: evaluating and quantifying methods. *International Journal of Psychophysiology*, 2001. 41: pp. 251-263.
33. Cluydts, R., *et al.*, Daytime sleepiness and its evaluation. *Sleep Med Rev*, 2002. 6(2): pp. 83-96.
34. Téllez, A., *Trastornos del sueño: diagnóstico y tratamiento*. 1998, México: Trillas.
35. Minors, D.S., J.M. Waterhouse, Mathematical and statistical analysis of circadian rhythms. *Psychoneuroendocrinology*, 1988. 13(6): pp. 443-444.
36. Benedito-Silva, A.A., Aspectos metodológicos da cronobiologia, in *Cronobiologia: Principios e Aplicações*, N.M.-B.L. Marqués, Editor. 2003, Editora da Universidade de São Paulo: Sao Paulo.
37. Czeisler, C.A., *et al.*, Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 1999. 284(5423): pp. 2177-81.
38. Ramírez, C., *et al.*, Circadian rhythms in phonological and visuospatial storage components of working memory. *Biological Rhythm Research*, 2006. 37(5): pp. 433-441.
39. Hartley, L.R., E. Shirley, Color-name interference at different times of day. *The Journal of Applied Psychology*, 1976. 61(7): pp. 119-22.
40. Buck, L., Circadian rhythms in step-input pursuit tracking. *Ergonomics*, 1977. 20(1): pp. 19-31.

Recibido: 1 de octubre de 2011

Aceptado: 25 de enero de 2012