

# Memoria de trabajo o hábitos de sueño, ¿qué influye más en las habilidades de programación?

Francisco J. Gallego-Durán, Carlos J. Villagrà-Arnedo  
Patricia Compañ-Rosique, Alberto Real-Fernández

Grupo Smart Learning  
Universidad de Alicante

03690 San Vicente del Raspeig (Alicante)

{fjgallego, villagra, patricia.company, alberto.real}@ua.es

## Resumen

El proceso de enseñanza-aprendizaje puede estar condicionado por el entorno, hábitos y estado fisiológico de los estudiantes. A menudo, estos factores externos son más estudiados en psicología que en educación. Sin embargo, su influencia podría explicar parte de los resultados académicos.

Nos preguntamos por dos de estos factores: los hábitos de sueño y la memoria de trabajo. Dado nuestro contexto académico, observamos su influencia en las habilidades de programación. En un grupo de cuarto de ingeniería, medimos conocimientos adquiridos de ensamblador y C++, y tamaño de su memoria de trabajo. Además, obtenemos sus patrones de sueño mediante encuesta. Con todo, estudiamos correlaciones entre las medidas.

Los resultados indican moderadas correlaciones entre memoria de trabajo y programación, sin aparente influencia del sueño, para nuestra sorpresa.

## Abstract

The teaching-learning process may be conditioned by the environment, habits and physiological status of the learners. These external factors are more often studied in psychology than in education. However, their influence may explain part of the academic results.

We considered two of these factors: sleeping habits and working memory. Given our academic context, we measured their influence on programming skills. In a group of fourth-year engineering students, we measure their acquired knowledge of assembler and C++, and the size of their working memory. In addition, we obtain their sleeping patterns by survey. Afterwards, we study correlations between all the measures.

The results show moderate correlations between working memory and programming, with no apparent influence of sleeping patterns, to our surprise.

## Palabras clave

Sueño, memoria de trabajo, Dual-N-Back, inteligencia fluida, programación

## 1. Introducción

El aprendizaje de nuestros estudiantes no depende exclusivamente de los métodos de enseñanza. La efectividad de los materiales, actividades y cursos que diseñemos está limitada por la fisiología y hábitos de nuestros estudiantes. Por ejemplo, esperamos que un estudiante somnoliento rinda menos que otro despierto y activo. De igual forma, esperamos que las habilidades mentales desarrolladas previamente afecten a la efectividad del aprendizaje presente. Así, esperamos que un estudiante entrenado en visualización espacial aprenderá relaciones matemáticas geométricas más eficientemente que otro sin este entrenamiento.

En el ámbito de la psicología, una de las capacidades más estudiadas es la *memoria de trabajo* [2]. Resumido rápidamente, la *memoria de trabajo* o *memoria operativa* es aquella en la que mantenemos de forma consciente una cantidad limitada de elementos de razonamiento sobre los que estamos trabajando. Por ejemplo, calcular  $25 \times 12$  de cabeza requiere mantener dígitos, relaciones y pasos intermedios, manipulándolos hasta llegar al resultado (300). El “espacio requerido” para este trabajo sería la *memoria de trabajo*. En psicología esta memoria es definida como un proceso cognitivo, mediante el que realizamos la manipulación e interrelación de objetos de pensamiento, sean percibidos o evocados de la memoria a largo plazo. Sería la memoria objeto de nuestra atención, en la que percibimos el aquí y el ahora mientras estamos trabajando, reflexionando o aprendiendo algo nuevo. La evidencia disponible otorga bastante importancia a esta capacidad. En particular, el tamaño de la *memoria de trabajo* parece predecir las capacidades de razonamiento e incluso

el éxito académico mejor que el cociente intelectual (IQ) [1]. También se ha relacionado con el pensamiento abstracto [15], una habilidad muy importante en matemáticas y programación.

También en estudios psicológicos aparece mucha evidencia relacionando los hábitos de sueño, y el propio sueño, con el aprendizaje [20]. Todo parece indicar que un sueño regular, suficiente y de calidad aumenta significativamente la eficiencia del aprendizaje. El propio acto del aprendizaje, entendido como almacenamiento de información en memoria a largo plazo, podría estar mayoritariamente mediado por las etapas de sueño profundo. Además, la creatividad, el descubrimiento de relaciones no obvias y la resolución de problemas aparecen muy ligados a la fase de sueño REM (del inglés, *Rapid Eye Movements*). Por tanto, el aprendizaje de conceptos nuevos, su correcta asociación y establecimiento en memoria a largo plazo podría requerir adecuados niveles de sueño, haciendo menos relevantes nuestros esfuerzos como profesores en su ausencia.

En este trabajo comenzamos asumiendo que la *memoria de trabajo* y los hábitos de sueño de nuestros estudiantes deben explicar parte de sus resultados en clase. Ante esta hipótesis, y centrándonos en las habilidades de programación, nos preguntamos lo siguiente: ¿Qué tiene mayor influencia en las habilidades de programación de nuestros estudiantes, una mayor memoria de trabajo o mejores hábitos de sueño?

Para responder a esta pregunta se requiere una gran cantidad de evidencia y varios estudios independientes. La intención en este trabajo es dar un pequeño paso inicial que pueda aportar unos primeros indicios al respecto. Estos primeros indicios quizá puedan darnos pistas sobre el interés de la cuestión y sus posibles implicaciones.

Planteamos un experimento con estudiantes de cuarto curso del Grado en Ingeniería Multimedia de la Universidad de Alicante. En una sesión de la asignatura Videojuegos 1, medimos los conocimientos adquiridos por cuarenta y cinco estudiantes sobre ensamblador y C++, lenguajes que utilizan para desarrollar dos videojuegos en un año. Así mismo, utilizamos el test *Dual-N-Back*, para medir de forma aproximada el tamaño de su *memoria de trabajo*. También les hicimos preguntas sobre sus hábitos de sueño, obteniendo las horas promedio que dedican a dormir. En el apartado 3 explicamos los detalles del experimento, la recogida y el procesado de los datos. Los resultados de los análisis de correlación y su discusión se muestran en el apartado 4. Antes de todo eso, presentamos una breve reseña sobre los estudios previos respecto a *memoria de trabajo* y sueño en el apartado 2.

## 2. Estudios previos

El rendimiento académico está influenciado por muchos factores, algunos externos al individuo y otros internos [17]. Entre ellos, nos interesan especialmente los hábitos de sueño, puesto que la evidencia de las últimas décadas ha puesto de manifiesto su especial relevancia para el aprendizaje [20].

### 2.1. Sueño

Jenkins y Dallenbach [10] fueron los primeros en comprobar si era más eficiente el sueño o la vigilia para el aprendizaje. Examinaron la rapidez con la que los participantes del estudio olvidaban una lista de hechos verbales previamente aprendida. Tras la sesión de aprendizaje, esperaron un intervalo de 8 horas. En este intervalo, el grupo experimental durmió mientras que el grupo de control permaneció despierto. Después midieron de nuevo cuántos hechos recordaban ambos grupos, mostrando que el grupo de control olvidó más aceleradamente, olvidando hasta un 40 % más de hechos que el grupo experimental. Muchos otros estudios han corroborado esta evidencia desde entonces [19], no sólo en humanos, sino también en otros animales como los bonobos [12]. En el experimento de Martín-Ordás y otros [12] se comprueba además que si se duerme justo después del acto de codificar la información (aprender), la retención de información es mucho mayor que si se mantiene en vigilia.

A este respecto, la privación del sueño ha sido estudiada también observando importantes efectos adversos respecto al aprendizaje. Drummond y otros [6] mostraron como treinta y dos horas de privación de sueño afectaban seriamente las capacidades de estudiantes jóvenes durante el aprendizaje verbal. Particularmente, encontraron diferentes activaciones en las áreas de cortex prefrontal, lóbulo temporal y lóbulo parietal ante las actividades de aprendizaje y evocación de recuerdos, lo que sugería un trabajo compensatorio por parte del cerebro en distintas circunstancias. Este trabajo compensatorio podría explicar fenómenos como la capacidad de recordar para un examen tras una noche completa de estudio, y su posterior olvido muy rápido debido a la falta de sueño.

El papel del sueño en el aprendizaje también ha sido investigado en cuando a su capacidad selectiva para reforzar el recuerdo o favorecer el olvido. El estudio realizado por Walker y otros [18] muestra como el mecanismo de aprendizaje y almacenamiento del cerebro selecciona información en función de la relevancia que le otorga el sujeto, e igualmente descarta y elimina información con un criterio similar. Mediante experimentos donde se pedía a los participantes que vieran series de palabras marcadas con R (para recordar) u O (para olvidar), comprobaron que se podía influir en la

forma selectiva en que el cerebro aprende y almacena información durante el sueño. Además, este estudio también evidencia la función del sueño profundo como procedimiento para trasladar recuerdos desde el hipocampo (memoria a corto plazo) a la corteza cerebral (memoria a largo plazo). En los escáneres cerebrales realizados se comprueba como las zonas que se activan al recordar los mismos patrones son distintas antes y después de dormir, mostrando esta migración de la información realizada durante el sueño.

Sin embargo, también existen estudios como el realizado por Castillo y otros [4] en la universidad de Panamá, donde los estudiantes con privación de sueño mantenían un rendimiento académico aceptable. A través de una encuesta por Internet a toda la comunidad universitaria, obtuvieron la cantidad de horas de sueño y la relacionaron con el rendimiento académico. Los autores concluyen que los resultados de estudiantes que duermen mejor son mejores, pero que los que están en privación de sueño son también aceptables.

Si bien la validez metodológica es cuestionable, una conclusión interesante es que tal vez el uso de exámenes como prueba de evaluación nos esté dando mediciones incorrectas del aprendizaje real de los estudiantes. Como otros estudios indican [6, 20, 15], en muchos exámenes se puede obtener calificaciones altas estudiando las veinticuatro horas anteriores, incluso sin dormir. Sin embargo, si los mismos estudiantes son re-evaluados un tiempo después, el aprendizaje decae muy rápidamente para aquellos que optaron por esta estrategia. En cambio, quienes estudiaron a diario, en periodos prolongados y con buenos hábitos de sueño, muestran hasta un 80% de mejores resultados en estos tests posteriores. Esto sería muy consistente con la necesidad de sueño para la memoria a largo plazo, así como para mostrar la debilidad de los exámenes finales como método de evaluación.

## 2.2. Memoria de trabajo

Uno de los componentes críticos de la inteligencia general es la inteligencia fluida, que se considera que es la habilidad para razonar en situaciones nuevas independientemente de los conocimientos previos. Es el aspecto de la inteligencia que ha mostrado mayor maleabilidad a lo largo del tiempo y la evidencia apoya su capacidad predictiva del éxito profesional y educativo. La *memoria de trabajo* es uno de los procesos centrales que impulsan la inteligencia fluida.

Baddeley y Hitch [2] observaron mediante distintos experimentos como el aumento de carga cognitiva, tanto secuencial como paralela, producía un aumento del tiempo requerido de razonamiento, y estudiaron como eso afectaba a la comprensión y a la capacidad para recordar, de forma inmediata y aplazada. A partir de estos experimentos propusieron el concepto de *memoria*

*de trabajo* como teoría que explicaba todos los fenómenos observados. Así explicaron con éxito el funcionamiento de la carga cognitiva, el aprendizaje y también el fenómeno de olvido por interferencia. El olvido por interferencia se produce al intentar trabajar simultáneamente con más información de la que la *memoria de trabajo* puede manejar. Así, Baddeley y Hitch concluyeron que parte de la información era reemplazada por falta de espacio, provocando su olvido.

Desde su definición hasta la actualidad, la memoria de trabajo ha sido relacionada en numerosos estudios con múltiples capacidades de la inteligencia. Por ejemplo, Daneman y Carpenter [5] mostraron que el 70% de los niños con dificultades de aprendizaje obtenían resultados bajos en diferentes medidas de *memoria de trabajo*. Daneman y Carpenter usaron los métodos más aceptados de medición que consistían en variantes de leer series de frases memorizando la última palabra. Los niños leían una frase en una tarjeta, que el instructor tapaba con otra al terminar. La última frase se tapaba con una tarjeta en blanco, y entonces debían recordar, en orden, la última palabra de cada frase. Se incrementaba el número total de frases hasta producir tres fallos consecutivos. En ese momento, se aceptaba como medida el número de frases de las que se pudo realizar dos aciertos sobre tres.

Más recientemente, Alloway y Alloway [1] consideraron las medidas de la *memoria de trabajo* y el IQ como potenciales predictores tempranos del éxito académico. Particularmente, estudiaron estas medidas en niños de cinco años y observaron su correlación con sus resultados académicos seis años después. Para medir la *memoria de trabajo* utilizaron dos tests: recordar secuencias de dígitos en orden inverso, y recordar últimas palabras de frases escuchadas, indicando al final de cada frase si son ciertas o falsas. Sus resultados indicaron que la *memoria de trabajo* no resultaba estar correlacionada con el IQ, sino que constituía una medida independiente y que predecía mejor el éxito académico de los estudiantes que el IQ. Tras Alloway y Alloway, otros estudios [11, 13, 15] han encontrado asociaciones predictivas similares entre las *memoria de trabajo* y el rendimiento académico.

Muchos estudios se han preguntado no sólo cómo medir la *memoria de trabajo*, sino también si es fija, variable o si se puede entrenar. La evidencia ha sido contraria en general a la posibilidad de aumentar la capacidad de la memoria de trabajo, hasta la aparición del ejercicio *dual-n-back* [7, 8]. Este ejercicio propone memorizar secuencias dobles simultáneas. En una matriz de 3x3 casillas vacía, similar al tres en raya, va apareciendo un cuadrado en posiciones aleatorias, ocupando una de las casillas. El cuadrado aparece durante medio segundo y luego desaparece, reapareciendo a los dos segundos y medio. A la vez que el cuadrado apare-

ce, una voz pronuncia una letra aleatoria de nueve posibles (C,G,H, K,P,Q,S,T,W). El participante debe recordar una secuencia de  $N$  posiciones y sonidos, donde  $N$  marca la dificultad del ejercicio.  $N$  típicamente empieza en 2, y varía según el acierto del participante. La tarea del participante consiste en identificar cuando se produce una repetición. En el momento de aparecer un nuevo cuadrado, si ocupa la misma posición que hace  $N$  apariciones, el participante debe pulsar para indicar “coincidencia de posición”. De forma similar, debe hacerlo con el sonido, indicando también “coincidencia de sonido”. Ambas suceden aleatoriamente y pueden suceder a la vez. Se considera el porcentaje de aciertos y fallos respecto al total de coincidencias presentadas en una secuencia. Para  $N = 2$ , la secuencia típica está formada por veinticuatro apariciones, incrementando conforme aumenta  $N$ .

Tras la aparición del ejercicio *dual-n-back* y las distintas variantes que de él se han hecho, ha habido bastante debate científico sobre si verdaderamente es posible o no aumentar la *memoria de trabajo*. La evidencia parece indicar que sí, pero sólo en un pequeño porcentaje, sin estar aún claro si es un efecto temporal, ni si es realmente transferible a distintos ámbitos. Au y colaboradores [?] revisaron veinte estudios acerca de diversos programas de entrenamiento con *dual-n-back* desarrollados entre 2008 y 2013, en los que se determina que se produce un efecto positivo pequeño pero significativo en la mejora de la inteligencia fluida. Concluyeron que el entrenamiento cognitivo a corto plazo, del orden de semanas, puede mejorar la *memoria de trabajo*, produciendo efectos positivos medibles en distintas funciones cognitivas de orden superior.

Por su parte, Jaeggi y colaboradores [9] analizaron distintas limitaciones metodológicas entre estudios contradictorios, ofreciendo pautas para contrastar mejor los resultados con *dual-n-back*, tanto para la mejora como para la medición de la *memoria de trabajo*. Con relación a los resultados inconsistentes entre estudios de transferencia de resultados de aprendizaje, atribuyen el motivo a las diferencias entre individuos. Además, observan factores que contribuyeron al éxito del entrenamiento como la motivación, la necesidad de cognición, la capacidad preexistente y las teorías implícitas sobre la inteligencia.

Como muestra de la actualidad de este debate, Salminen y colaboradores [16] pusieron a prueba el entrenamiento con *dual-n-back* para determinar si produce una mejora de los recursos cognitivos generales o de los procesos específicos asociados a la propia tarea. Dividieron su muestra en cuatro grupos de entrenamiento: A) *dual-n-back*, B) *n-back* visual sólo, C) *n-back* auditivo sólo, D) control (sin entrenamiento). Tras dieciséis días de entrenamiento consecutivo, sumando un total de ocho horas, midieron diferencias

mediante pre-post tests de comportamiento con escáneres MRI (del inglés, *Magnetic Resonance Imaging*). Si bien la muestra era pequeña ( $N = 54$ ), tras el análisis del rendimiento de los participantes y de sus zonas de activación cerebrales (particularmente del núcleo estriado), concluyeron que *dual-n-back* no parecía mostrar la transferencia informada en estudios previos.

En el plano del aprendizaje a largo plazo en la vida, la evidencia indica claramente que el rendimiento de la función cognitiva disminuye en los individuos mayores en comparación con los adultos jóvenes. Al igual que otras estrategias, el *dual-n-back* también ha sido puesto a prueba como forma de evitar este declive cognitivo. Pergher y colaboradores [14] mostraron resultados positivos con sujetos de edad avanzada y midieron efectos estadísticamente significativos de transferencia cercana/lejana a otras funciones cognitivas, concluyendo que su uso es prometedor en estos casos.

### 3. Materiales y métodos

Los datos de este estudio se obtuvieron en una sesión especial de la asignatura *Videojuegos I* utilizando las aplicaciones *Socrative*<sup>1</sup> y *dual n-back* del sitio web *Brainscale*<sup>2</sup>. En ella, cuarenta y cinco estudiantes realizaron dos cuestionarios con preguntas de ensamblador y C++. Adicionalmente, se incluían cuatro preguntas sobre hábitos de sueño. Antes de los cuestionarios, hubo una breve sesión de ensayos a *Dual N-Back*. Cada estudiante realizó tres partidas para entender su funcionamiento y acostumbrarse a los controles y la mecánica. Al final de cada cuestionario, los estudiantes realizaron dos nuevas partidas a *Dual N-Back*. Tanto en ensayos, como en partidas, los estudiantes se organizaron por parejas y jugaron por turnos: un estudiante jugaba y su compañero anotaba los resultados. Los cuestionarios con las preguntas y los resultados tanto de *Dual N-Back* como de *Socrative* se pueden consultar en RUA<sup>3</sup>

De esta forma hemos obtenido los siguientes datos, por cada estudiante:

- Diez respuestas a preguntas, cinco de Ensamblador y cinco de C++, en dos cuestionarios, con conceptos básicos que necesitan dominar en la asignatura.
- Cuatro respuestas sobre hábitos de sueño.
- Siete muestras de partidas a *Dual N-Back*, tres de ensayo y cuatro de partidas, como medida aproximada de tamaño de la memoria de trabajo.

<sup>1</sup><https://www.socrative.com/>. Accedido 26/04/2022.

<sup>2</sup><https://brainscale.net/dual-n-back>. Accedido 26/04/2022.

<sup>3</sup><http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/122975>. Accedido 26/04/2022.

En los cuestionarios no se utilizaron preguntas de selección ni opciones preestablecidas: todas las preguntas eran de respuesta libre. La finalidad es poner a prueba las habilidades y conocimientos de los estudiantes mediante la evocación, evitando introducir sesgos debidos a identificación y descarte [3]. Posteriormente, las respuestas de los estudiantes fueron analizadas, evaluadas y categorizadas manualmente, utilizando criterios similares a un examen, para poder obtener valores cuantitativos. Cada respuesta fue evaluada como: correcta (100 %), fundamentalmente correcta (66 %), fundamentalmente incorrecta (33 %) o incorrecta (0 %). Cada cuestionario fue cuantificado sobre cien puntos. De esos cien, cada pregunta aportó un valor inversamente proporcional al número de estudiantes que la fallaron. Así las preguntas puntuaron según su dificultad media. El cálculo se resume en la fórmula 1.

$$\begin{aligned}
 F_k &= 1 - \frac{1}{45} \sum_{i=1}^{45} S_i \\
 T &= \sum_{k=1}^5 F_k \\
 P_k &= F_k / T
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

En la fórmula 1,  $F_k$  representa el ratio de fallos en la pregunta  $k$ , como el complemento de la media de *score*  $S_i$  (puntos) de cada estudiante  $i$ .  $T$  es el total como suma de ratios de fallo, y  $P_k$  es el factor de ponderación de cada pregunta  $k$  al sumar al total de puntos del cuestionario. Por tanto, la puntuación para un estudiante  $i$  en un cuestionario será  $100 \sum_{k=1}^5 P_k S_i$ .

El ejercicio *dual-n-back* requiere mantener en memoria de trabajo  $2N$  objetos:  $N$  posiciones y  $N$  sonidos, en el orden en que aparecieron. Así,  $N$  es utilizado como dificultad, comenzando en dos. Aumenta cuando el estudiante acierta más del 80 % de coincidencias en una partida, disminuye cuando no se supera el 20 %. Para medir las partidas comparativamente, asignamos una puntuación a cada nivel, basada en el porcentaje de acierto. Una partida en nivel uno daría de cero a cien puntos, según el porcentaje final. En nivel dos, serían de ochenta a ciento ochenta. En nivel tres, de ciento sesenta a doscientos sesenta. Con esto fue suficiente, ya que los estudiantes no superaron el nivel tres. La puntuación final sería como indica la fórmula 2.

$$D_{ij} = \frac{100S_{ij} + 80(N_j - 1)}{2,6}
 \tag{2}$$

$D_{ij}$  representa la puntuación en *Dual-N-Back* del estudiante  $i$  en su partida  $j$ , siendo  $S_{ij}$  el *score* o porcentaje de acierto, y  $N_j$  el nivel de dificultad. Esta puntuación es mayor para partidas en niveles superiores, manteniendo un solapamiento de veinte puntos entre niveles,

pues ese es el rango en que se sube o baja de nivel. Dado que el rango de puntuaciones resultante va de cero a doscientos sesenta, hicimos un escalado para que el valor resultante fuera de cero a cien, más fácilmente entendible y comparable con los valores de los cuestionarios. Finalmente, la medida resultante de tamaño de *memoria de trabajo* para cada estudiante se obtuvo como promedio de sus tres mejores resultados entre las siete partidas a *dual-n-back*.

Las preguntas sobre hábitos de sueño fueron también abiertas, preguntándoles las horas que durmieron la noche anterior al experimento, las horas aproximadas que durmieron por día los siete días anteriores, las horas que solían dormir cada día entre semana (lunes a jueves) y las que solían dormir cada día los fines de semana (viernes a domingo). Para este estudio se han utilizado las horas de la noche anterior y las horas medias para las demás preguntas.

Todos los datos fueron obtenidos en una única sesión de dos horas y media de duración, incluyendo las explicaciones iniciales, los ensayos y un periodo de descanso de diez minutos entre cuestionarios. Adicionalmente, se confirmó mediante pregunta a mano alzada que ningún estudiante conocía previamente el test *dual-n-back*.

## 4. Resultados

La muestra experimental fue de 45 estudiantes, 8 chicas (18 %) y 37 chicos (82 %) de cuarto curso del Grado en Ingeniería Multimedia. Todos los estudiantes habían desarrollado previamente un videojuego completo en ensamblador Z80 en grupos de 3 durante 7 semanas, y todos llevaban 10 semanas desarrollando un videojuego en C++ en grupos de 5/6 personas. Las preguntas de los cuestionarios fueron todas de conceptos básicos de ambos lenguajes que se habían tratado en clase.

El cuadro 1 muestra los resultados estadísticos generales (media  $\mu$  y desviación típica  $\sigma$ ) de todas las medidas realizadas. Dentro de estas medidas, la más inesperada son las horas de sueño informadas por los estudiantes. Se trata de un número de horas superior al que esperábamos, pues teníamos la impresión de que los estudiantes abusaban de las horas nocturnas. Por supuesto, al ser datos informados mediante encuesta, podrían incluir errores, ruido y sesgos.

Para estudiar la correlación entre los distintos resultados, se han calculado los coeficientes de correlación de Pearson entre pares de valores, tal como muestra el cuadro 2. Comprobamos que las horas que los estudiantes informan haber dormido tanto el día anterior como sus medias diarias no muestran ninguna correlación con sus resultados en los cuestionarios ni tampoco en sus resultados *dual-n-back*, salvo en el caso de las

Medida	$\mu$	$\sigma$
Dual-n-back	60,07	10,86
Puntos Z80	62,80	20,03
Puntos C++	46,40	28,40
Sueño día anterior ( $h$ )	7,10	1,41
Sueño semana anterior ( $h^*$ )	7,40	0,88
Sueño entre semana ( $h^*$ )	7,40	0,95
Sueño fin de semana ( $h^*$ )	8,00	1,22

Cuadro 1: Medias y desviaciones típicas de las medidas realizadas e informadas por los estudiantes. El sueño se mide en horas ( $h$ ) y horas medias ( $h^*$ )

horas medias que indican dormir los fines de semana, y sólo para el cuestionario de ensamblador y, en menor medida, para el *dual-n-back*. Esto podría ser también un indicio de que las horas informadas por los estudiantes contuvieran mucho ruido o errores.

	C++	Z80	N-Back
<b>Dual N-Back</b>	<b>0,312</b>	<b>0,299</b>	–
<b>Sueño día anterior (<math>h</math>)</b>	0,080	-0,027	-0,160
<b>Sueño semana anterior (<math>h^*</math>)</b>	-0,009	0,020	0,062
<b>Sueño entre semana (<math>h^*</math>)</b>	0,079	0,201	0,121
<b>Sueño fin de semana (<math>h^*</math>)</b>	0,074	<b>0,291</b>	0,228

Cuadro 2: Coeficientes de Pearson ( $\rho$ ) entre las distintas mediciones. La primera columna muestra las variables consideradas independientes y las otras las potencialmente dependientes. El sueño se mide en horas ( $h$ ) y horas medias ( $h^*$ ) informadas.

Asimismo podemos observar que las mediciones obtenidas en *dual-n-back* muestran una débil pero apreciable correlación con los resultados de los cuestionarios de C++ y ensamblador Z80. El hecho de que ambos valores muestren una correlación de orden similar resultaría consistente con el hecho de que hubiera una relación proporcional entre ambas variables.

Los coeficientes de correlación entre horas informadas de sueño y *dual-n-back* nos muestran también que no parece haber relación entre el sueño de los estudiantes y las mediciones de su *memoria de trabajo*. Incluso es llamativo que aparezca una relación inversa no significativa entre las horas dormidas el día anterior y su rendimiento en *dual-n-back*, lo que podría tener relación con las conclusiones del estudio de Drummond [6] sobre privación de sueño.

Centrándonos en las correlaciones más relevantes, la figura 1 muestra la nube de puntos que relaciona resultados en *dual-n-back* (eje Y) con resultados en el cuestionario de ensamblador Z80 (eje X). Se observa una correlación ascendente, donde los estudiantes obtienen, de media, mejores resultados en el cuestionario conforme sus puntuaciones *dual-n-back* son mejores.

Es importante destacar que los estudiantes hacía 12 semanas que habían dejado de trabajar en ensamblador Z80 y no habían sido avisados de este cuestionario. Por tanto, esta medida estaría más relacionada con la memoria a largo plazo.

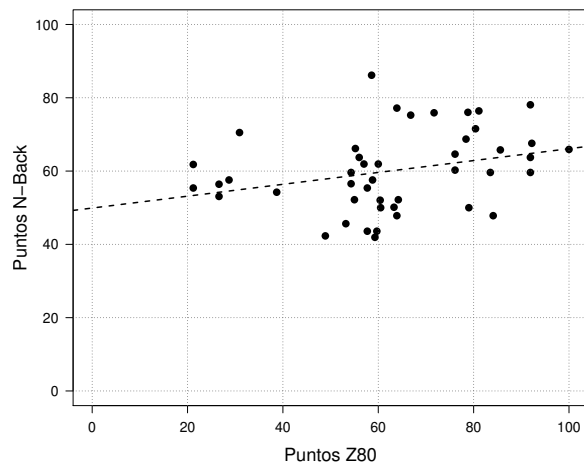


Figura 1: Resultados de los 45 estudiantes en *dual-n-back* (eje Y) y cuestionario Z80 (eje X) con recta de regresión ( $\rho = 0,299$ )

En la figura 2 vemos la nube de puntos y recta de regresión relacionando *dual-n-back* y resultados en el cuestionario sobre C++. Se observa una correlación muy similar a la de ensamblador Z80, con algunas diferencias interesantes. Los resultados en C++ ( $\mu = 46$ ;  $\sigma = 20$ ) son sensiblemente inferiores a los resultados en Z80 ( $\mu = 63$ ;  $\sigma = 28$ ). Este es un resultado inesperado, puesto que los estudiantes se encontraban inmersos (10 semanas) en el desarrollo de videojuegos en C++, por lo que estaban trabajando ese conocimiento a diario. Sin embargo, obtuvieron mejores resultados en Z80 (recuerdo a largo plazo) que en C++ (recuerdo a corto plazo).

En ambos casos, C++ y Z80 versus *dual-n-back*, la correlación es muy similar, mostrando una potencial capacidad predictiva de la medida de *memoria de trabajo*, tal como indicaban algunos estudios previos. Además, esta medida predictiva parece ligeramente más acertada en C++. Esto podría explicarse por el hecho de que la medición de *memoria de trabajo* está hecha en el mismo momento en que están trabajando en C++, mientras que la medida de Z80 es un recuerdo a largo plazo. De todas formas, aunque este fuera el caso, la diferencia es muy pequeña y no puede ser considerada más que una curiosidad.

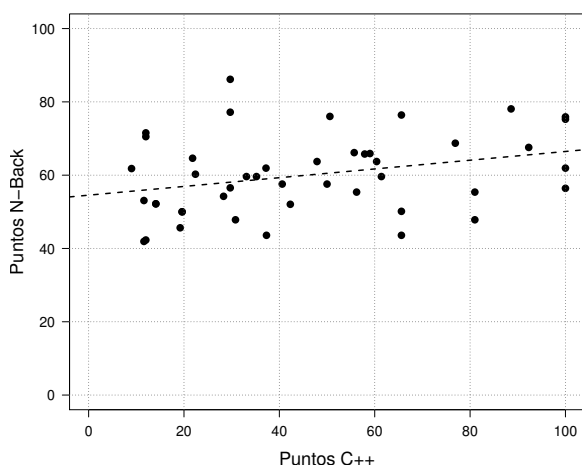


Figura 2: Resultados de los 45 estudiantes en *dual-n-back* (eje Y) y cuestionario C++ (eje X) con recta de regresión ( $\rho = 0,312$ )

#### 4.1. Limitaciones

La muestra analizada en este estudio  $N = 45$  es muy pequeña como evidencia para considerar los resultados más allá que meros indicios. Además, está desequilibrada en 82 %-18 % en favor de los chicos, lo que podría incorporar también algún sesgo. Por otra parte, los datos de sueño de los estudiantes fueron informados mediante encuesta, lo que introduce un margen de ruido muy amplio y potencialmente superior a la señal que se intenta analizar. Así mismo, al ser datos de un único día, las condiciones específicas del aula y el momento de realización pueden añadir ruido a la muestra potencialmente superior a la señal.

Asimismo, la muestra analizada es muy concreta y puede estar afectada por sesgo de selección, al ser todos estudiantes de cuarto de carrera. De hecho, el detalle observado en las horas de sueño puede ser muy específico de la muestra. Por tanto, los indicios obtenidos tampoco deben ser considerados como extrapolables sin verificación independiente.

Todas estas limitaciones deben ser tenidas en cuenta al considerar los resultados.

### 5. Conclusión

Vistos los resultados, los indicios obtenidos apoyan la idea de que la memoria de trabajo podría tener más influencia en las habilidades de programación que los hábitos de sueño. Este resultado hay que tomarlo con muchas reservas, teniendo en cuenta todas las limitaciones indicadas anteriormente.

Como indicábamos al comienzo, este trabajo es una

primera aproximación muy rudimentaria a la cuestión planteada. Los resultados dan algunos indicios, pero es indispensable contar con más evidencia independiente para poder contrastar. Además, mejores métodos son necesarios para poder obtener datos de mayor calidad. En particular, las medidas de sueño son sospechosas de tener un ruido superior a la señal en esta muestra. Futuros estudios podrían mejorar pidiendo a los estudiantes que registraran sus horas de sueño a lo largo del curso, o midiéndolas directamente.

Con muestras más grandes y mejores medidas creemos que pueden aparecer correlaciones que no hemos encontrado en este trabajo. De ser así, podrían indicarnos nuevas formas de afrontar la enseñanza de nuestros estudiantes y, quizá, optimistamente, conseguir mejoras significativas en sus resultados de aprendizaje.

### Referencias

- [1] Tracy Packiam Alloway y Ross G. Alloway. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. 106(1):20–29.
- [2] Alan D. Baddeley y Graham Hitch. Working memory. En *Psychology of Learning and Motivation*, pages 47–89. Elsevier.
- [3] Elizabeth Ligon Bjork y Robert A. Bjork. Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. En M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, J. R. Pomerantz, y FABBS Foundation, editors, *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society*, pages 56–64. Worth Publishers.
- [4] José Castillo, Ashley Lan, Jayson Morán, Enrique Aparicio, Valerie Tuñón, Matías Gutiérrez, y Carmen Ortega. La relación entre el rendimiento universitario y la privación de sueño. *Revista De Iniciación Científica*, 6(2):53–59, 2020.
- [5] Meredyth Daneman y Patricia A. Carpenter. Individual differences in working memory and reading. 19(4):450–466.
- [6] Sean P. A. Drummond, Gregory G. Brown, J. Christian Gillin, John L. Stricker, Eric C. Wong, y Richard B. Buxton. Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation. *Nature*, 403(6770):655–657, feb 2000.
- [7] S. M. Jaeggi, M. Buschkuhl, A. Etienne, C. Ozdoba, W. J. Perrig, y A. C. Nirkko. On how high performers keep cool brains in situations of cognitive overload. 7(2):75–89.
- [8] S. M. Jaeggi, M. Buschkuhl, J. Jonides, y W. J. Perrig. Improving fluid intelligence with training on working memory. 105(19):6829–6833.
- [9] Susanne M. Jaeggi, Martin Buschkuhl, Priti

- Shah, y John Jonides. The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & cognition*, 42(3):464–480, 2014.
- [10] John G. Jenkins y Karl M. Dallenbach. Obliviscence during sleep and waking. 35(4):605.
- [11] Magdalena López. Rendimiento académico: su relación con la memoria de trabajo. *Actualidades investigativas en educación*, 13(3):168–186, 2013.
- [12] Gema Martín-Ordas y Josep Call. Memory processing in great apes: the effect of time and sleep. 7(6):829–832.
- [13] Yuliana Morell Esquivel, Clara Elizabet Carrillo Risquet, and Elizabeth Jiménez Puig. La memoria de trabajo y su incidencia en el rendimiento académico en la asignatura de matemática, en la infancia y adolescencia. Tesis de maestría, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2019.
- [14] Valentina Pergher, Benjamin Wittevrongel, Jos Tournoy, Birgitte Schoenmakers, y Marc M. Van Hulle. N-back training and transfer effects revealed by behavioral responses and eeg. *Brain and Behavior*, 8(11):e01136, 2018.
- [15] Héctor Ruiz Martín. *¿Cómo aprendemos? Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza*. Editorial Graó, 2ª edición, 2020.
- [16] Tiina Salminen, Simone Kühn, Peter A. Frensch, y Torsten Schubert. Transfer after dual n-back training depends on striatal activation change. *Journal of Neuroscience*, 36(39):10198–10213, 2016.
- [17] Guiselle María Garbanzo Vargas. Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista educación*, 31(1):43–63, 2007.
- [18] Matthew P Walker. The role of sleep in cognition and emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1):168–197, 2009.
- [19] Matthew P. Walker. Sleep, memory and emotion. En *Progress in Brain Research*, páginas 49–68. Elsevier, 2010.
- [20] Matthew P. Walker. *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams*. Scribner, 2017.