

Flexibilidad cognitiva y rendimiento académico en estudiantes de primer año de medicina

Aurora Leonila Jaimes Medrano^{a,†}, Ruben Fossion^{b,§}, Julio Flores Lázaro^{c,◊}, Jorge Javier Caraveo-Anduaga^{d,¶,*}

Facultad de Medicina



Resumen

Introducción: Diversas investigaciones han demostrado que la flexibilidad cognitiva predice el rendimiento académico, principalmente en escolares, pero solo unas pocas han demostrado la participación de la flexibilidad cognitiva en el rendimiento académico de estudiantes universitarios.

Objetivo: Analizar la asociación entre la flexibilidad cognitiva y el rendimiento académico de los estudiantes de primer año de medicina; además de algunos antecedentes socioeconómicos que influyen en el desarrollo y en el rendimiento académico.

Método: Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal, en una muestra de 406 estudiantes de primer

año de medicina, se evaluó la flexibilidad cognitiva (con el programa informático WisConPC) y los antecedentes socioeconómicos, como factores asociados al rendimiento académico de estudiantes de medicina mediante un análisis de regresión lineal múltiple.

Resultados: El estudio muestra que la flexibilidad cognitiva y el contexto sociocultural son factores asociados al rendimiento académico general, particularmente en materias biomédicas.

Conclusiones: Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas y químicas, ya que los docentes pueden promover la flexibilidad cognitiva utilizando estrategias didácticas dirigidas al desarrollo y uso de

^a Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., México.

^b Centro de Ciencias de la Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., México.

^c Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.

^d División de Investigaciones Epidemiológicas y Psicosociales, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Cd. Mx., México.

ORCID ID:

[†] <http://orcid.org/0000-0002-0337-4468>

[§] <http://orcid.org/0000-0001-8456-2075>

[◊] <http://orcid.org/0000-0002-2157-7699>

[¶] <http://orcid.org/0000-0002-2914-7415>

Recibido: 27-abril-2023. Aceptado: 7-julio-2023.

* Autor para correspondencia: Jorge Javier Caraveo-Anduaga. Calz. México Xochimilco 101, San Lorenzo Huipulco, Tlalpan, 14370, Cd. Mx., México.

Correo electrónico: jjkraveo@gmail.com

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

operaciones mentales que implican la formulación de inferencias y la aplicación de ecuaciones proporcionales, razonamiento lógico y probabilístico, contribuyendo así a la construcción y transformación del conocimiento de los estudiantes.

Palabras clave: Rendimiento académico; flexibilidad cognitiva; estudiantes de medicina; nivel socioeconómico.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Cognitive flexibility and academic performance in first-year medical students

Introduction: Various investigations have shown that cognitive flexibility predicts the academic performance of preschool and school children, but only a few of them have shown the participation of cognitive flexibility in the academic performance of university students.

Objective: To analyze the association between cognitive flexibility and academic performance of first-year medical students; in addition to some socioeconomic

background that influences cognitive development and academic performance.

Method: In a sample of 406 first-year medical students, we evaluated cognitive flexibility (with the WisConPC computer program) and socioeconomic background as factors associated with the academic performance of medical students with multiple linear regression analysis.

Results: Indicated that cognitive flexibility and sociocultural context are factors associated with general academic performance, particularly in biomedical subjects.

Conclusions: The findings of this study have implications for the teaching-learning process of biological and chemical sciences since teachers can promote cognitive flexibility using didactic strategies aimed at the development and use of mental operations that imply the formulation of inferences and the application of proportional, logical, and probabilistic reasoning, thus contributing to the construction and transformation of the students' knowledge.

Keywords: Academic performance; cognitive flexibility; medical students; socioeconomic level.

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La flexibilidad cognitiva (también llamada capacidad mental, conceptual y de cambio) es un componente del control cognitivo¹ que subyace a los procesos mentales de orden superior, como el razonamiento deductivo, la resolución de problemas y la toma de decisiones^{2,3}. La flexibilidad cognitiva permite el cambio dinámico de esquemas de pensamiento y/o conductas, la generación de múltiples alternativas cognitivas y la selección de estrategias en función de las demandas del entorno para lograr conductas dirigidas y adaptativas^{4,5}. El cambio dinámico de esquemas de pensamiento y/o comportamientos implica el aprendizaje de reglas abstractas que se transforman y refinan continuamente a través de las experiencias y conocimientos previos de los individuos, lo que conduce a comportamientos efectivos en términos de adaptación y resolución de proble-

mas⁶. El aprendizaje de reglas se realiza mediante la formulación y prueba de hipótesis para llevar a cabo una tarea exitosa y/o lograr una meta^{7,4}. La flexibilidad cognitiva, al igual que otros procesos mentales, depende tanto del desarrollo ontogenético como de la influencia del contexto sociocultural^{8,9}, que enmarca la transmisión de valores, creencias, actitudes y aprendizajes que se configuran a través del acceso a la educación formal¹⁰ y el nivel socioeconómico¹¹⁻¹³.

En el contexto de la educación, la flexibilidad cognitiva es un proceso cognitivo relacionado con el rendimiento académico en el nivel de educación básica, en un meta análisis con más de dos mil escolares (n = 2330), se encontró que los niños con mayor habilidad para cambiar de una representación conceptual a una nueva, mostraron mejor rendimiento académico, lectura y matemáticas^{15,16}. El cambio de representaciones mentales hace referencia a las re-

glas, conceptos, criterios y/o estrategias para resolver problemas, por ejemplo, en el aprendizaje de las matemáticas se requiere del cambio de representaciones mentales para la resolución de problemas que van más allá del reconocimiento numérico o del conteo¹⁷. De la misma manera, se ha reportado que la flexibilidad mental participa principalmente en la lectura de comprensión, dado que durante la lectura los individuos elaboran conexiones entre ideas, que son alternadas entre múltiples representaciones mentales, para conceptualizarlas con base en el significado y el contexto¹⁸. También se ha demostrado la relación entre la flexibilidad cognitiva y el rendimiento académico en el nivel de educación media básica, Lutzman et al. (2010) en un estudio con adolescentes de secundaria, reportó que la flexibilidad conceptual está relacionada con la comprensión del proceso científico, la cual se refleja en la capacidad de cambio de representaciones mentales para formular y comprobar hipótesis y, de esta manera, elaborar nuevos conceptos. Esto sugiere que el aprendizaje conceptual, implica la comprensión y aplicación de los conocimientos adquiridos en estas áreas de conocimiento que sirvan para resolver problemas¹⁹.

La evidencia empírica sobre la asociación entre la flexibilidad cognitiva y el rendimiento académico en estudiantes universitarios es limitada^{20,21}. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue analizar la asociación entre la flexibilidad cognitiva y rendimiento académico en estudiantes universitarios, especialmente de primer año de medicina. Se considera que los hallazgos de este estudio pueden contribuir al conocimiento sobre la participación de la flexibilidad cognitiva en el aprendizaje de los estudiantes universitarios y especialmente en las asignaturas de primer año de medicina. Asimismo, en este estudio se consideró explorar algunos antecedentes socioeconómicos de los estudiantes, que de acuerdo con la literatura, influyen en el desarrollo cognitivo y en el rendimiento académico^{12,13}.

MÉTODO

Estudio descriptivo de corte transversal. De un total de 1,266 alumnos inscritos a la licenciatura de médico cirujano, se calculó el tamaño de la muestra mediante el EPIDAT 4.0 (Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública, 2011, Xunta de

Galicia), con un nivel de confianza del 95%, el valor mínimo estimado fue de 277 y el máximo de 554 sujetos. Se realizó un muestreo por conglomerados para la aplicación de los instrumentos durante el mes de octubre de 2019 en las aulas de cómputo de la Facultad de Medicina de la UNAM, en los horarios de clase de la asignatura de Introducción a la Salud Mental de los grupos seleccionados.

Instrumentos

La flexibilidad cognitiva se evaluó con el programa computarizado WisConPC²², el cual está diseñado con base en el procedimiento clásico de aplicación y calificación de la Prueba de Clasificación de Cartas de Wisconsin (Wisconsin Card Sorting Test “WCST”). El WCST es un instrumento ampliamente utilizado en el campo de la investigación para evaluar la flexibilidad cognitiva mediante la capacidad de abstracción, la formación de conceptos, el razonamiento deductivo e inductivo y el cambio de estrategias cognitivas en función de los cambios en las contingencias ambientales^{23,24}. Para este estudio se realizó una validación factorial, en una submuestra, que representó aproximadamente la mitad de la población estudiada (**ver anexo**); los resultados obtenidos coinciden con otros estudios de validación del WCST²⁵⁻²⁷. La flexibilidad conceptual (FC) se definió con base en el Porcentaje de Errores Perseverativos (%EP), considerado como un indicador de inflexibilidad cognitiva en el “WCST”^{7,15,28}.

Se elaboró un cuestionario de auto informe para obtener información sobre los antecedentes socioeconómicos, definidos por el tipo de escuela (pública o privada) a la que asistieron en el nivel básico (primaria y secundaria) y nivel medio superior, los años de escolaridad y ocupación de los padres²⁹. Asimismo, se evaluó el nivel socioeconómico mediante el índice NSE-AMAI³⁰, que estima la percepción de satisfacción de necesidades y bienestar en una familia. De acuerdo al puntaje total se clasifica el nivel NSE, un mayor puntaje en cada uno de los ítems representa mayor ingreso económico y del uso de recursos económicos en educación, dado que se cuenta con la capacidad de satisfacer las necesidades básicas. Para este estudio, utilizamos el puntaje total para el análisis multivariado.

El rendimiento académico se estimó con las califi-

caciones obtenidas en los exámenes parciales departamentales realizados en el primer semestre del ciclo escolar, de las asignaturas de primer año de la carrera de medicina que las agrupa en tres áreas: básica (Anatomía, Histología, Embriología y Bioquímica), clínica (Informática biomédica e Integración clínica I) y socio médicas y humanísticas (Introducción a la salud mental y Salud pública y comunitaria I). El examen departamental parcial es un instrumento oficial de evaluación, considerado como una métrica válida y confiable para identificar el nivel de aprendizaje logrado por el alumno³¹.

Análisis de datos

Se emplearon estadísticos descriptivos para caracterizar la distribución del contexto sociocultural. Para determinar la correlación entre el rendimiento académico (general y por áreas) y la flexibilidad cognitiva, se utilizó el Coeficiente de Correlación Producto-Momento de Pearson. Para estimar la asociación entre la flexibilidad cognitiva, el nivel socioeconómico en el rendimiento académico, se realizó una regresión lineal múltiple (MLR) utilizando el método de selección de variables paso a paso, se evaluó la independencia, homocedasticidad y linealidad de los residuos del modelo. El procesamiento de los datos se realizó con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) versión 20.

Consideraciones éticas

La participación fue voluntaria, antes de iniciar la participación, los estudiantes firmaron un consentimiento informado y el aviso de privacidad de datos. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la Facultad de Medicina, UNAM.

RESULTADOS

406 estudiantes de primer año de medicina participaron en este estudio, la proporción de mujeres fue mayor en comparación con los hombres 66.5% (n = 270), la edad promedio fue de 18.27 años (DE 1.2), con un rango de edad de 17 y 30 años.

Como se observa en la **tabla 1** la mayoría del estudiantado asistió a escuelas del sector público en primaria, secundaria y preparatoria. Más del 50% de los padres tenían menos de 12 años de escolaridad (53% padre y 62.2% madre). Aunque más de la

mitad de los padres tenían un empleo (85.5% padres y 55.4% madres), el 39.4% de las madres eran amas de casa. Respecto al índice NSE-AMAI, se observa que más del 50% del estudiantado obtuvo un puntaje de más de 166 puntos que corresponde a los niveles C+ y A/B.

En la **tabla 2** se muestran los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre la flexibilidad cognitiva (PE%) y el rendimiento académico total y por áreas. Se obtuvo una asociación lineal negativa entre el %PE y el promedio total de los exámenes departamentales (rp = -0.118, p < 0.023), y una asociación lineal negativa entre %PE y las asignaturas del área básica (rp = -0.124, p < 0.016).

En la **tabla 3** se muestran los modelos obtenidos del análisis RLM por el método stepwise para la variable dependiente del rendimiento académico de las asignaturas de primer año de medicina. En el primer modelo, la variable de la escuela secundaria del sector público está asociada (F = 5.42, $\beta = 0.125$ p = 0.02, IC_{95%} 0.381 - 4.527) y explica el 1% de la varianza. En el segundo modelo (F = 4.817, p = 0.009) incorporó además la escuela secundaria ($\beta = 1.14$, p = 0.034, IC_{95%} 0.169 - 4.316) el porcentaje de errores perseverativos ($\beta = -0.11$, p = 0.042, IC_{95%} -0.32 - -0.006), ambos explican 2% de la varianza. En el tercer modelo se incluyó la variable del índice AMAI. El efecto de las tres variables explica el 3% de la varianza (R² ajustada = .032) para el rendimiento académico de todas las asignaturas de primer año de medicina. El bajo rendimiento académico está asociado con mayor porcentaje de errores perseverativos ($\beta = -0.11$, p = 0.032, IC_{95%} -0.328 - -0.015), un bajo nivel del índice AMAI ($\beta = 0.121$, p = .033, IC_{95%} 0.063 - 1.46) y haber asistido a una escuela secundaria del sector público ($\beta = 0.153$, p = .007, IC_{95%} 0.82 - 5.17).

DISCUSIÓN

El presente estudio analizó la relación entre la flexibilidad conceptual y el rendimiento académico de los estudiantes de primer año de medicina. Se encontró que la inflexibilidad cognitiva representada por mayor porcentaje de errores perseverativos y el nivel socioeconómico estimado con el índice AMAI, así como haber cursado la escuela secundaria pública, son predictores del bajo rendimiento académico en

Tabla 1. Distribución de los antecedentes del nivel socioeconómico

	n	%	n	%
Tipo de escuela	Sector público		Sector privado	
Primaria	276	68	130	32
Secundaria	298	73.4	108	26.6
Bachillerato	374	93.5	32	7.9
Escolaridad	Padre		Madre	
< 12 años de escolaridad	215	53	254	62.7
≥12 años de escolaridad	164	40.4	151	37.3
No respondió	27	6.7	1	0.2
Ocupación	Padre		Madre	
Desempleado	12	3	7	1.7
Al hogar	2	0.5	160	39.4
Jubilado	16	3.9	8	2
Empleado	347	85.5	225	55.4
No respondió	29	7.1	6	1.5
Índice-AMAI				
A/B (205 o más puntos)	102	25.1		
C+ (166 a 204)	112	27.6		
C (136 a 165)	89	21.9		
C- (112 a 135)	60	14.8		
D+ (90 a 111)	26	6.4		
D y E (89 o menos puntos)	17	4.2		

Tabla 2. Coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre el porcentaje de errores perseverativos y el rendimiento académico final y por área

	M	DE	%EP	PF	AB	AC
%EP	11.8	5.9				
PF	71.85	8.74	-.118*			
AB	64.96	12.48	-.124*	.975**		
AC	76.51	6.96	-0.061	.802**	.696**	
ASmH	80.49	6.83	-0.082	.767**	0.548	.654**

M: media; DE: desviación estándar; %EP: porcentaje de errores perseverativos; PF: promedio final; AB: área básica; AC: área clínica; ASmH: área sociomédica y humanística; *p < .05; ** p < .001.

el primer año de medicina. Los resultados de este estudio apoyan el conocimiento que se tiene sobre la participación de la flexibilidad conceptual en el rendimiento académico de los universitarios²⁰ y de manera particular en las asignaturas relacionadas al área químico-biológica. Además de considerar las condiciones socioculturales en las que está inmerso

el estudiante que influyen tanto en el desarrollo del pensamiento y en el rendimiento académico.

En cuanto al tipo de escuela a la que asistieron y el nivel socioeconómico incluidos en el modelo que predice el rendimiento académico del primer año de medicina, estos hallazgos se interpretaron con base en los enfoques teóricos del desarrollo cognitivo

Tabla 3. Regresión lineal múltiple el rendimiento académico del primer año de medicina

Modelos		F	R ²	R ² ajustado	B	Error estandar	b	p	IC _{95%}	
1	(constante)	5.42	0.016	0.013	71.195	0.553		.001	70.108	72.282
	Secundaria				2.454	1.054	0.125	.020	0.381	4.527
2	(constante)	4.81	0.028	0.022	73.175	1.116		.001	70.981	75.369
	Secundaria				2.242	1.054	0.114	.034	0.169	4.316
	Porcentaje de errores perseverativos				-0.163	0.08	-0.11	.042	-0.32	-0.006
3	(constante)	4.77	0.041	0.032	71.132	1.463		.001	68.255	74.009
	Secundaria				2.995	1.106	0.153	.007	0.82	5.17
	Porcentaje de errores perseverativos				-0.172	0.079	-0.116	.032	-0.328	-0.015
	Índice NSE-AMAI				0.761	0.355	0.1211	.033	0.063	1.46

Variable dependiente: calificaciones de los exámenes departamentales parciales del primer año de medicina, $p < 0.05$.

neoclásicos y socioculturales. Los cuales señalan que el desarrollo cognitivo no solo se explica por los cambios del neurodesarrollo, sino por la interacción e influencia del contexto sociocultural y la educación formal^{10,13,32}. Por otra parte, los modelos teóricos que explican la asociación del nivel socioeconómico con el desarrollo cognitivo coinciden en señalar que el acceso a recursos materiales y ambientes estimulantes, así como las oportunidades de aprendizaje y la ayuda e interacción que ofrecen los padres, son factores que influyen en la construcción del pensamiento³³. El modelo teórico de “Inversión”^{34,35} propone una relación directamente proporcional entre el ingreso familiar y el desarrollo cognitivo, al suponer que las familias con mayores ingresos pueden proporcionar mayores oportunidades culturales y educativas que favorezcan el desarrollo de competencias y habilidades, dado que las necesidades de vivienda, alimentación, salud, etc. están cubiertas. A diferencia de las familias económicamente desfavorecidas en las que los recursos económicos están dirigidos a cubrir principalmente las necesidades básicas. En este sentido, habrá que tomar en cuenta el desarrollo y consolidación de los procesos cognitivos de los adolescentes en países con economías emergentes, en los que el acceso a la educación formal y las oportunidades socioculturales dependerán principalmente del entorno socioeconómico³⁶.

El análisis bivariado mostró que el estudiantado con menor promedio en los exámenes departa-

mentales, específicamente en el área básica, presentó mayor dificultad para realizar cambios de reglas y estrategias, lo cual se reflejó en mayor porcentaje de errores perseverativos. Este último hallazgo coincide con lo reportado recientemente por Li et al., (2020)¹⁹ al encontrar que la capacidad de cambio de representaciones conceptuales vinculada con el razonamiento algebraico, se correlaciona con el rendimiento académico de las asignaturas de física, matemáticas, química y biología, y no con las asignaturas relacionadas a las ciencias sociales y humanidades. Los resultados de este estudio, sugieren que las operaciones mentales que subyacen a la flexibilidad conceptual para el aprendizaje de las ciencias emergen en la adolescencia y están relacionadas con la capacidad de abstracción, el razonamiento hipotético, el control de esquemas del pensamiento y de acciones; así como diferentes modalidades del razonamiento (proposicional, correlacional y probabilístico). Se ha descrito la participación de la flexibilidad conceptual en el razonamiento hipotético deductivo para el aprendizaje de ciencias mediante el cambio conceptual³⁷, el cual implica acceder a nuevos conocimientos, formatos y sistemas de representación explícita, los cuales son de naturaleza abstracta y expresados por símbolos^{38,39}.

Entre las limitaciones de este estudio y que deben ser tomadas en cuenta para futuras investigaciones son la evaluación de otros procesos mentales involucrados en el aprendizaje conceptual de asignaturas

relacionadas con las ciencias. Se ha reportado el rol de la memoria de trabajo viso espacial en el aprendizaje conceptual de la química⁴⁰, y de la física⁴¹. Los estudiantes con buena capacidad de memoria de trabajo son capaces de manipular y evocar la información almacenada, lo cual facilita la comprensión de conceptos y resolución de problemas. También se ha encontrado que el control inhibitorio juega un papel importante en el rendimiento académico, los estudiantes con mayor capacidad de inhibición pueden concentrarse mejor en la tarea e ignorar las distracciones irrelevantes, lo que podría mejorar el aprendizaje, la finalización de tareas, etc. En el aprendizaje de ciencias, el control inhibitorio está relacionado con la supresión de conceptos formulados intuitivamente, que interfieren en el aprendizaje de nuevos conceptos⁴². Dada la naturaleza del diseño de corte transversal y descriptivo de esta investigación se considera necesario realizar estudios comparativos entre estudiantes que pertenezcan a otros campos del conocimiento e instituciones educativas del sector privado, estudios de seguimiento en los que se evalúe la flexibilidad conceptual durante y al finalizar los estudios. En este estudio se estimó el contexto sociocultural, mediante datos de tipo cuantitativo, los cuales reflejan parcialmente algunas características sociales y económicas del estudiantado. Por lo que se plantea la necesidad de realizar investigaciones cualitativas que permitan analizar la influencia del entorno sociocultural en el desarrollo del estudiantado de pregrado de medicina.

A pesar de las limitaciones, esta investigación es novedosa en tanto considera como objeto de estudio la flexibilidad cognitiva como un proceso mental relacionado con el rendimiento académico de los estudiantes de primer año de medicina. Como se mencionó anteriormente, la literatura disponible hasta la fecha se ha centrado en estudiar la flexibilidad cognitiva y el rendimiento académico en niños escolares y adolescentes de secundaria. Por otra parte, esta investigación integra un marco conceptual basado en los aportes de la psicología cognitiva en el campo de la educación, que amplía el conocimiento sobre la participación de los procesos mentales en el aprendizaje conceptual al nivel de los estudios universitarios. Los resultados de este trabajo tienen implicaciones en el proceso de enseñanza y apren-

dizaje desde el nivel de educación básica hasta el nivel de estudios universitarios, ya que los docentes pueden promover la flexibilidad cognitiva en el aprendizaje de los estudiantes mediante la aplicación de estrategias didácticas dirigidas al cambio de esquemas de pensamiento, la formulación de inferencias y razonamientos proporcionales, lógicos y probabilísticos⁴³.

CONCLUSIONES

La flexibilidad cognitiva es un proceso mental asociado al rendimiento académico de los estudiantes de primer año de medicina, particularmente en materias del área químico-biológica. Las operaciones mentales que subyacen a la flexibilidad cognitiva se fortalecen en la adolescencia y están relacionadas con la capacidad de abstracción, el razonamiento hipotético y el control de patrones de pensamiento y acciones. También contribuyen a diferentes modalidades de razonamiento (proposicional, correlacional y probabilístico). Por lo tanto, la flexibilidad cognitiva es un proceso mental que participa en la construcción y transformación del conocimiento y el aprendizaje conceptual que a su vez facilita la comprensión y explicación de conceptos científicos.

CONTRIBUCIÓN INDIVIDUAL

- ALJM: Concepción y diseño del estudio, procesamiento de los datos, interpretación de resultados, discusión y elaboración del manuscrito inicial.
- RF: Procesamiento de los datos y revisión crítica del manuscrito.
- JFL: Revisión del contenido intelectual del trabajo y revisión crítica del manuscrito.
- JCA: Concepción, metodología, supervisión, revisión crítica del manuscrito.

AGRADECIMIENTOS


Dra. María de los Ángeles Fernández Altuna, Secretaria de Servicios Escolares, Facultad de Medicina, UNAM.

PRESENTACIONES PREVIAS

Ninguna.

FINANCIAMIENTO

Sin financiamiento específico.

CONFLICTO DE INTERESESNinguno. **REFERENCIAS**

1. Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol.* 2013; 64(1):135-68.
2. Laureiro-Martínez D, Brusoni S. Cognitive flexibility and adaptive decision-making: Evidence from a laboratory study of expert decision makers. *Strateg Manag J.* 2018;39(4):1031-58. doi.org/10.1002/smj.2774
3. Dong X, Du X, Qi B. Conceptual knowledge influences decision making differently in individuals with high or low cognitive flexibility: An ERP study. *PLoS ONE.* 2016;11(8). doi.org/10.1371/journal.pone.0158875
4. Yuan P, Raz N. Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: a meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2014;42:180-92. doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.02.005
5. Liu J, Peng P, Luo L. The Relation Between Family Socio-economic Status and Academic Achievement in China: A Meta-analysis. *Educ Psychol Rev.* 2020;32(1):49-76. doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.019
6. Mansouri FA, Freedman DJ, Buckley MJ. Emergence of abstract rules in the primate brain. *Nat Rev Neurosci.* 2020;21(11):595-610. doi.org/10.1038/s41583-020-0364-5
7. Feng X, Feng C. The Index Predicting Power and Feedback Processing Characteristics in the WCST. *Psychol Behav Sci.* 2019;8(3):72-72. doi.org/10.11648/j.pbs.20190803.13
8. Ionescu T. Exploring the nature of cognitive flexibility. *New Ideas Psychol* 2012;30(2):190-200. doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.11.001
9. Flores-Lázaro JC, Castillo-Preciado RE, Jiménez-Miramonte NA. Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *An Psicol [Internet].* mayo de 2014 [citado 5 de abril de 2021];30(2):463-73. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-97282014000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
10. Peng P, Kievit RA. The Development of Academic Achievement and Cognitive Abilities: A Bidirectional Perspective. *Child Dev Perspect.* 2020;14(1):15-20. doi.org/10.1111/cdep.12352
11. De Clercq M, Galand B, Frenay M. Transition from high school to university: a person-centered approach to academic achievement. *Eur J Psychol Educ.* 2017;32(1):39-59. doi.org/10.1007/s10212-016-0298-5
12. Shala, A, Grajevci A. The relations between socio-economic status (SES) and early development: empirical findings and theoretical perspectives. *Socioeconomica.* 2016;5(10):309-29.
13. Hackman DA, Gallop R, Evans GW, Farah MJ. Socioeconomic status and executive function: Developmental trajectories and mediation. *Dev Sci.* 2015;18(5):686-702. doi.org/10.1111/desc.12246
14. Magalhães S, Carneiro L, Limpo T, Filipe M. Executive functions predict literacy and mathematics achievements: The unique contribution of cognitive flexibility in grades 2, 4, and 6. *Child Neuropsychol* 2020;26(7):934-52. <https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1740188>
15. Yeniad N, Malda M, Mesman J, van IJzendoorn MH, Pieper S. Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learn Individ Differ.* 2013;23:1-9. doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.004
16. Au AML, Lam R, Teng Y, Lau KM, Lai MK, Chan CCH, et al. The relevance of executive functioning to academic performance in Hong Kong adolescents. *Int J on Disab and Human Develop.* 2011;10(3):179-85. doi.org/10.1515/ijdh.2011.031
17. Follmer DJ. Executive Function and Reading Comprehension: A Meta-Analytic Review. *Educ Psychol.* 2018;53(1):42-60. doi.org/10.1080/00461520.2017.1309295
18. Latzman RD, Elkovitch N, Young J, Clark LA. The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2010;32(5):455-62. doi.org/10.1080/13803390903164363
19. Li J, Zhao Y, Zhou S, Pu Y, He H, Zhao M. Set-shifting ability is specifically linked to high-school science and math achievement in Chinese adolescents. *PsyCh J.* 2020;9(3):327-38. doi.org/10.1002/pchj.328
20. Martínez EB, Harb SL, Torres MM. Funciones ejecutivas en estudiantes universitarios que presentan bajo y alto rendimiento académico. *Psicol Desde El Caribe [Internet].* 2006;(18):109-38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21301806>
21. Gutiérrez-Ruiz K, Paternina J, Zakzuk S, Mendez S, Castillo A, Payares L, Peñate A. Las funciones ejecutivas como predictoras del rendimiento académico de estudiantes universitarios. *PSE [Internet].* 23 de noviembre de 2021 [citado 9 de mayo de 2023];12(3):161-74. Disponible en: <https://journals.uco.es/psyse/article/view/13972>.
22. Guevara MA, Cruz Aguilar MA, Hernández González M, Amezcua Gutierrez C. WisConPC: Programa Computacional que Evalúa Funciones Ejecutivas. En *International Institute of Informatics and Cybernetics*; 2017. p. 58-61. Disponible en: <https://www.iiis.org/CDs2017/CD2017Spring/PapersC1.htm#/>
23. Uddin LQ. Cognitive and behavioral flexibility: neural mechanisms and clinical considerations. *Nat Rev Neurosci.* 2021;22(3):167-79. doi.org/10.1038/s41583-021-00428-w
24. Eling P, Derckx K, Maes R. On the historical and conceptual background of the Wisconsin Card Sorting Test. *Brain Cogn.* 2008;67(3):247-53. doi.org/10.1016/j.bandc.2008.01.006
25. Faustino B, Oliveira J, Lopes P. Normative scores of the Wisconsin Card Sorting Test in a sample of the adult Portuguese population. *Appl Neuropsychol Adult.* 2022;29(4):767-74. doi.org/10.1080/23279095.2020.1810040
26. Greve KW, Stickle TR, Love JM, Bianchini KJ, Stanford MS. Latent structure of the Wisconsin Card Sorting Test: A confirmatory factor analytic study. *Arch Clin Neuropsychol.* 2005;20(3):355-64. doi.org/10.1016/j.acn.2004.09.004

27. Miranda AR, Franchetto Sierra J, Martínez Roulet A, Rivadero L, Serra SV, Soria EA. Age, education and gender effects on Wisconsin card sorting test: standardization, reliability and validity in healthy Argentinian adults. *Aging Neuropsychol Cogn.* 2019; 27(6) 807-825. doi.org/10.1080/13825585.2019.1693491
28. Feng X, Perceval GJ, Feng W, Feng C. High Cognitive Flexibility Learners Perform Better in Probabilistic Rule Learning. *Front Psychol.* 2020;11. doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00415
29. Somsen RJM, Van der Molen MW, Richard Jennings J, van Beek B. Wisconsin Card Sorting in adolescents: analysis of performance, response times and heart rate. *Acta Psychol.* 2000;104(2):227-57. doi.org/10.1016/S0001-6918(00)00030-5
30. Rodríguez-Hernández CF, Cascallar E, Kyndt E. Socio-economic status and academic performance in higher education: A systematic review. *Educ Res Rev.* 2020;29:100305. doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100305
31. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión. Nivel Socioeconómico AMAI 2018. Disponible en: <https://www.amai.org/NSE/index.php?queVeo=2018>
32. Gaceta Facultad de Medicina. Lineamientos para la evaluación del alumnado en la primera fase de la Licenciatura de Médico Cirujano [Internet]. Sec. Año II Numero especial sep 14, 2014. Disponible en: <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/11/Lineamientos-para-la-evaluación-del-alumnado-en-la-primera-fase-de-la-Licenciatura-de-Médico-Cirujano-Consejo-Técnico-2014.pdf>
33. Kuhn D. What is Scientific Thinking and How Does it Develop? In: Goswami U, editor. *Handbook of Childhood Cognitive Development.* Blackwell; 2010. p. 497-523.
34. Rosen ML, Hagen MP, Lurie LA, Miles ZE, Sheridan MA, Meltzoff AN, et al. Cognitive Stimulation as a Mechanism Linking Socioeconomic Status with Executive Function: A Longitudinal Investigation. *Child Dev.* 2020;91(4): e762-79. doi.org/10.1111/cdev.13315
35. Bradley RH, Corwyn RF. Socioeconomic status and child development. *Annu Rev Psychol.* 2002;53:371-99. doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233
36. Faroh AC de. Cognición en el adolescente según Piaget y Vygotski. ¿Dos caras de la misma moneda? *Bol Acad Paul Psicol [Internet].* 2007 [citado 8 de mayo de 2023];XX-VII(2):148-66. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94627214>
37. Pozo JI. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñ Las Cienc Rev Investig Exp Didácticas.* 1999;17(3):513-20.
38. Vosniadou S, Ioannides C. From conceptual development to science education: a psychological point of view. *Int J Sci Educ.* 1998;20(10):1213-30.
39. Kwon YJ, Lawson AE. Linking Brain Growth with the Development of Scientific Reasoning Ability and Conceptual Change during Adolescence. *J Res Sci Teach.* 2000;37(1):44-62.
40. Rhodes SM, Booth JN, Palmer LE, Blythe RA, Delibegovic M, Wheate NJ. Executive functions predict conceptual learning of science. *Br J Dev Psychol.* 2016;34(2):261-75. doi.org/10.1111/bjdp.12129
41. Abdullah MNS, Karpudewan M, Tanimale BM. Executive function of the brain and its influences on understanding of physics concept. *Trends Neurosci Educ.* 2021;24:100159. doi.org/10.1016/j.tine.2021.100159
42. Mason L, Zaccoletti S. Inhibition and Conceptual Learning in Science: a Review of Studies. *Educ Psychol Rev.* 2021;33(1):181-212. doi.org/10.1007/s10648-020-09529-x
43. Duit R, Treagust DF. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *Int J Sci Educ.* 2003;25(6):671-88.

ANEXO

Validez del programa computarizado del WCST para evaluar la flexibilidad cognitiva

El análisis factorial exploratorio con el método de extracción de la factorización de ejes principales se efectuó una submuestra del número total de estudiantes que respondieron el programa computarizado WisConPC (n = 406) a través de un muestreo aleatorio simple conformándose por n = 205. La proporción de mujeres fue mayor (66.3%, n = 136) que la de hombres (33.7%, n = 69) y el promedio de edad fue de 18.27 años (DE1.8).

Las variables que se incluyeron para el análisis factorial fueron el número de ensayos para completar la primera categoría, categorías completadas,

total de aciertos, total de errores, total de errores perseverativos, porcentaje de aciertos, porcentaje de errores y porcentaje de errores perseverativos, los cuales se obtuvieron con el número de aciertos, errores y errores perseverativos divididos por el número de ensayos (respuestas) y multiplicado por 100, respectivamente. La variable de falla para mantener el criterio de clasificación se excluyó ya que en el análisis comparativo entre la versión estándar y computarizada se reporta variabilidad entre las versiones. Los valores de las pruebas de adecuación muestral mostraron que las variables

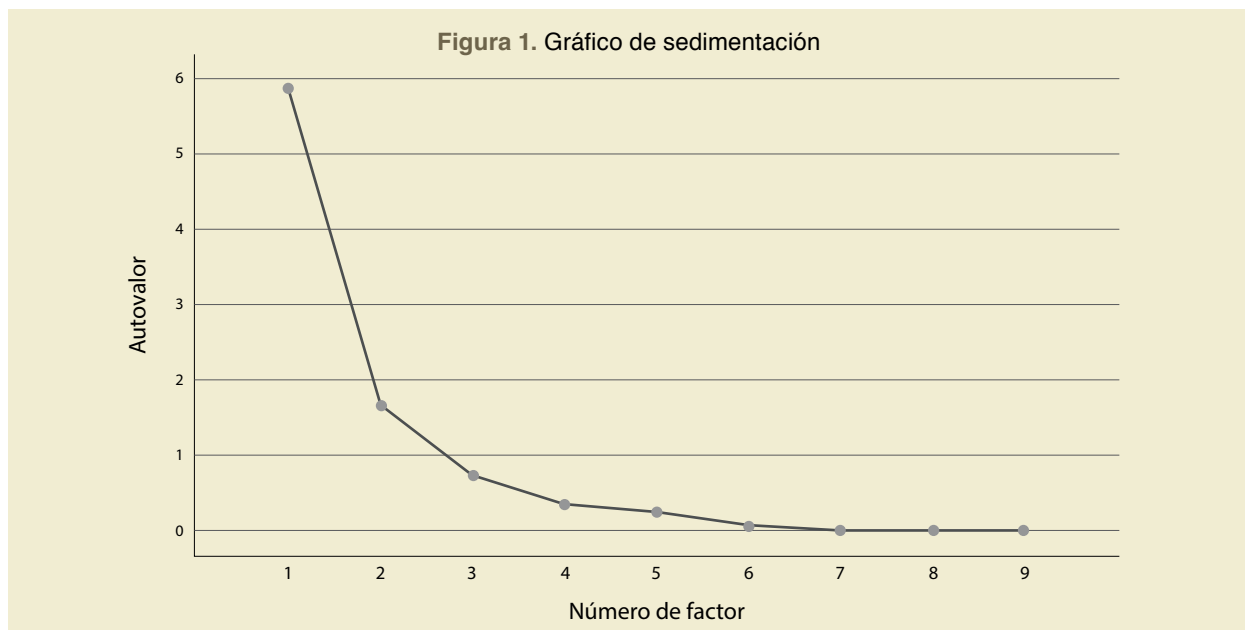
del WCST están correlacionadas entre sí para realizar la factorización. (Test de esfericidad de Barlett [$\chi^2 = 4191.49$, $gl = 28$ $p = .000$] y prueba de Kaiser-Meyer Olkin [KMO] .778). Se eliminaron los coeficientes de carga factorial menores a 0.4 para una mejor agrupación en los factores. En la matriz de patrón se indica la contribución de cada variable a cada uno de los factores (**figura 1**). El primer factor agrupa el total de errores, porcentaje de errores, total de errores perseverativos, porcentaje de errores

perseverativos, número de ensayos para completar la primera categoría, porcentaje de aciertos y número de categorías completadas que podría corresponder al factor latente de inflexibilidad conceptual. Y el número total de aciertos al segundo factor. El gráfico de los factores rotados se muestra en la **figura 2**, que la carga factorial negativa del porcentaje de aciertos y del número de categorías completadas se orientan al segundo factor de flexibilidad conceptual.

Resultados del análisis factorial exploratorio del programa computarizado WisCoPC para medir el constructo de flexibilidad conceptual

Distribución de las dimensiones de evaluadas

n = 205	Media	DE
Número de ensayos para la 1ª categoría	20.05	18.241
Falla para mantener el Set	1.58	1.524
Porcentaje de aciertos	77.57	10.387
Porcentaje de errores	22.45	10.426
Categorías completadas	5.46	1.235
Total de errores perseverativos	12.98	9.380
Porcentaje de errores perseverativos	12.26	6.601
Total de aciertos	75.47	9.683
Total de errores	23.93	15.658



Matriz de estructura	Factor 1 70.71% varianza	Factor 2 8.22% varianza
Porcentaje de aciertos	-0.985	
Porcentaje de errores	0.984	
Total de errores	0.986	
Total de aciertos		0.771
Total de errores perseverativos	0.94	
Categorías completadas	-0.874	
Porcentaje de errores perseverativos	0.885	
Número de ensayos para la 1ª categoría	0.564	

Figura 2. Gráfico de los factores rotados

