

LA LÓGICA **DETRÁS** **DEL TEST BÁSICO** **DE APRENDIZAJE**

*Problemas y soluciones en la evaluación
psicopedagógica*

Pablo Jesús
San Martín Catalán

La lógica detrás del Test Básico de Aprendizaje

*Problemas y soluciones en la evaluación
psicopedagógica*

Pablo Jesús San Martín Catalán

ISBN: 978-956-420-477-2

Primera edición digital: febrero de 2025

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor. Todos los derechos reservados.

Centro de Estudios Psicométricos y del Aprendizaje SpA.

Ediciones CEPAONLINE

2025

Sobre el autor



Pablo Jesús San Martín Catalán es psicopedagogo y director del Centro de Estudios Psicométricos y del Aprendizaje. Es autor de la hipótesis del intervalo dinámico de los aprendizajes humanos y del modelo de la dinámica cognitiva del aprendizaje humano, que abordan el estudio de los procesos de aprendizaje desde perspectivas complejas y dinámicas. Además, ha desarrollado un enfoque sobre los esquemas de aprendizaje y la toma de decisiones, que explora la interrelación entre estos sistemas a través de modelos probabilísticos. Entre sus contribuciones se encuentra la creación del Test Básico de Aprendizaje (TBA), una batería de evaluación psicopedagógica multidimensional, estandarizada e informatizada.

TEMAS

<i>Prólogo I</i>	9
<i>Prólogo II</i>	11
<i>¿Qué le permite al ser humano aprender sobre leyes del movimiento, símbolos matemáticos, música, idiomas, emociones y una serie de objetos abstractos que, al parecer, otras especies no logran constituir en sus esquemas mentales?</i>	13
<i>Conocimiento del medio físico-cognitivo:</i>	14
<i>Conocimiento del medio cognitivo:</i>	16
<i>Inicios de la teorización psicométrica</i>	19
<i>Las teorías psicométricas</i>	21
<i>Hacia una psicopedagogía teórica que se encarga de los problemas de la medición</i>	30
<i>Test Básico de Aprendizaje (TBA), un nuevo instrumento de evaluación psicopedagógica, estandarizado, informatizado y tridimensional</i>	38
<i>Sentido del Test Básico de Aprendizaje</i>	39
<i>Estructura y funcionamiento del Test Básico de Aprendizaje</i>	40
<i>Definición y justificación de la Escala de Autopercepción del Aprendizaje (EAA)</i>	45
<i>Sistema de análisis psicométrico</i>	47
<i>Método</i>	48
<i>Resultados</i>	52
<i>Estudio de fiabilidad del Test Básico de Aprendizaje (TBA)</i>	52
<i>Estudio de validez del Test Cognitivo General (TCG)</i>	54
<i>Estudio de validez del Test de Aprendizajes Formales (TAF)</i>	58
<i>Estudio de validez de la Escala de Autopercepción del Aprendizaje (EAA)</i>	63
<i>Análisis Factorial para la validez de la estructura tridimensional del TBA</i>	66

<i>Análisis de consistencia a través del Test Retest</i>	<i>67</i>
<i>¿Qué le permite al ser humano aprender sobre leyes del movimiento, símbolos matemáticos, música, idiomas, emociones y una serie de objetos abstractos que, al parecer, otras especies no logran constituir en sus esquemas mentales?.....</i>	<i>70</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>71</i>

Para el desarrollo de esta obra, se utilizaron diversas fuentes científicas con el propósito de discutir, confirmar y profundizar las ideas expuestas. Si bien el texto no presenta el formato de citas convencionales, esta decisión fue intencional, dado que se buscó una dedicación exclusiva a la dilucidación de conceptos, así como al análisis y síntesis de premisas. En esencia, la intención de este libro es reflejar con mayor fidelidad el pensamiento del autor. No obstante, es posible consultar y profundizar en los conceptos a través de las siguientes referencias académicas:

Libros

Carrasco Cursach, J., & San Martín Catalán, P. (2021). El aprendizaje como sistema caótico: Revisiones preliminares desde la complejidad. En J. Carrasco Cursach & R. Espinoza Vásquez (Eds.), *Saberes y conocimientos en el territorio psicopedagógico latinoamericano* (pp. 120-144). Trepen Ediciones.

Chamorro, M. (2003). *La didáctica de la matemática para primaria*. Síntesis.

Maureira, C. F. (2017). *¿Qué es la inteligencia?* Bubok Publishing S.L.

Maturana, H., & Varela, F. (2009). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*. Editorial Universitaria.

Morales, M. L. (1990). *Psicometría aplicada*. Trillas.

Piaget, J. (2003). *El nacimiento de la inteligencia del niño*. Romanya Valls S.A.

Artículos de revistas científicas

Bolívar López, J. M., & Rojas Velásquez, F. (2015). Estudio de la autopercepción y los estilos de aprendizaje como factores

asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 15(44).

Celina Oviedo, H., & Campo Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.

Cortada de Kohan, N. (2004). Teoría de respuesta al ítem: supuestos básicos. *Revista Evaluar*, 4(1), 95-110.

Espinoza Vásquez, R. (2021). Psicopedagogía: una ciencia de frontera. *Revista INTEREDU*, 1(1), 9-30.

Fernández, M. (2016). Dinámica no lineal, teoría del caos y sistemas complejos: Una perspectiva histórica. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 109(1-2), 107-126.

Garello, M. V. (2008). Autopercepción y aprendizaje autorregulado. En *XV Jornadas de Investigación y Cuarto Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur*. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires.

Garrido Bermúdez, E., Mena Rodríguez, H. Y., Zuluaga Arango, J. M., & Pérez Quintero, F. E. (2023). Proceso para validar un instrumento de investigación por medio de un análisis factorial. *UNACIENCIA*, 16(30), 61-73.

Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: Una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*, 30(3), 1151-1169.

Méndez Martínez, C., & Rondón Sepúlveda, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 41(1), 197-207.

Miller, G. A. (1956). El mágico número siete, más o menos dos: Algunos límites en nuestra capacidad para procesar la información. *Psychological Review*, 63(2), 81-97.

Muñiz Fernández, J. (2010). Las teorías de los tests: Teoría clásica y teoría de respuesta a los ítems. *Papeles del Psicólogo: Revista del Colegio Oficial de Psicólogos*.

Orozco Santa María, A. M., & García Ramírez, M. T. (2017). Autopercepción de habilidades de aprendizaje en ambientes virtuales. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 25, 144-167.

Palmqvist Barrena, P. (2012). Sobre el desarrollo de las capacidades cognitivas en el Reino Animal y el linaje humano: Aspectos evolutivos, ecofisiológicos y tecnoculturales. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 25, 11-28.

Pérez, E. R., & Medrano, L. A. (2010). Análisis factorial exploratorio: Bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.

Ricci, C. R. (2021). Investigación psicopedagógica e investigación en Psicopedagogía. *Perspectivas Metodológicas*, 21.

Romero, G. M. O., Rojas, P. A. D., Domínguez, O. R. L., Pérez, S. M. P., & Sapsin, K. G. (2015). Dificultad y discriminación de los ítems del examen de Metodología de la Investigación y Estadística. *Edumecentro*, 7(2), 19-35.

San Martín Catalán, P. (2025). Diseño, confiabilidad y validez del Test Básico de Aprendizaje. *Revista Neuronum*, 11(3), 1-20.

San Martín Catalán, P. J., & Carrasco Cursach, J. F. (2022). Modelo psicopedagógico para la dinámica cognitiva del aprendizaje humano. *Revista Neuronum*, 8(1), 50-74.

San Martín Catalán, P. J., & Navarro Guillén, M. I. (2022). Hipótesis del intervalo dinámico de los aprendizajes humanos. *Revista Neuronum*, 8(1), 1-16.

San Martín Catalán, P. J., Navarro Guillén, M. I., & Carrasco Cursach, J. F. (2022). Esquemas de aprendizaje y decisiones: un modelo psicopedagógico. *Revista Neuronum*, 8(2), 1-18.

Sousa, V. D., Driessnack, M., & Mendes, I. A. C. (2007). An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: Quantitative research designs. *Revista Latino-Americana De Enfermagem*, 15(3), 502-507.

Sprung, L., & Sprung, H. (1983). Gustav Theodor Fechner y el surgimiento de la psicología experimental. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 15(3), 349-368.

Prólogo I

El libro “La lógica detrás del Test Básico de Aprendizaje: Problemas y soluciones en la evaluación psicopedagógica”, es una invitación de principio a fin para repensar la Psicopedagogía desde una mirada que va más allá de lo cotidiano del quehacer profesional.

La historia que nos cuenta trasciende hechos y vicisitudes que, a lo largo del camino de la ciencia, han ido nutriendo poco a poco los espacios de conocimiento que hoy la Psicopedagogía determina. Tal como menciona Espinoza (2021), la Psicopedagogía convoca a otros saberes a construir ciencia del aprendizaje y a confluir en escudriñar en el aprendizaje de los seres humanos desde una mirada holística integrativa (Carrasco, 2018), para así intentar acercarnos a conocer y comprender este hecho caótico y dinámico al que llamamos “aprendizaje humano”.

No es sino con los aportes de diferentes corrientes que se puede comenzar a hablar de una Psicopedagogía teórica, la cual implica abordar los fundamentos conceptuales y las corrientes que sustentan esta ciencia cognitiva. Para estos efectos es necesario discutir ampliamente acerca de: Sus fundamentos epistemológicos; Modelos y enfoques teóricos; Procesos cognitivos, culturales y afectivos; Bases teóricas de la evaluación psicopedagógica; Estrategias de intervención fundamentadas en modelos teóricos y Ética profesional en la intervención y evaluación psicopedagógica.

“La lógica detrás del Test Básico de Aprendizaje: Problemas y soluciones en la evaluación psicopedagógica” nos propone adentrarnos en estas cuestiones desde la lógica de problemas. Son estos problemas los que permitirán al lector ir buscando respuestas en la medida en que se avanza en la obra, siempre

con una mirada crítica de lo planteado, en un vaivén de conexiones con lo leído que permite en algún punto responder a los problemas que se señalan y comprender las soluciones que se plantean.

Particularmente respecto a la evaluación psicopedagógica, la columna vertebral del quehacer profesional, los problemas que se plantean requieren de un rigor especial en la formación y el pensamiento de los y las profesionales de la Psicopedagogía, he allí uno de los desafíos mayores que presenta la obra, redefinir nuestros esquemas de conocimiento desde la revisión exhaustiva de las teorías y prácticas que permitan analizar con determinación crítica el quehacer evaluativo desde una profundidad mayor, y que por tanto, permite la prolijidad en los diagnósticos que surgen de este proceso. En esta parte es importante destacar que vamos a referirnos al “diagnóstico”, como “la mejor representación de la situación de aprendizaje de una persona, considerando las dimensiones básicas que componen el aprendizaje humano: cognición, afectividad y cultura”.

Por último, la invitación es a conocer la lógica de evaluación psicopedagógica desde un ejemplo de aplicación práctica e innovadora, el Test Básico de Aprendizaje TBA, donde, para su construcción, han confluído todos los aspectos que hemos mencionado antes, y muchos otros que posiblemente aún no hemos observado con claridad y que, a través del estudio constante y el interés genuino por aprender, vamos a ir descubriendo poco a poco.

Mg. Javiera Carrasco Coursach
Temuco, enero de 2025
Chile

Prólogo II

El aprendizaje humano es un campo de estudio vasto y complejo, que ha sido abordado desde distintas disciplinas a lo largo de la historia. Sin embargo, la medición de los procesos de aprendizaje y las capacidades cognitivas sigue siendo un desafío fundamental para la psicopedagogía. En este contexto, “La lógica detrás del Test Básico de Aprendizaje (TBA)” emerge como una contribución significativa y necesaria para la comprensión de la evaluación psicopedagógica.

La presente obra, escrita por Pablo San Martín Catalán, se inscribe en una tradición académica que busca no solo describir, sino también explicar y fundamentar los procesos de aprendizaje desde una perspectiva científica. Su aporte radica en la articulación de bases teóricas rigurosas con el desarrollo de un instrumento de evaluación innovador: el Test Básico de Aprendizaje (TBA), un sistema estandarizado, informatizado y tridimensional que permite un análisis más profundo y preciso de las habilidades cognitivas.

El libro aborda temas clave como la relación entre la cognición y el medio, las bases teóricas de la psicometría, los modelos estadísticos aplicados a la evaluación del aprendizaje y el desarrollo del TBA como un instrumento que supera las limitaciones de enfoques previos. A través de un recorrido detallado, San Martín Catalán nos invita a repensar la manera en que comprendemos y evaluamos el aprendizaje, subrayando la importancia de contar con instrumentos que sean confiables, válidos y sensibles a la diversidad de los estudiantes.

Desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad, esta obra ofrece una mirada holística y sistémica al aprendizaje. En un mundo donde los procesos cognitivos no pueden entenderse de manera lineal o reduccionista, el TBA se presenta como un

modelo de evaluación que reconoce la interdependencia de factores, la adaptabilidad de los sistemas cognitivos y la naturaleza emergente del conocimiento. Este enfoque permite abordar el aprendizaje no solo como una acumulación de información, sino como un sistema dinámico donde la interacción entre el individuo y su entorno genera patrones y estructuras que evolucionan con el tiempo.

Uno de los mayores logros de este trabajo es la intersección entre teoría y práctica. Si bien el texto es profundamente analítico, también ofrece soluciones concretas a problemas habituales en la evaluación psicopedagógica. Su enfoque integrador permite al lector comprender no solo la construcción del TBA, sino también su aplicación y relevancia en contextos educativos reales.

Este libro se convierte, por tanto, en una referencia imprescindible para psicopedagogos, educadores, investigadores y todos aquellos interesados en la mejora de los procesos de evaluación del aprendizaje. En un momento en que la educación demanda herramientas más precisas y adaptadas a las necesidades del siglo XXI, “La lógica detrás del TBA” ofrece una guía fundamentada y visionaria para avanzar en esa dirección.

Invito al lector a sumergirse en sus páginas con curiosidad y pensamiento crítico, con la certeza de que encontrará en ellas una valiosa aportación al campo de la psicopedagogía y a la comprensión del aprendizaje humano.

Dr. Rodrigo Espinoza Vásquez
La Serena, enero de 2025
Chile

¿Qué le permite al ser humano aprender sobre leyes del movimiento, símbolos matemáticos, música, idiomas, emociones y una serie de objetos abstractos que, al parecer, otras especies no logran constituir en sus esquemas mentales?

Para responder esta pregunta, se podría considerar la idea de la evolución, lo que sitúa al ser humano en una posición relativa a las condiciones físicas, químicas y biológicas, como consecuencia de la deriva natural, como dirían Humberto Maturana y Francisco Varela. Esto significa que no es el más apto quien sobrevive, sino aquel que se encuentra en un entorno que satisface, de una u otra manera, las múltiples formas que tienen las necesidades. En este sentido, no hay regulación por optimización más allá de las circunstancias.

Entonces, bajo la idea de la evolución, se puede sostener que las diversas circunstancias y relaciones armónicas dieron como resultado una especie con un cerebro de 1350 gramos (promedio), aproximadamente 1350 centímetros cúbicos, 86 mil millones de neuronas, y estas comparten información (sinapsis) por unidad de tiempo en cantidades extremadamente grandes, superando los cien billones (10^{14}) de sinapsis, incluso llegando a los mil billones (10^{15}).

La masa del cerebro equivale al 2% de la masa corporal y, a su vez, requiere cerca del 20% de la energía que necesita el cuerpo para su óptimo funcionamiento. Al basarse en el cociente de encefalización (CE), el cual relaciona la masa del cerebro y la masa corporal, medida que permite encontrar correlaciones positivas con la inteligencia de las especies, se encuentra en la especie humana, según el neurocientífico alometrista Harry Jerison, el CE más alto de los mamíferos, cercano a 7.5. Anterior al ser humano están los delfines, con un CE de 5.3.

Esta medida se obtuvo mediante el ajuste de regresión lineal entre los logaritmos de la masa corporal y cerebral en los vertebrados, estableciendo cómo aumentan las dimensiones del

encéfalo en función del tamaño de los organismos, según una pendiente próxima a $\frac{2}{3}$.

Sin embargo, la explicación anterior es incompleta si se pretende responder a la pregunta planteada. Es importante considerar que existen niveles de conocimiento con respecto al desarrollo de la inteligencia y el aprendizaje humano. Estos son:

Conocimiento del medio físico-cognitivo:

Respecto al sujeto y el medio físico, no es posible construir a un sujeto independiente de su medio, ya que este hace posible al sujeto en un sentido fisicoquímico y biológico, siendo condiciones para ser un sujeto cognitivo. Jean Piaget definió esta relación de la siguiente forma argumentativa:

“El organismo es un ciclo de procesos fisicoquímicos y cinéticos que, en constante relación con el medio, se engendran los unos a los otros. Sea, por ejemplo, a, b, c, etcétera, los elementos de esa totalidad organizada y x, y, z, etcétera, los elementos correspondientes del medio ambiente. En consecuencia, el esquema de la organización es el siguiente:

- (1) $a + x \rightarrow b$;
- (2) $b + y \rightarrow c$;
- (3) $c + z \rightarrow a$, etcétera.

Los procesos (1), (2), etcétera, pueden consistir en reacciones químicas (cuando el organismo ingiere unas sustancias x que transformará en sustancia b que entrarán a formar parte de su estructura), en transformaciones físicas cualesquiera o, finalmente, en comportamientos sensoriomotores (cuando un ciclo de movimientos corporales A combinados con unos movimientos exteriores X concluyen en un resultado B que entra a su vez en el ciclo de organización). La relación que une los elementos organizados a, b, c, etcétera, a los elementos del medio x, y, z, etcétera, es una relación de asimilación; es decir, el funcionamiento del organismo no lo destruye, sino que

conserva el ciclo de organización y coordina los datos del medio de manera que los incorpora a este ciclo. Supongamos, pues, que se produzca una variación en el medio que transforma x en x' . O bien el organismo no se adapta, y hay una ruptura del ciclo, o bien se da la adaptación, lo que significa que el ciclo organizado se ha modificado cerrándose sobre sí mismo:

$$(1) \ a + x' \rightarrow b';$$

$$(2) \ b' + y \rightarrow c;$$

$$(3) \ c + z \rightarrow a.$$

Si denominamos acomodación a este resultado de las presiones ejercidas por el medio (transformación de b en b'), podemos decir en consecuencia que la adaptación es un equilibrio entre la asimilación y la acomodación". (Piaget, 2003, pp. 15-16).

Los sistemas complejos consideran las partes de dicho sistema y su complejidad. Por lo tanto, es pertinente considerar ante un hecho particular las magnitudes y categorías lógicas que permiten dicho hecho particular. Si se considera a un ser cognitivo que percibe melodías y colores, cabe desde luego e inevitablemente la observación en el plano complejo sujeto-objeto(s) o, dicho de otro modo, sujeto-medio.

Ejemplo:

Si las frecuencias de sonido audibles para el ser humano fluctúan desde casi 20 Hz (20 ciclos/seg.) a 20 kHz (20,000 ciclos/seg.), podemos considerar límites perceptivos del sujeto, por lo que su sistema cognitivo dinámico respecto a lo que escucha depende del medio elástico por donde se propaga la onda sonora, siendo entonces la condición inicial del sujeto A respecto al medio B y sus posibles variaciones.

Por esta razón, es válido el argumento que sostiene que todo sistema cognitivo precisa de un medio para su variación perceptiva ante una situación particular. Del mismo modo en que existe tendencia caótica en magnitudes físicas, existe tendencia caótica en magnitudes cognitivas, según umbrales diferenciales y absolutos (mínimo y máximo), de acuerdo con

las leyes de la psicofísica de Fechner. Fechner establece que las variaciones en las sensaciones, al igual que las variaciones de los estímulos, se producen como resultado de la suma de sensaciones individuales. Entonces, se puede concebir una sensación mínima (ΔS), cuya suma determina la intensidad de la sensación (S), siguiendo la ecuación:

$$\Delta S1 + \Delta S2 + \Delta S3 = 3\Delta S$$

Por lo que es razonable aceptar la ecuación fundamental de la psicofísica:

$$s = k \frac{\Delta E}{E}$$

donde K es una constante dependiente de la modalidad y el método. Aplicando la matemática correspondiente a fenómenos físicos, se obtiene la ecuación diferencial:

$$ds = k \frac{dE}{E}$$

integrando esta ecuación, se obtiene la siguiente función:

$$s = k \ln \frac{E}{E_0}$$

donde E_0 es la intensidad del estímulo con la cual la sensación posee el valor cero, correspondiendo al umbral absoluto.

Conocimiento del medio cognitivo:

El elemento cognitivo corresponde a la naturaleza del aprendizaje del sujeto (S), siendo esta universal en las posibilidades basales del ser humano psicopedagógico. No obstante, el sujeto existe en cuanto a otro sujeto, y es objeto (O) ante el sujeto cognoscente. Por esta razón, no existe subjetividad aislada, sino intersubjetividad en un plano complejo de conjuntos.

En este sentido, la matriz interrelacional del objeto de estudio de la psicopedagogía, propuesta por la científica chilena Javiera Carrasco en 2018, establece un objeto fundamental que permite

todo flujo relacional entre sujetos, objetos y sus condiciones. El objeto es la naturaleza del aprendizaje humano, y desde y hasta ahí surgen los estados conscientes de transformación en lo complejo.

Con respecto a lo físico, lo cognitivo es un plano de análisis absolutamente distinto, las leyes y modelos que se usan para estudiar el comportamiento de las neuronas no son consistentes al estudiar fenómenos como la memoria, la percepción, la atención, el lenguaje, el pensamiento y el aprendizaje. Sin embargo, en las ciencias cognitivas se buscan los correlatos y es cuando las técnicas de neuroimagen permiten formar una idea en torno a la relación zona nerviosa-cognición, a través de métodos de estímulo-respuesta. Empero, son tareas de laboratorio.

Los procesos mentales no se estudian con resonancias magnéticas, sino con instrumentos diseñados para estudiar la conducta dentro de los contextos de adaptación.

No se estudia el movimiento de los planetas observando átomos. Si bien el reduccionismo es inevitable, es prudente mantener las distancias para las interpretaciones coherentes.

La inteligencia, tal como la definió Pablo San Martín en 2022 (autor de esta obra), es la sumatoria de procesos cognitivos universales que operan de manera constante, interrelacionándose entre sí para generar las condiciones necesarias para el aprendizaje. En este sentido, todo ser humano es inteligente, más allá de las mediciones. Es una cuestión lógica e incluso axiomática.

Esto responde a una demostración lógica de tipo deductiva, donde:

Premisa 1: La inteligencia es la base del aprendizaje. Esto implica que, por definición, sin procesos cognitivos no se forman esquemas de aprendizaje.

Premisa 2: Todo ser humano aprende. Esto es empíricamente observable, ya que los seres humanos, desde su nacimiento,

desarrollan conocimientos, habilidades y comportamientos a través de la experiencia.

Conclusión: Todo ser humano es inteligente.

En este sentido, lo expuesto se puede considerar un punto de partida para responder la pregunta.

Entonces, se puede entrever complejidad o no linealidad en la respuesta, lo cual no significa que existan múltiples verdades, sino más bien múltiples maneras de encontrar la respuesta. De este modo, desde las ideas de Francis Galton (siglo XIX) sobre la psicología comparada, centrando la intelección en la inteligencia humana y la heredabilidad de esta, se sientan, de alguna manera, las bases de la psicometría al considerar que un sujeto A es distinto cognitivamente a un sujeto B, no desde su estructura cognitiva, sino en su funcionamiento cognitivo. Luego, se comenzó a instaurar el concepto de "test mental" y se inició la medición científica de las capacidades cognitivas humanas con James McKeen Cattell. Con Alfred Binet y Théodore Simon en Francia, a solicitud del gobierno, se comenzaron a crear los primeros test formales de inteligencia con la finalidad de encontrar diferencias cognitivas y de aprendizaje en estudiantes para que, de esta manera, hubiera un apoyo educativo distinto (siglo XX). Luego, Lewis Terman adaptó el Test Binet-Simon para ser usado en Estados Unidos, trabajo realizado desde la Universidad de Stanford. De hecho, el instrumento se llamó Test Stanford-Binet y se hizo popular en la medición de la inteligencia general. En este sentido, se utilizaron los términos "edad mental" y "cociente intelectual (CI)", propuestos por el científico alemán William Stern (siglo XX), lo cual consiste en establecer marcos referenciales para los rangos etarios, donde el CI es igual a la relación entre la edad mental (EM) y la edad cronológica (EC) de una persona, centrando su valor esperado en 1 o en 100 si se utiliza $CI = 100EM/EC$. En este sentido, una persona con $EM = 8$ y $EC = 10$ obtendría un $CI = 80$, lo que se interpretaría como que dicho sujeto comprendería y resolvería, en promedio, tareas propias de sujetos de 8 años y no de 10 años, según se esperaría. Esto,

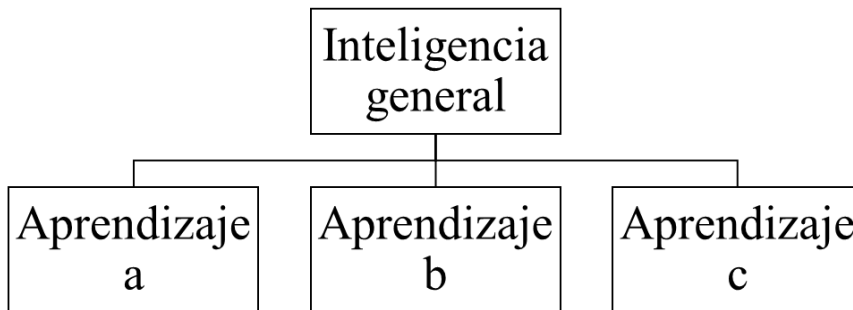
claramente, presenta muchos problemas técnicos que, más adelante, en este libro se resolverán.

Inicios de la teorización psicométrica

El científico inglés Charles Spearman, en el siglo XX, inició el estudio estadístico como base para diseñar la teoría de la inteligencia general, diseñando y utilizando un modelo matemático llamado análisis factorial exploratorio (AFE), sin dejar de lado la obra del bioestadístico Karl Pearson, quien desarrolló el método de correlación lineal, lo cual supone principios básicos para el AFE. El AFE es un término genérico que consiste en un conjunto de métodos multivariados e interdependientes que tienen como finalidad encontrar patrones en los datos para definir uno o más factores que expliquen de manera subyacente la variabilidad de las observaciones. El modelo considera las puntuaciones en los test (X), la matriz de cargas factoriales (Λ), que indica cómo cada variable observada se relaciona con factores latentes, el vector de factores latentes (F), que indica aquel constructo que explica la varianza de los datos, y el vector de errores (ϵ), que captura la variabilidad no explicada por los factores. El modelo, entonces, es

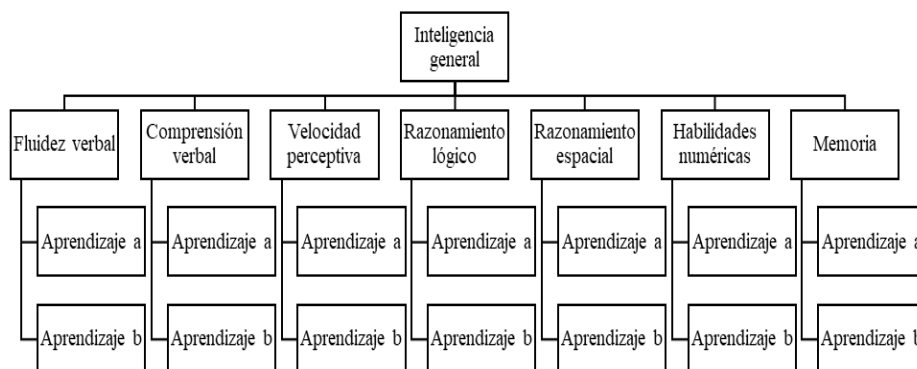
$$X = \Lambda F + \epsilon$$

Estos métodos se utilizan al cumplir ciertos supuestos: relación lineal entre las variables (linealidad), los errores no están correlacionados (independencia de los errores), la variable tiende a la distribución gaussiana (normalidad) y la no correlación entre factores, donde se utiliza la rotación ortogonal (Varimax), aunque también se puede trabajar con rotación oblicua (Oblimin) para factores relacionados. Por lo tanto, considerando distintos métodos complementarios, Spearman formalizó la teoría bifactorial de la inteligencia humana al encontrar que un factor, al cual llamó g (de general), se encontraba conectado de manera parcial con habilidades mentales específicas llamadas s (de específico), es decir, explicaba de manera subyacente la variabilidad de distintas habilidades cognitivas.



Modelo bifactorial de Spearman.

Posteriormente, el científico estadounidense Louis Leon Thurstone continuó con los estudios factoriales y expresó una crítica sobre la existencia de un único factor. La teoría de Thurstone propone la existencia de más de un factor o atributo, y que, de manera combinada, producen lo que entendemos como fenómeno cognitivo. Para esto, no se asume un factor único, como lo hizo Spearman, sino varios factores, y con una rotación distinta estudió la relación entre estos, lo cual permite entender que las habilidades cognitivas no son totalmente independientes, sino que se interrelacionan. De esta manera, se puede sostener la idea de los "circuitos cognitivos", siendo este un conjunto de habilidades asociadas a un objeto de aprendizaje. Thurstone introdujo los factores fluidez verbal, comprensión verbal, rapidez perceptiva, razonamiento espacial y otros lógicos, habilidades numéricas y memorización, lo cual permite sostener que estas variables latentes explican el comportamiento de múltiples habilidades cognitivas y académicas del ser humano. De este modo, surge el concepto de "aptitudes mentales primarias". Sin embargo, aunque Thurstone desarrolló la teoría multifactorial para complejizar la idea del factor g, los factores primarios se pueden relacionar de tal manera que aparezca un factor general que explique la varianza de dichos grupos.



Modelo multifactorial de Thurstone.

Las teorías psicométricas

En la mitad del siglo XX comenzó el desarrollo de la teoría clásica de los tests (TCT) (o teoría clásica de la medición (TCM)), que se centra en estudiar la fiabilidad, la validez y el error de medición de atributos (o rasgos) mentales. Es importante enmarcar esta teoría y las demás en la definición de psicometría, la cual, coherentemente, puede ser definida como "la disciplina científica que estudia las teorías, modelos y métodos para la medición de variables cognitivas, con implicaciones prácticas y, desde luego, teóricas", considerando que su marco conceptual va más allá de una línea práctica que obedezca al ejercicio directo de medir instrumentalmente. Etimológicamente, del griego, se puede decir que es "la medición de la mente".

Entonces, la TCT es una construcción conceptual que permite sentar las bases para la elaboración de instrumentos de medición cognitiva y de aprendizaje. Además, posibilita la comprensión de las lógicas de la cuantificación de variables inobservables o, de alguna manera, abstractas. Por ejemplo, la

atención: se sabe que existe una función cognitiva que permite la dirección de los procesos cognitivos, pero no se observa directamente, sino que se infiere a través de la observación de tareas humanas. Considerando distintos marcos lógicos, se establece lo llamado "constructo", lo que permite afirmar que la atención existe como fenómeno u objeto de estudio.

Ahora bien, su medición implica otros procesos, y es entonces donde se retoma la teoría clásica de la medición (TCM). La idea principal de esta teoría es que toda medición está sujeta a errores, por lo tanto, el valor que traduce la capacidad verdadera (V) de una persona es la diferencia entre la puntuación empírica (X) y los errores (e), siendo la ecuación lineal $X=V+e$. El error se asume como aleatorio y no está correlacionado con la capacidad verdadera, del mismo modo que cada componente de error en una medición es independiente del error en otra medición.

Para la TCM, la medición debe cumplir con ciertos estándares, como la fiabilidad y la validez. La fiabilidad se refiere al grado de consistencia y precisión del instrumento (test), donde es más preciso aquel instrumento que entrega resultados cuya varianza de lo verdadero es una proporción mayor de la varianza de lo empírico u observado. El modelo que representa esta relación es el siguiente:

$$Fiabilidad = \frac{Varianza\ de\ la\ puntuación\ verdadera}{Varianza\ de\ la\ puntuación\ observada}$$

Los métodos para estudiar la fiabilidad son múltiples, uno de ellos consiste en analizar la consistencia interna del test a través del coeficiente alfa de Cronbach (α), técnica desarrollada por el psicometrista estadounidense Lee Cronbach a mediados del siglo XX. Esta técnica consiste en estudiar las correlaciones entre los ítems para determinar la coherencia interna de un instrumento. Para ello, se considera la cantidad de ítems (k) y su relación con k-1, junto con la diferencia entre 1 y la proporción de la sumatoria de las varianzas de cada ítem en la

varianza total de los ítems. El modelo que representa este coeficiente es el siguiente:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_{items}^2}{\sigma_{Total}^2} \right)$$

El alfa de Cronbach (α) se debe interpretar como la correlación entre los ítems, donde un valor más cercano a 1 indica una mayor consistencia interna del test. Se considera que un valor mayor o igual que 0.7 sugiere una precisión adecuada. De manera estandarizada, la ecuación relaciona el producto entre el número de ítems (k) y el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems (p), con $1+p(k-1)$. La ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{kp}{1 + p(k-1)}$$

Otro método para estudiar la fiabilidad es el test-retest, el cual consiste en analizar la correlación lineal y distintos estadísticos de posición (media, mediana, cuantiles) para determinar la estabilidad de las puntuaciones del test. Este método considera una aplicación A y una aplicación B, con un tiempo de diferencia no significativo, de manera que las habilidades desarrolladas no afecten la medición. Para este efecto, se puede utilizar el coeficiente de correlación de Pearson (r), el cual evalúa la relación entre la covarianza (cov) del test (A) y el retest (B), junto con el producto de las desviaciones estándar de ambas aplicaciones (DTADTB). El modelo es el siguiente:

$$r = \frac{COV_{A,B}}{DT_A DT_B}$$

Para este coeficiente, los valores van de -1 a 1, siendo 0 la no correlación, -1 la máxima correlación inversa y 1 la máxima correlación directa. Para esto, los valores que indican

correlación fuerte son aquellos mayores a 0.7 y menores a -0.7. También es necesario construir un modelo de regresión lineal para estimar la predictibilidad de A y B, definiendo de esta manera que los resultados de B se explican por los resultados de A, lo cual permite interpretar la precisión del test para el diagnóstico, ya que una baja relación indicaría poca estabilidad o resultados distintos según la aplicación.

El modelo de regresión lineal se formula con la variable dependiente (B), que es igual al intercepto (B_0) (valor de B cuando A es igual a 0), más la pendiente (B_1) (cambio de B por unidad de cambio de A), por la variable independiente (A), más el error (e) (diferencia entre lo observado y lo esperado).

$$B = B_0 + B_1A + e$$

Además, es importante estimar el coeficiente de determinación (r^2), lo cual indica cuánto de la variabilidad de la variable B es explicada por la variable A, o, dicho de otro modo, dentro del contexto, cuánta variación de los resultados del retest se explica por los resultados del test. Para esto, el modelo considera la diferencia de 1 con la relación entre la suma de los cuadrados de los errores y la suma de la diferencia entre las observaciones y la media de B (MB).

$$r^2 = 1 - \frac{\sum e^2}{\sum (B - MB)^2}$$

Otro elemento central de la TCM es el error estándar de medición (EEM), el cual cuantifica la precisión de la puntuación de un test y proporciona información sobre la variación de los resultados de un test si este se aplicara varias veces al mismo sujeto bajo las mismas condiciones. El EEM es igual a la desviación estándar de las puntuaciones observadas (X) multiplicada por la raíz cuadrada de 1 menos la fiabilidad del

test. Un EEM bajo indica que las puntuaciones son precisas. La fórmula es:

$$EEM = \sigma_x \sqrt{1 - Fiabilidad}$$

Por otra parte, la validez fundamental está relacionada con el constructo que se intenta medir, por lo que los análisis factoriales, previamente expuestos, constituyen hasta ahora el mejor método para este propósito. También es importante la validez de contenido, la cual se refiere al marco conceptual de lo que se pretende medir y lo que, en definición, realmente se está midiendo. Ambos deben ser coherentes para garantizar la validez.

Para la TCM, el estudio de la dificultad y la discriminación de las pruebas y del conjunto de ítems que las constituyen es importante, ya que permite determinar cuán sensible es el test a los diferentes desarrollos de habilidades (discriminación) y qué nivel de desarrollo cognitivo y de habilidades exigen los ítems (dificultad).

Para el estudio de la dificultad, si se basa en la estimación clásica, se considera la proporción del número de aciertos (A) respecto al número de respuestas (N), donde el cociente va de 0 a 1, siendo los valores más cercanos a 0 indicativos de mayor dificultad.

$$Dificultad = \frac{A}{N}$$

En cuanto a la discriminación, esta puede obtenerse mediante la diferencia entre la media de las puntuaciones totales de quienes respondieron correctamente el ítem (M_p) y la media de las puntuaciones totales de quienes respondieron incorrectamente el ítem (M_q). Esta diferencia se relaciona con la desviación estándar de las puntuaciones totales (DT), cuyo

resultado se multiplica por la raíz cuadrada de la relación entre el producto del número de casos que respondieron correctamente y del número de casos que respondieron incorrectamente (pq) y el total de casos (n), multiplicado por el total de casos menos 1 ($n-1$).

$$\text{Discriminación} = \frac{Mp - Mq}{DT} \sqrt{\frac{pq}{n(n-1)}}$$

La TCM presenta muchas limitaciones técnicas, como la dependencia total de la muestra de estudio, lo que trae como consecuencia que dos test diseñados para medir lo mismo, bajo la lógica lineal, den resultados distintos a un mismo sujeto. Esto se traduce en que el test afecta los resultados y los resultados afectan el test. Otra limitación está relacionada con el supuesto rígido de la independencia del error, el cual no siempre se cumple, y, desde luego, con la invarianza de la dificultad de los ítems, ya que la TCM no considera que esta pueda variar entre diferentes grupos y contextos. Es entonces característico de la ciencia intentar resolver estos problemas teóricos y técnicos en la medición de atributos mentales, y fue el psicometrista danés Georg Rasch quien, cercano al año 1960, junto a otros psicometristas, inició una teoría psicométrica llamada teoría de respuesta al ítem (TRI). Esta se centra en modelar la relación entre la probabilidad de responder correctamente a un ítem y el nivel de habilidad de un sujeto, lo que constituye una medición no lineal o compleja, otorgando mayor fiabilidad y flexibilidad en comparación con la TCM. En esencia, considera el patrón de respuesta por sobre la suma de respuestas.

La TRI se basa en una premisa fundamental: la capacidad, habilidad o rasgo de un sujeto puede medirse en función de ciertos parámetros, y los ítems o reactivos (objetos)

proporcionan información sobre el desarrollo del atributo, de acuerdo principalmente con la dificultad de estos. Es decir, cuanto más difícil es el ítem, mayor capacidad se requiere para su comprensión y, por lo tanto, la probabilidad de respuesta permite inferir la capacidad verdadera del sujeto. Para lo anterior, es importante comprender los parámetros: el de dificultad (b), desarrollado por Rasch; el de discriminación (a), y el de probabilidad de azar (c), desarrollados por otros autores. Los parámetros son invariantes.

Para el modelo de Rasch, se considera únicamente el parámetro de dificultad (b), asumiendo que las respuestas a los ítems siguen una tendencia probabilística basada en una distribución logística. Esta distribución se define mediante la siguiente función:

$$y = \frac{e^x}{1 + e^x}$$

La función logística es similar a la distribución normal acumulada. En este caso, la curva característica del ítem (CCI) para el modelo de Rasch, se forma con la siguiente ecuación:

$$P(X = 1, ítem|\theta) = \frac{e^{\theta-b}}{1 + e^{\theta-b}}$$

Donde b es la dificultad, θ es la capacidad verdadera del sujeto, y e es la base de los logaritmos naturales.

El parámetro b representa el punto en la escala de θ en el cual la probabilidad de respuesta correcta es 0.5. Este parámetro indica la posición del ítem en la escala de capacidad. Cuanto mayor sea el valor de b, mayor será la capacidad requerida para que el sujeto tenga una probabilidad del 50 % de responder correctamente el ítem. Es decir, para obtener una probabilidad

mayor de responder correctamente, la capacidad del sujeto debe sobrepasar la dificultad del ítem.

La capacidad suele transformarse de manera que la media sea igual a 0 y la desviación estándar igual a 1. En este contexto, los valores de b suelen fluctuar entre -2 y 2, donde los ítems con $b=-2$ son considerados muy fáciles, mientras que aquellos con $b=2$ son muy difíciles.

El modelo de dos parámetros, que incluye el parámetro de discriminación (a), el cual se refiere a la capacidad del ítem para diferenciar entre quienes tienen desarrollada cierta habilidad para responder correctamente y quienes no. Este parámetro se representa por la pendiente de la CCI, de manera que, a mayor pendiente, mayor es la capacidad de discriminación del ítem. En otras palabras, un valor alto de a indica que el ítem es más efectivo para distinguir entre distintos niveles de habilidad en los sujetos. Entonces, el modelo es:

$$P(X = 1, \text{ítem} | \theta) = \frac{e^{aD(\theta-b)}}{1 + e^{aD(\theta-b)}}$$

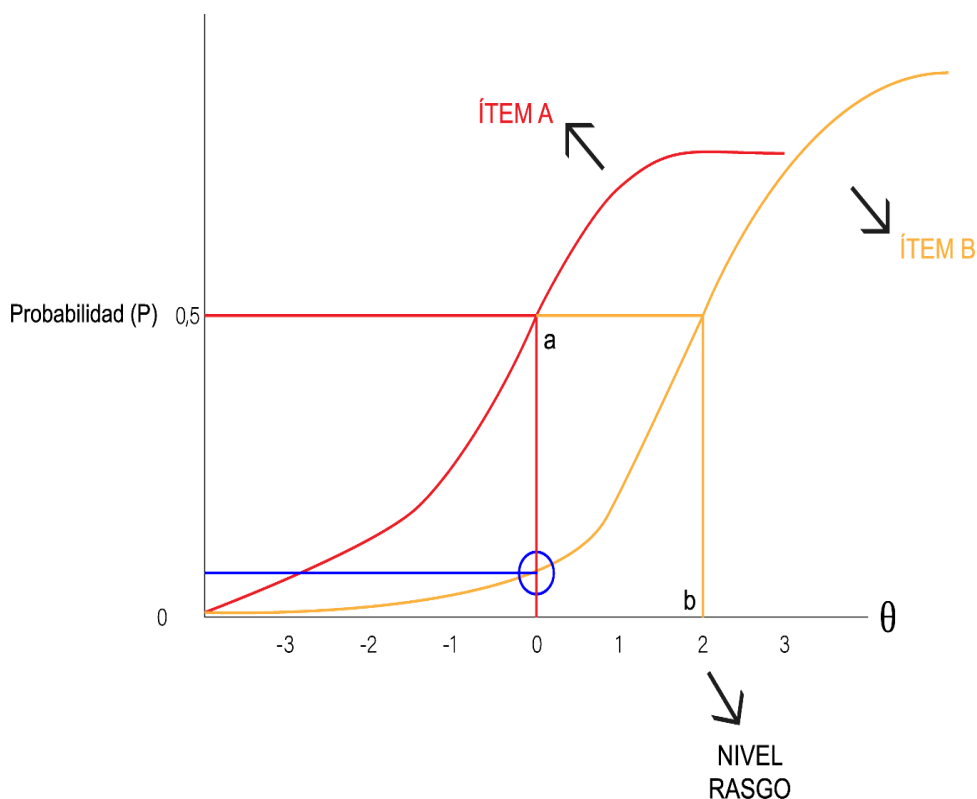
Al modelo anterior se le agrega un factor arbitrario (D) igual a 1.7 para que la función logística sea ajustada a una ojiva normal con una exactitud de 0.01.

Para el modelo de tres parámetros, que agrega el parámetro c , llamado pseudo azar porque representa la probabilidad en los ítems de opción múltiple de que un sujeto de poca capacidad conteste un ítem relativamente difícil de manera correcta, lo que hace suponer que lo hizo por azar, es decir, adivinando. En este caso, la curva es asíntota y el parámetro se visualiza en el eje de la probabilidad.

Todos estos modelos sirven para aquellos tests en los que se puede considerar una respuesta correcta como 1 y la incorrecta como 0.

El modelo de tres parámetros es:

$$P(X = 1, \text{ítem}|\theta) = c + (1 - c) \frac{e^{aD(\theta-b)}}{1 + e^{aD(\theta-b)}}$$



El gráfico representa dos ítems con distintas dificultades, el ítem A presenta dificultad 0 y el ítem B dificultad 2. En este caso, los sujetos con nivel de rasgo igual a b, tienen un 50% de probabilidad de resolver correctamente el reactivo, pero, en el caso de un sujeto para ambos ítems con capacidad de 0, presenta probabilidad de 50% para A y probabilidad cercana a 0% para B.

En TRI es importante considerar el supuesto de unidimensionalidad, lo cual supone que los ítems miden solo una habilidad y/o capacidad, y el supuesto de independencia

local, lo que supone que los ítems son independientes entre sí, por lo que no debería haber relación entre las respuestas a cada reactivo, por lo tanto, la probabilidad de responder correctamente no depende de otras respuestas.

Para el estudio de los parámetros se utilizan métodos matemáticos avanzados, como el de máxima verosimilitud para estimar los valores de los parámetros que maximizan la función, es decir, la probabilidad de observar datos dado los parámetros. También se puede utilizar el método bayesiano para estimar probabilidades condicionales en base a cierta información previa y de este modo utilizar métodos de simulación para estimar las distribuciones posteriores de los parámetros.

Hacia una psicopedagogía teórica que se encarga de los problemas de la medición

Los psicopedagogos son quienes ejercen la psicopedagogía formal, y es esta la que estudia la naturaleza del aprendizaje humano. En este sentido, cabe destacar el trabajo del científico chileno Rodrigo Espinoza, quien argumenta sobre una ciencia de frontera, compleja y capaz de permear en otros campos sin generar procesos contradictorios respecto al objeto de estudio. Por ende, la complejidad aparece como una solución coherente en torno a los fenómenos asociados al aprendizaje humano, como la conciencia y los procesos cognitivos, los cuales, en su funcionamiento, demuestran ser no lineales ni obedecer a algoritmos de solución directa.

Sin ir más lejos, al estudiar la medición de un fenómeno cognitivo, solo se encuentran aproximaciones, tendencias y error, lo que parece ser un componente constitutivo del fenómeno. Esto es similar a lo que ocurre, utilizando una analogía distante, con la física cuántica, donde estudiar

electrones desde premisas deterministas no resulta efectivo. Por esta razón se trabaja con modelos dinámicos y probabilísticos. Cabe destacar que la analogía es solo para ilustrar la idea, ya que, en rigor, según el principio de incertidumbre de Heisenberg, la indeterminación es intrínseca en la cuántica, mientras que, en psicopedagogía, el aprendizaje varía producto de su naturaleza cognitiva y de factores del entorno.

La científica argentina Cristina Ricci argumenta a favor de las líneas del conocimiento basadas en el objeto psicopedagógico, bajo el supuesto de un objeto complejo y la importancia de su conceptualización, de acuerdo con la multidimensionalidad propia de una acción investigativa.

La posición teórica, incluso paradigmática, es importante a la hora de estudiar un fenómeno de la naturaleza, como lo es el aprendizaje humano y, en específico, su medición, ya que no es igual la mirada de un estadístico en torno a la medición del lenguaje respecto a la de un lingüista, o la medición de rasgos depresivos respecto a la de un psicólogo o psiquiatra; incluso entre estos últimos dos campos existen diferencias en su enfoque.

Si bien los rasgos son universales, es decir, siguiendo con el argumento, la variación anímica se basa en cierto comportamiento bioquímico y conductual en su efecto, la construcción de modelos y supuestos puede variar en torno a su estimación, lo que demuestra que, en esencia, toda tecnología está parametrizada por las suposiciones humanas. Un ejemplo histórico de esto es la disputa entre Albert Einstein y Niels Bohr sobre la medición cuántica, donde la postura de Einstein era contraria a la evidencia de ese entonces sobre el comportamiento complejo de las partículas y la necesidad de modelos probabilísticos para la comprensión moderna del

mundo físico. "Dios no juega a los dados", dijo Einstein, en su afán de no aceptar la aleatoriedad de la realidad. Así, un ser humano extremadamente inteligente, de alguna manera, no estuvo dispuesto a aceptarlo, cuando, curiosamente, fue él mismo quien dilucidó gran parte de dicho conocimiento.

Con esta argumentación, se intenta abordar la importancia del desarrollo teórico psicopedagógico en torno a las bases de la medición del aprendizaje humano y sus procesos de base (cognitivos, culturales y afectivos). La medición de una variable cognitiva no debe suponer exactitud, sino aproximación, ya que una función cognitiva puede seguir cierto comportamiento estable y satisfacer determinadas leyes, como la ley del olvido de Ebbinghaus, que establece que la retentiva decrece geométricamente en función del tiempo, o la ley de Weber-Fechner, que indica que la percepción es directamente proporcional al logaritmo del objeto percibido, de modo que debe haber un cambio geométrico para percibir los cambios en escala aritmética. Ambas leyes se modelan matemáticamente mediante ecuaciones diferenciales.

Pero ¿esto equivale, por ejemplo, a las soluciones de la ley de Ohm para relacionar la corriente, el voltaje y la resistencia en un circuito eléctrico? Definitivamente no, pues se trata de magnitudes y campos totalmente distintos, donde en el primero se encuentran tendencias aproximadas y en el segundo, constantes exactas.

En este sentido, una psicopedagogía teórica en el campo de las ciencias del aprendizaje debería ocuparse de los problemas que subyacen a toda medición, entendiendo como medición la cuantificación o formalización de un fenómeno variable. Sea este, por ejemplo, los cambios en la velocidad lectora de un sujeto a lo largo del tiempo, la transferencia conceptual entre

una acción A y una acción B (flexibilidad cognitiva), la homogeneidad atencional en función de un intervalo temporal (concentración), la tasa de memorización de nombres, el desarrollo de habilidades para el trabajo, etcétera.

Los problemas de la medición cognitiva se manifiestan muchas veces en diagnósticos clínicos y educativos, lo que trae como consecuencia decisiones y procesos que redirigen el desarrollo de las personas. Por esta razón, la profundización teórica en psicometría como responsabilidad de la psicopedagogía es importante. Coherentemente, se abren dos caminos complementarios: el estudio fundamental (teórico), cuya finalidad es conocer los procesos y alcances del aprendizaje humano, y el camino de la utilidad, en cuanto a la creación de instrumentos de medición psicopedagógica para resolver problemas prácticos.

En este trabajo se presentarán ciertas bases para la psicopedagogía teórica, donde los trabajos no tienen finalidad práctica en sí mismos, y también se presentará un instrumento de evaluación psicopedagógica construido desde la posición teórica.

Los trabajos teóricos que se encuentran en la literatura de las ciencias del aprendizaje, particularmente en la psicopedagogía, incluyen: el modelo psicopedagógico para la dinámica cognitiva del aprendizaje humano (Pablo San Martín y Javiera Carrasco), el cual describe formalmente la relación entre el sujeto y el objeto de aprendizaje desde sus principios fundamentales, explicando las variables cognitivas como funciones, la inteligencia humana como suma de constantes y el sistema de aprendizaje desde los umbrales; la hipótesis del intervalo dinámico de los aprendizajes humanos (Pablo San Martín y María Isabel Navarro), que demuestra que las

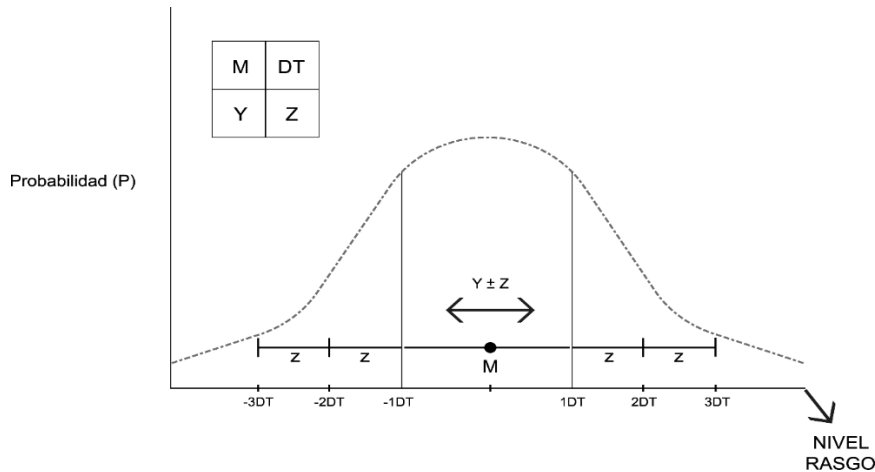
personas, al aprender un objeto particular, siguen una tendencia con estabilidad inicial, un intervalo dinámico en donde las habilidades crecen de manera exponencial para luego estabilizarse, formando una curva sigmoide; y esquemas de aprendizaje y decisiones: un modelo psicopedagógico (Pablo San Martín, María Isabel Navarro y Javiera Carrasco), en donde se propone un modelo basado en el teorema de Bayes para explicar la activación de esquemas de aprendizaje dada la activación de otros esquemas, donde los pesos de conexión o intersecciones aumentan la probabilidad del recuerdo.

Actualmente, la manera convencional de estimar el desarrollo del aprendizaje y los procesos cognitivos se basa en la posición dentro de una distribución normal, bajo el supuesto de que toda variable poblacional se distribuye de manera gaussiana. Por lo tanto, para describir un perfil de aprendizaje, se requiere un marco referencial, es decir, una comparación "respecto a" una norma. Esto tiene sentido, de manera análoga a cómo el movimiento solo puede definirse en relación con un sistema de referencia, como bien describió Einstein. Sin embargo, en este caso, las referencias no son propiedades físicas, sino patrones de comportamiento comunes o tendencias.

El problema surge cuando la definición del nivel de desempeño depende del entorno, ya que los promedios cambian según el grupo de referencia. Esto puede traducirse en niveles bajos o altos ante un mismo patrón de respuesta. Si esta variabilidad se refleja en un diagnóstico, un sujeto podría presentar la condición A en un entorno X y, al mismo tiempo, la condición B en un entorno Y.

Este es un problema propio de la teoría clásica de la medición, el cual no está resuelto en términos prácticos, dado que la mayoría de los test se basan en esta teoría y sus alcances son

limitados. Además, suelen estar circunscritos a paradigmas clínicos y escolares, lo que los convierte en instrumentos con un nivel de complejidad restringido.



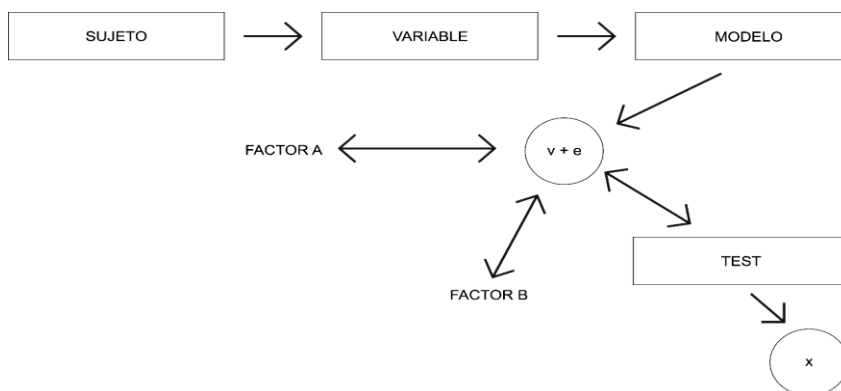
Representación de la estimación habitual de habilidades donde M es la media aritmética y DE la desviación estándar de la variable.

Como propuesta, se presentan las siguientes premisas para la construcción de un modelo psicopedagógico para la medición:

1. No se mide al sujeto que aprende, sino las variables de este.
2. Las variables se ven influidas en mayor o menor medida según el modelo de medición. Por ejemplo, al medir la memoria de trabajo, inevitablemente se ponderan las habilidades atencionales en alta proporción, mientras que otras variables se miden en menor grado según las características de los ítems.
3. La medición de variables cognitivas y de aprendizaje no es exacta, sino aproximada.
4. Toda medición contiene un margen de error.
5. El sistema cognitivo varía en mayor o menor grado en cada medición debido a factores del entorno.

6. La puntuación verdadera y los errores derivan del modelo de medición.
7. El test funciona como un operador para obtener la puntuación observada.

Representación gráfica del modelo:



Modelo de San Martín.

Representación lógica del modelo:

La medición cognitiva implica básicamente una reducción científica, en la que el sujeto (S) no es estudiado directamente, sino a través de sus variables (V). Aunque estas variables están relacionadas con S, la medición se circunscribe a atributos específicos, reduciendo la complejidad mediante constructos definidos. Para ello, se desarrolla un modelo de medición (M).

V solo puede ser estimada mediante M. Sin embargo, toda medición conlleva un margen de error (e), por lo tanto, con M se obtiene $V + e$.

Los factores del entorno (F) influyen en $V + e$, lo que implica que cualquier cambio en F puede modificar la medición. A su vez, $V + e$ también puede generar cambios en F, estableciendo una relación bidireccional entre ambos.

El test (T) no es solo un instrumento de medición, sino el sistema dentro del cual opera M. En otras palabras, M estructura la relación entre S y V, pero es dentro de T donde se implementa este modelo para procesar $V + e$ y obtener X, que representa la estimación empírica del atributo medido.

Ejemplo: La tasa de aprendizaje

Cuando se mide la tasa de aprendizaje de una persona, esta se define como la velocidad con la que un sujeto desarrolla habilidades a través de ensayos sucesivos. En este caso:

1. V representa la tasa de aprendizaje del sujeto.
2. M es el modelo que describe la relación entre los tiempos de respuesta y el desarrollo de la habilidad.
3. T es el test que administra los ensayos, mide los tiempos de respuesta, aplica M para estimar $V + e$ y asigna niveles según ciertos parámetros.
4. La estimación de la tasa de aprendizaje siempre será $V + e$, donde e representa errores en la medición.

Lo relevante en este caso es que T no solo mide $V + e$, sino que también contiene los parámetros para interpretar la velocidad de ejecución. Es decir, T define umbrales que permiten clasificar la tasa de aprendizaje en niveles como alta, media o baja, según criterios establecidos dentro del modelo psicométrico. Entonces:

Premisa 1: Para cada S, existe al menos una V.

Premisa 2: V solo puede estimarse a través de M, lo que genera $V + e$ debido al error inherente a la medición.

Premisa 3: F afecta a $V + e$, y $V + e$, a su vez, modifica F.

Premisa 4: M opera dentro de T para procesar $V + e$ y obtener X, donde T contiene los parámetros para interpretar los valores de X.

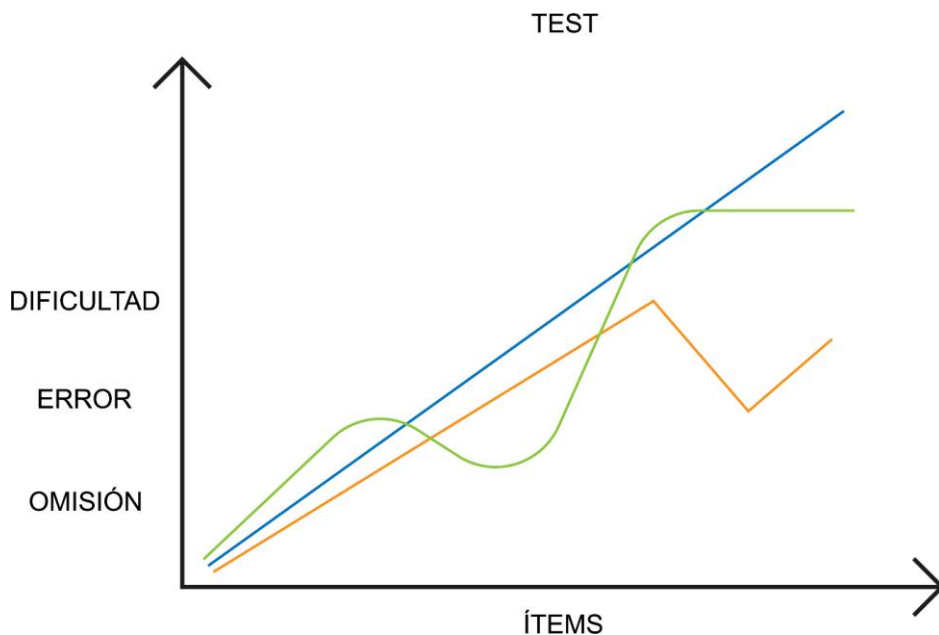
Conclusión: No existe una medición cognitiva exacta, y toda medición requiere un test, ya que es dentro de este donde el modelo de medición opera para estimar la variable con su margen de error. Además, la interacción entre $V + e$ y F implica que la medición no es un proceso aislado, sino parte de un sistema dinámico donde las condiciones del entorno y la variable medida se influyen mutuamente.

Test Básico de Aprendizaje (TBA), un nuevo instrumento de evaluación psicopedagógica, estandarizado, informatizado y tridimensional

Autor Pablo San Martín Catalán

Este instrumento se basa en la lógica del escalamiento cognitivo, donde los tests son universales y cada sujeto, dada su edad y experiencia escolar, presentará ciertas curvas en base a sus respuestas en los tests de la batería. Estas serán comparadas con ciertas características cognitivas de la población chilena (normas).

Antes de continuar, es importante considerar la importancia de la muestra para los efectos del estudio de validez de instrumentos de esta naturaleza. Esta puede basarse en el enfoque ratio personas/ítems (N/p). La recomendación más habitual es la "regla de los 10": una muestra 10 veces mayor que el número de ítems, o la proporción de 5:1.



Representación del escalamiento cognitivo. Cada curva representa un patrón de respuesta en función de las características de los ítems.

Sentido del Test Básico de Aprendizaje

El Test Básico de Aprendizaje (TBA) se fundamenta en la lógica del escalamiento cognitivo, y está diseñado para evaluar a individuos en un rango etario de 6 a 55 años. Esta batería de pruebas mide capacidades y habilidades, en lugar de conocimientos o contenidos curriculares. Al referirnos al escalamiento cognitivo, las preguntas clave que guían los algoritmos de análisis del TBA son: ¿En qué nivel de desarrollo cognitivo se encuentra la persona evaluada? ¿Cuál es su nivel de desarrollo en habilidades académicas?

Para responder a estas preguntas, se consideran factores como la edad y la experiencia escolar del evaluado. Se espera que un estudiante desarrolle habilidades de lectura, escritura y matemáticas en función de su experiencia educativa acumulada. De manera similar, en el ámbito cognitivo, se anticipa un desarrollo correspondiente de la memoria, la

atención y el pensamiento lógico, de acuerdo con su etapa evolutiva.

Por ejemplo, en el contexto del escalamiento cognitivo, una prueba compuesta por varios ítems presentará un aumento progresivo en la dificultad. El evaluado avanzará hasta el punto en que logre comprender el material; cualquier ítem que supere su capacidad de entendimiento puede ser omitido sin repercusiones en la evaluación general.

En este sentido, el instrumento no se orienta hacia un diagnóstico específico, sino que ofrece un perfil de aprendizaje a partir del cual se pueden inferir ciertas condiciones, incluidas las dificultades específicas del aprendizaje. El diagnóstico debe basarse en criterios clínicos y en evidencia científica.

El TBA está diseñado para ser aplicado a toda persona que corresponda al rango de estandarización, independientemente de su condición. Por lo tanto, debe utilizarse únicamente con individuos cuyas características cognitivas, emocionales y físicas les permitan interactuar con un aparato tecnológico y responder a estímulos visuales y auditivos. Además, para la medición de las variables cognitivas, se considerará únicamente la edad, mientras que la evaluación de habilidades académicas se restringirá a sujetos lectores.

Estructura y funcionamiento del Test Básico de Aprendizaje

La variable Bases del Pensamiento Lógico (BPL), se sustenta con el modelo teórico de la dinámica cognitiva del aprendizaje humano. Este modelo propone que el pensamiento, y en su actividad, razonamiento, es una función superior que hace posible el flujo mental entre la estructura previa del sujeto (esquemas de aprendizaje) y el objeto de aprendizaje, cuya dificultad es relativa a la inteligencia general. Por esta razón,

entre más difícil es el reactivo, más capacidad de deducción, inducción y espacialidad se requiere para su solución.

La variable Velocidad Atencional (A), se sustenta con el modelo de la dinámica cognitiva del aprendizaje humano, de acuerdo con el principio lógico b del sujeto que aprende. En este sentido, A se entiende como un vector que dirige la capacidad cognitiva de las personas hacia ciertos estímulos, cuyo comportamiento cambia en función del tiempo y es ponderable con aciertos, errores y omisiones. Entonces, conforme con la ecuación propuesta por San Martín y Carrasco, la velocidad atencional es la cantidad de atenciones que un sujeto genera por unidad de tiempo.

La variable Memoria Inmediata (MI), de acuerdo con San Martín y Carrasco, es una función mental que permite codificar, almacenar, asociar y recuperar elementos en un tiempo determinado, cuya retentiva decrece en función del tiempo y su promedio mínimo y máximo de evocación tiene un límite matemático de siete más menos dos elementos (7 ± 2), dependiendo de la cantidad de objetos y no de la información requerida (bits), de acuerdo con Miller.

La variable Tasa de Aprendizaje (TA), se refiere a la proporción que determina la velocidad con la que un sujeto desarrolla habilidades. Esta variable permite predecir la curva de aprendizaje, proporcionando una medida de cómo un individuo adquiere y mejora sus competencias a lo largo del tiempo.

La variable Velocidad de Respuesta (VR), se integra en las Bases del Pensamiento Lógico y se define, en un contexto de problemas lógicos, como la cantidad de aciertos que un sujeto logra por unidad de tiempo. Esto se refiere al tiempo que un individuo tarda en encontrar una solución a un problema nuevo sin recurrir a conocimientos previos.

Diseño para la medición de variables a través del Test Cognitivo General TCG

Vari able	Tiempo y/o lógica de prueba	Cantida d de reactivo s	Fórmula de corrección	Diccion ario
BPL	30 minutos	29	$\sum a$	Sumatoria de aciertos
A	2 minutos	1	$\frac{60 * (\sum a - (e + o))}{t (s)}$	a: acierto e: error o: omisión t (s): tiempo en segundos
MI	Tiempo variable. Ilimitado en general. 2 ítems con 30 segundos para la memorización de elementos, luego 1 minuto para la recuperación de elementos. 2 ítems de 5 segundos para la memorización de dictado de palabras, luego	4	$\frac{at1(v) + at2(v) + at3(a) + at4(a)}{4}$	at 1(v): aciertos en tarea 1 visual at 2(v): aciertos en tarea 2 visual at 3(a): aciertos en tarea 3 auditiva at 4(a): aciertos en tarea 4 auditiva

	1 minuto para la recuperación			
TA	Tiempo ilimitado. El reactivo se repite 8 veces y el sistema toma el tiempo de cada solución	1	Matriz: $\begin{matrix} t1 & t2 \\ t2 & t4 \\ t4 & t8 \end{matrix}$ $1 - \left(\frac{t2}{t1} + \frac{t4}{t2} + \frac{t8}{t4} \right)$	t1: tiempo primer ensayo t2: tiempo segundo ensayo t4: tiempo cuarto ensayo t8: tiempo octavo ensayo
VR	Es subvariable de BPL	29	$\frac{60 * \sum a}{t (s)}$	a: acierto t (s): tiempo en segundos

La variable Bases del Aprendizaje Matemático (BAM), se define como la capacidad de desarrollar conceptos numéricos y establecer relaciones tanto concretas como abstractas entre cantidades. Además, implica comprender conceptos probabilísticos y extraer información implícita de problemas de lógica matemática. Estas habilidades corresponden a las competencias matemáticas subyacentes propuestas por Chamorro.

La variable Bases del Aprendizaje de la Lectoescritura (BALE), se define como la estructura mínima necesaria para el desarrollo de habilidades lectoescritoras. Esta variable incluye subvariables como la conciencia fonológica, la activación de esquemas fonológicos y las reglas grafémicas, que son esenciales para la asociación de componentes alfabéticos.

La variable Comprensión Lectora (CL), se define como la capacidad de construir significados a través de la decodificación del lenguaje escrito, ya sea de manera literal o implícita.

La variable Velocidad Lectora (VL), se define como la cantidad de palabras leídas en voz alta por unidad de tiempo, siendo la medida universal utilizada palabras por minuto (p/min).

La variable Ortografía Visual (OV), se define como la capacidad de formar imágenes mentales de palabras que son ortográficamente correctas.

La variable Ortografía Fonética (OF), se define como la capacidad de convertir unidades fonológicas en grafemas.

Diseño para la medición de variables a través del Test de Aprendizajes Formales TAF

Variable	Tiempo de prueba	Cantidad de reactivos	Fórmula de corrección	Diccionario
BAM	30 minutos	26	$\sum a$	Sumatoria de aciertos
BALE	10 minutos	17	$\sum a$	Sumatoria de aciertos
CL	12 minutos	12	$\sum a$	Sumatoria de aciertos

VL	Ilimitado	1	$\frac{60 * P}{t (s)}$	p: cantidad de palabras que contiene el texto t (s): tiempo en segundos
OV	5 minutos	10	$\sum a$	Sumatoria de aciertos
OF	5 minutos	6	$\sum a$	Sumatoria de aciertos

Definición y justificación de la Escala de Autopercepción del Aprendizaje (EAA)

Autora Javiera Carrasco Cursach

La Escala de Autopercepción del Aprendizaje (EAA) es un instrumento diseñado para evaluar cómo los individuos perciben y valoran su propio proceso de aprendizaje en diferentes contextos educativos. La autoevaluación y la autopercepción desempeñan un papel crucial en el aprendizaje, permitiendo a las personas reflexionar sobre sus capacidades, identificar áreas de mejora y ajustar sus estrategias de estudio de manera autónoma.

La autopercepción se entiende, según Alexander, como un tipo de creencias o imágenes motivacionales que representan "los modelos internos que las personas construyen acerca de sí mismas en relación con todas las áreas del desarrollo". Estas autopercepciones influyen en cómo se interpretan las situaciones de aprendizaje y orientan el desempeño académico. Además, son específicas por dominio o área de conocimiento, dinámicas y sensibles a las experiencias vividas en contextos académicos y sociales. Pueden manifestarse de formas más o

menos conscientes y explícitas, y no siempre corresponden a la realidad. (Garello, 2008, pp. 252-253).

En cuanto a la autopercepción del aprendizaje, es fundamental señalar la influencia del autoconcepto, que es un factor importante en la orientación de la conducta humana. El autoconcepto se refiere a la percepción que las personas tienen de sí mismas en un momento determinado. (Bolívar y Rojas, 2015, p. 4).

En el ámbito del aprendizaje, el autoconcepto se construye a partir de experiencias en diversos contextos, como el familiar, social, académico y laboral.

Los fundamentos para la construcción de la variable autopercepción del aprendizaje están dados por varias dimensiones e indicadores. La autopercepción del aprendizaje se define como "la manera en que una persona se percibe a sí misma como aprendiz", abarcando las creencias, expectativas y actitudes sobre sus habilidades y capacidades de aprendizaje. Esta variable incluye las siguientes dimensiones e indicadores:

1. Dimensión Cognitiva: Satisfacción y progreso en el aprendizaje.
2. Dimensión Instruccional: Percepción del esfuerzo y la competencia.
3. Dimensión Motivacional: Actitud hacia el aprendizaje.
4. Dimensión Afectiva: Autoconfianza en el aprendizaje.

Sistema de análisis psicométrico

Para definir los niveles utilizando el TBA, se toma en cuenta la estimación del puntaje directo (PD), así como la media de la población correspondiente al grupo etario y a la experiencia escolar, junto con la desviación estándar de cada variable. Posteriormente, se calcula el valor Z (puntuación tipificada) para determinar la posición en la distribución normal. En este sentido, la batería trabaja con los niveles bajo, medio bajo, medio, medio alto y alto, asignándose conforme con la cantidad desviaciones típicas, donde por cada desviación por debajo o sobre la media, se genera un nivel de desarrollo distinto, considerándose el intervalo medio aquel comprendido entre -1 y 1 (Z) (>-1 y <1). Toda posición que alcance 2 o más desviaciones típicas, sobre o por debajo de la media, se considera alto o bajo, respectivamente.

Se consideran diversas medidas, tales como Memoria Inmediata (MI), Bases del Pensamiento Lógico (BPL), Velocidad de Respuesta (VR), Velocidad Atencional (A), Tasa de Aprendizaje (TA), Bases del Aprendizaje Matemático (BAM), Bases del Aprendizaje de la Lectoescritura (BALE), Comprensión Lectora (CL), Velocidad Lectora (VL), Ortografía Visual (OV) y Ortografía Fonética (OF). A partir de estas variables, se generan indicadores globales, ponderando grupos de variables como: MI, BPL, A y TA (indicador cognitivo); BAM (indicador de matemáticas); BALE, CL y VL (indicador de lectura); y OV y OF (indicador de escritura).

Para la estimación del desarrollo cognitivo bajo un único factor, se consideran BPL, MI y A, calculando el Cociente Intelectual (CI) con una media de 100 y una desviación estándar de 15, así como el puntaje T con una media de 50 y una desviación estándar de 10; a este proceso se le denomina síntesis psicométrica.

Finalmente, para la estimación del cambio en las variables, se utiliza el cálculo basado en T, aplicando la ecuación $(T2-T1) / T1$ en relación con los indicadores globales de cognición, lectura, matemáticas y escritura.

Método

La investigación se desarrolló bajo un diseño cuantitativo transeccional no experimental, para construir y validar la batería de evaluación psicopedagógica TBA en Chile.

El proceso de estandarización del Test Básico de Aprendizaje (TBA) en Chile se inició en 2023 con el propósito de desarrollar un instrumento válido y confiable para evaluar el perfil de aprendizaje de las personas, independientemente del contexto en el que se encuentren. Este estudio involucró una muestra inicial compuesta por 1082 sujetos, de los cuales 895 fueron incluidos en el análisis específico presentado. Los participantes, tanto hombres como mujeres, abarcaron un amplio rango etario, desde la niñez hasta la adultez, y provenían mayoritariamente de la región de Antofagasta y la región Metropolitana.

La muestra específica de 895 personas se distribuyó en cinco rangos de edad de la siguiente manera: 6 a 8 años con 194 personas (22%), 9 a 11 años con 241 personas (27%), 12 a 14 años con 186 personas (21%), 15 a 17 años con 112 personas (13%) y 18 a 55 años con 162 personas (18%). Esta submuestra constituyó una fracción representativa del total de 1082 personas, proporcionando una base estable para el análisis del perfil de aprendizaje.

El estudio principal utilizó un enfoque de muestreo combinado que integró tanto muestras incidentales como probabilísticas. Se aplicaron métodos de muestreo probabilístico simple y

estratificado, lo que resultó fundamental para analizar patrones cognitivos y habilidades académicas en diferentes rangos de edad.

La aplicación del TBA se realizó mediante un sistema informático llamado Sistema TBA (software), que permite la interacción del sujeto con un dispositivo con conexión a internet, ya sea una tablet, un computador de escritorio o un notebook. En este proceso se utilizaron los tres tipos de dispositivos.

A razón de lo anterior, en 2024, se llevó a cabo una validación de los resultados obtenidos en el estudio inicial, utilizando una nueva muestra probabilística, integrando a personas de diversas regiones del país (Chile). Esta segunda fase tuvo como objetivo validar la consistencia de los hallazgos preliminares. Los resultados obtenidos confirmaron la fiabilidad del TBA como instrumento de evaluación del perfil de aprendizaje.

La validación de los resultados se realizó con una población de 2100 personas, de las cuales se seleccionaron al azar 1177 (56%). La distribución de la muestra en diferentes rangos de edad fue la siguiente: 6 a 7 años con 143 personas (12%), 8 a 9 años con 230 personas (20%), 10 a 12 años con 267 personas (23%), 13 a 14 años con 156 personas (13%), 15 a 17 años con 151 personas (13%) y 18 a 55 años con 230 personas (20%).

El análisis del Test-Retest para el TBA se llevó a cabo aplicando 10 pruebas (TCG y TAF) a tres personas seleccionadas al azar, con un plazo de 2 semanas entre la primera y segunda aplicación.

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando diversas funciones en R, distribuidas a través de varios paquetes. El proceso metodológico fue el siguiente:

En primer lugar, se utilizó la función *alpha* del paquete *psych* para calcular el coeficiente alfa de Cronbach, lo que permitió evaluar la consistencia interna de las escalas. Este coeficiente es una medida comúnmente empleada para determinar la fiabilidad de los instrumentos de medición.

Para evaluar la adecuación de la muestra para el análisis factorial, se aplicó la función *KMO*, también del paquete *psych*, que realiza la prueba de *Kaiser-Meyer-Olkin*. Esta prueba determina si los datos son adecuados para un análisis factorial, evaluando las correlaciones entre las variables.

La prueba de esfericidad de Bartlett se llevó a cabo mediante la función *bart_spher* del paquete *REdaS*, la cual verifica la hipótesis nula de que las variables no están correlacionadas, lo que es un requisito esencial para aplicar el análisis factorial.

El análisis factorial exploratorio se ejecutó utilizando la función *fa* del paquete *psych*, que permitió extraer un único factor utilizando el método de máxima verosimilitud (ml) y una rotación *Varimax*. Los resultados fueron visualizados mediante la función *fa.diagram*, que generó un diagrama que facilita la interpretación de las relaciones entre las variables y los factores extraídos.

Para la detección de valores atípicos, se utilizó la función *mahalanobis* para calcular las distancias, lo que permitió identificar puntos atípicos en el conjunto de datos. Posteriormente, se aplicó un umbral basado en la distribución chi-cuadrado para clasificar los valores atípicos, y se filtraron los casos no atípicos utilizando índices lógicos.

El análisis factorial paralelo se realizó utilizando la función *fa.parallel*, también del paquete *psych*, que ayudó a determinar

el número adecuado de factores a extraer mediante un análisis iterativo.

Luego, para el análisis factorial confirmatorio (AFC), se utilizó el paquete *lavaan*. El modelo fue especificado mediante la función *cfa*, que permite ajustar el modelo teórico a los datos. Los resultados del ajuste del modelo fueron resumidos con la función *summary*, que mostró medidas de ajuste, coeficientes estandarizados y otras estadísticas relevantes.

La visualización del modelo de AFC se llevó a cabo con la función *lavaanPlot* del paquete *lavaanPlot*, que generó un diagrama que facilita la interpretación gráfica de las relaciones entre las variables latentes y sus indicadores, incluyendo los coeficientes estandarizados.

Para el Análisis Factorial de la batería tridimensional (TBA), se calculó sobre una muestra de 5321 personas.

Por último, para evaluar la consistencia test-retest, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y un modelo de regresión lineal simple. El análisis se realizó con los siguientes códigos: primero se instaló y cargó el paquete *readxl* mediante *install.packages("readxl")* y *library(readxl)*. Posteriormente, se calcularon las correlaciones con la función *cor(Test_Retest, method = "pearson")* y se ajustó un modelo de regresión lineal simple con *lm(Retest ~ Test, data = Test_Retest)*, permitiendo analizar tanto la relación lineal como la capacidad predictiva entre las puntuaciones de ambas mediciones.

Resultados

Estudio de fiabilidad del Test Básico de Aprendizaje (TBA)

Se realizó un análisis de consistencia interna mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach para evaluar la fiabilidad de diversos instrumentos de medición utilizados en el estudio. A través del entorno RStudio, se obtuvieron los valores correspondientes para cada instrumento, y se evaluaron los intervalos de confianza al 95% y el efecto de la eliminación de ítems sobre la consistencia interna.

Instrumento	Alfa de Cronbach	Intervalo de Confianza (95%)	Alfa si se elimina el ítem mínimo	Alfa si se elimina el ítem máximo
Bases del Pensamiento Lógico	0.77	0.74 - 0.80	0.75	0.78
Memoria Inmediata	0.70	0.67 - 0.73	0.61	0.66
Bases del Aprendizaje Matemático	0.79	0.76 - 0.81	0.77	0.79
Bases del Aprendizaje de la Lectoescritura	0.87	0.85 - 0.88	0.85	0.89
Comprensión Lectora	0.85	0.83 - 0.87	0.83	0.85

Instrumento	Alfa de Cronbach	Intervalo de Confianza (95%)	Alfa si se elimina el ítem mínimo	Alfa si se elimina el ítem máximo
Ortografía Fonética	0.66	0.62 - 0.69	0.58	0.65
Ortografía Visual	0.76	0.73 - 0.78	0.72	0.76
Autopercepción del Aprendizaje	0.90	0.87 - 0.93	0.88	0.90

La *tabla* presenta los resultados del análisis de consistencia interna para diversos instrumentos de medición, evaluados mediante el coeficiente alfa de Cronbach. El alfa de Cronbach para cada instrumento refleja la fiabilidad de este, indicando la consistencia interna de los ítems que lo componen. Los valores varían entre 0.66 (Ortografía Fonética) y 0.90 (Autopercepción del Aprendizaje), lo que sugiere una consistencia interna desde moderada hasta alta.

El intervalo de confianza al 95% indica el rango dentro del cual se espera que se ubique el valor real del alfa de Cronbach en la población, proporcionando una medida de precisión. En todos los casos, el intervalo es estrecho, lo que refuerza la estabilidad de las estimaciones.

Asimismo, se presenta el alfa si se elimina el ítem mínimo o máximo, mostrando el efecto que tendría la eliminación de los ítems con menor o mayor influencia en la consistencia interna. En efecto, la eliminación de cualquier ítem no mejora significativamente el alfa, lo que indica que todos los ítems contribuyen adecuadamente a la fiabilidad de los instrumentos.

En lo que respecta al estudio de fiabilidad de las variables Atención (A), Tasa de Aprendizaje (TA) y Velocidad Lectora (VL), la naturaleza de estas variables no exige cálculos de consistencia interna, ya que su lógica de medición se fundamenta en ecuaciones matemáticas de análisis directo. Por lo tanto, se consideran como ítems únicos.

Estudio de validez del Test Cognitivo General (TCG)

El análisis factorial (AF) fue implementado para validar la estructura subyacente del Test Cognitivo General (TCG), con el objetivo de confirmar la existencia de una dimensión latente que explique las relaciones entre sus ítems.

Previamente al análisis factorial, se evaluó la adecuación de los datos mediante el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El KMO obtuvo un valor global de 0.65, indicando una relación moderada entre las variables, aunque por debajo del rango ideal de 0.7 a 1 para un análisis factorial óptimo.

La prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un estadístico chi-cuadrado de 353.37 con 3 grados de libertad, alcanzando un nivel de significancia menor a 0.001. Esto permitió rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación entre las variables, confirmando que los datos son aptos para el análisis factorial.

En este caso, con un KMO cercano a 0.65 y una prueba de Bartlett adecuada para el análisis factorial exploratorio (AFE), se puede afirmar que las tres variables están fuertemente relacionadas. Además, al calcular el efecto de la ausencia de una de ellas (correlación parcial), se observa que el resto de las variables mantiene una relación fuerte entre sí. Esto puede justificarse mediante los modelos cognitivos, que destacan cómo cada función cognitiva influye en las demás,

relacionándose de forma conjunta o en subconjuntos dentro de las operaciones mentales. Este fenómeno refuerza la pertinencia del análisis factorial, al evidenciar que las variables del TCG están interconectadas y comparten un componente común que las vincula conceptualmente.

Con base en estos resultados, se concluye que el conjunto de datos satisface los requisitos mínimos para el análisis factorial, respaldando la viabilidad de identificar una dimensión latente que sustente la estructura del TCG.

Prueba	Valor	Interpretación
KMO (Global)	0.65	Marginalmente aceptable, indica relaciones moderadas entre las variables.
KMO por variable	A: 0.63, MI: 0.64, BPL: 0.68	Cada variable muestra una contribución moderada al modelo factorial.
Prueba de Bartlett	$X^2 = 353.37$, $p < 0.001$	Rechaza la hipótesis nula, justificando la aplicación del análisis factorial.

El AFE realizado con un enfoque de máxima verosimilitud y rotación Varimax permitió identificar un único factor subyacente que explica la varianza de los ítems analizados. Los resultados de las pruebas iniciales de adecuación fueron los siguientes:

Ítem	Carga factorial (ML1)	Varianza explicada (h^2)	Varianza no explicada (u^2)
A	0.67	0.46	0.54
MI	0.63	0.40	0.60
BPL	0.55	0.30	0.70

Las cargas factoriales, que oscilan entre 0.55 y 0.67, son moderadas y respaldan la contribución de cada ítem al factor latente. Sin embargo, parte de la varianza no está explicada por este factor único, lo que podría indicar la influencia de otras dimensiones no consideradas en el modelo.

Además, se realizó un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para validar la estructura de un factor latente denominado "Cognitivo". Los índices de bondad de ajuste obtenidos son los siguientes:

Índice	valor	Criterios aceptados	Interpretación
CFI	1	> 0.95 = Excelente ajuste	El modelo ajusta perfectamente los datos.

Índice	valor	Criterios aceptados	Interpretación
TLI	1	> 0.95 = Excelente ajuste	Confirma la simplicidad y ajuste del modelo.
RMSEA	0	< 0.05 = Excelente ajuste	No hay discrepancia entre el modelo y los datos.
SRMR	0	< 0.08 = Buen ajuste	Los residuos entre las correlaciones predichas y observadas son mínimos.

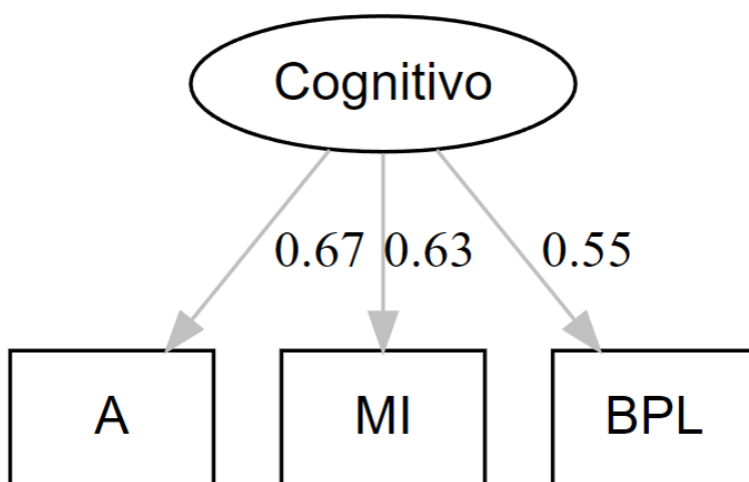
Aunque los índices de ajuste sugieren un ajuste perfecto en este caso, es importante considerar que el valor de 1 en índices como el CFI y TLI, junto con un RMSEA de 0, podría ser indicativo de un modelo que ajusta bien, pero en algunos contextos puede también reflejar que el modelo es demasiado simple o que los datos son demasiado adecuados para el modelo.

Los resultados muestran que las cargas factoriales de los ítems son estadísticamente significativas:

Ítem	Carga factorial estandarizada
A	0.675
MI	0.631
BPL	0.548

Las cargas factoriales confirman que la variable A es la que más contribuye al factor cognitivo (0.675), mientras que BPL tiene la menor carga (0.548). Sin embargo, los valores indican una estructura unidimensional consistente con el AFE.

A continuación, se presenta el modelo del factor cognitivo evaluado a través del TCG, considerando sus cargas factoriales calculadas en el AFC:



Modelo factorial de San Martín.

Estudio de validez del Test de Aprendizajes Formales (TAF)

El análisis factorial fue implementado para validar la estructura subyacente del TAF, con el objetivo de confirmar la existencia de una dimensión latente que explique las relaciones entre sus ítems.

Previamente al análisis factorial, se evaluó la adecuación de los datos mediante el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett.

El KMO obtuvo un valor global de 0.83, indicando una relación adecuada entre las variables para el análisis factorial.

La prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un estadístico chi-cuadrado de 1487.54 con 15 grados de libertad, alcanzando un nivel de significancia menor a 0.001. Esto permitió rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación entre las variables, confirmando que los datos son aptos para el análisis factorial.

Con base en estos resultados, se concluye que el conjunto de datos satisface los requisitos mínimos para el análisis factorial, respaldando la viabilidad de identificar una dimensión latente que sustente la estructura del TAF.

Prueba	Valor	Interpretación
KMO (Global)	0.83	Adecuado, indica relaciones fuertes entre las variables.
KMO por variable	BAM: 0.84, BALE: 0.85, CL: 0.79, OV: 0.84, OF: 0.85, VL: 0.84	Cada variable muestra una contribución adecuada al modelo factorial.
Prueba de Bartlett	$X^2 = 1487.54$, $p < 0.001$	Rechaza la hipótesis nula, justificando la aplicación del análisis factorial.

El AFE, realizado con un enfoque de máxima verosimilitud y rotación Varimax, permitió identificar un único factor subyacente que explica la varianza de los ítems analizados.

Ítem	Carga factorial (ML1)	Varianza explicada (h^2)	Varianza no explicada (u^2)
BAM	0.70	0.49	0.51
BALE	0.53	0.28	0.72
CL	0.83	0.69	0.31
OV	0.78	0.61	0.39
OF	0.73	0.53	0.47
VL		0.08	0.92

Las cargas factoriales respaldan la contribución de la mayoría de los ítems al factor latente, excepto para VL, cuya carga es 0. Esto podría justificar la exclusión de este ítem en futuras iteraciones del modelo.

Se realizó un AFC para validar la estructura del factor latente denominado "Habilidades". Los índices de bondad de ajuste obtenidos son los siguientes:

Índice	Valor	Criterios aceptados	Interpretación
CFI	0.948	> 0.95 = Excelente ajuste	Ajuste adecuado del modelo.

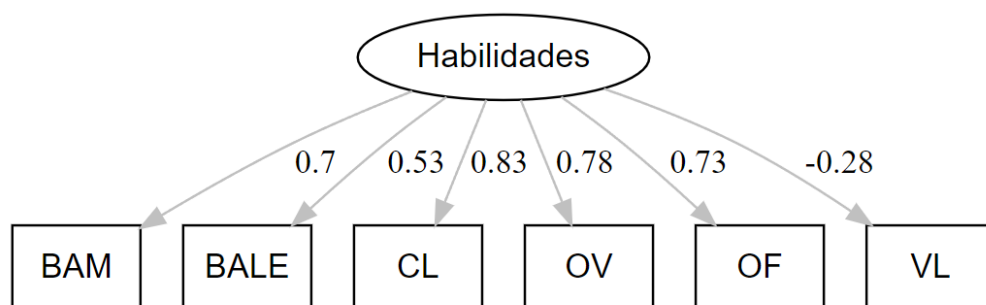
Índice	Valor	Criterios aceptados	Interpretación
TLI	0.913	> 0.95 = Excelente ajuste	Confirma la simplicidad y ajuste del modelo.
RMSEA	0.109	< 0.05 = Excelente ajuste	Ajuste moderado; discrepan ligeramente las predicciones del modelo con los datos.
SRMR	0.046	< 0.08 = Buen ajuste	Residuos mínimos entre las correlaciones predichas y observadas.

Los resultados muestran que las cargas factoriales de los ítems son estadísticamente significativas:

Ítem	Carga factorial estandarizada
BAM	0.704
BALE	0.533
CL	0.831
OV	0.780
OF	0.725
VL	-0.282

Las cargas factoriales confirman que el ítem CL es el que más contribuye al factor cognitivo (0.831), mientras que VL presenta un coeficiente negativo, sugiriendo su posible irrelevancia en la estructura latente. A pesar de ello, los resultados generales son consistentes con la estructura unidimensional identificada en el AFE.

A continuación, se presenta el modelo del factor habilidades académicas evaluado a través del TAF, considerando sus cargas factoriales calculadas en el AFC:



Modelo factorial de San Martín.

*Estudio de validez de la Escala de Autopercepción del
Aprendizaje (EAA)*

Para determinar la viabilidad del análisis factorial, se calculó el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y se realizó la prueba de esfericidad de Bartlett.

Prueba	Valor	Interpretación
KMO (Global)	0.80	Indica correlaciones suficientemente fuertes.
KMO por variable	Motivacional: 0.88, Afectividad: 0.83, Instruccional: 0.78, Cognitiva: 0.77	Cada ítem contribuye adecuadamente al modelo factorial.
Prueba de Bartlett	$X^2 = 172.51, p < 0.001$	Rechaza la hipótesis nula, justificando la aplicación del análisis factorial.

Se realizó un AFE con método de máxima verosimilitud y rotación Varimax. Los resultados indicaron la presencia de un único factor subyacente que explica el 59% de la varianza.

Ítem	Carga factorial (ML1)	Varianza explicada (h^2)	Varianza no explicada (u^2)
Motivacional	0.61	0.37	0.63
Afectividad	0.76	0.58	0.42
Instruccional	0.82	0.67	0.33

Ítem	Carga factorial (ML1)	Varianza explicada (h^2)	Varianza no explicada (u^2)
Cognitiva	0.85	0.73	0.27

Las cargas factoriales, que oscilan entre 0.61 y 0.85, muestran que los ítems están relacionados con el factor latente identificado.

Se implementó un modelo de AFC con un factor latente denominado "Autopercepción del Aprendizaje", el cual se ajustó a los datos obtenidos de la EAA.

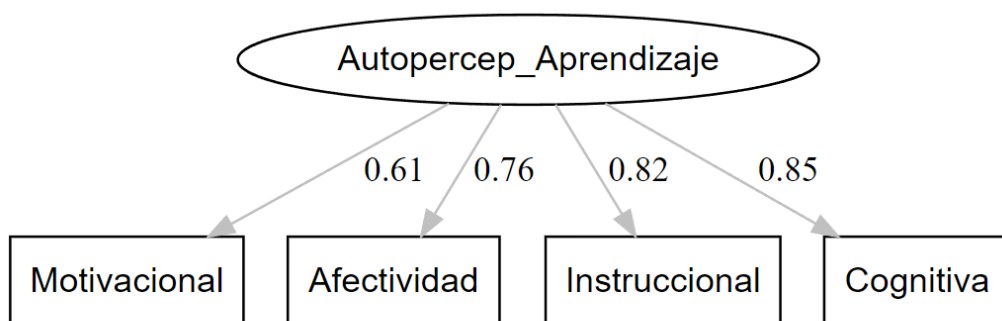
Índice	Valor	Criterios aceptados	Interpretación
CFI	1.000	> 0.95 = Excelente ajuste	El modelo ajusta perfectamente los datos.
TLI	1.024	> 0.95 = Excelente ajuste	Confirma la simplicidad y ajuste del modelo.
RMSEA	0.000	< 0.05 = Excelente ajuste	No hay discrepancia entre el modelo y los datos.
SRMR	0.011	< 0.08 = Buen ajuste	Los residuos entre las correlaciones predichas y observadas son mínimos.

Las cargas factoriales estandarizadas se presentan a continuación:

Ítem	Carga factorial estandarizada
Motivacional	0.607
Afectividad	0.759
Instruccional	0.821
Cognitiva	0.855

Los resultados del AFE y AFC respaldan la estructura unidimensional de la EAA. Los indicadores de ajuste del modelo confirman que el factor "Autopercepción" explica de manera adecuada las relaciones entre los ítems.

A continuación, se presenta el modelo del factor Autopercepción del Aprendizaje evaluado a través de la EAA, considerando sus cargas factoriales calculadas en el AFC:



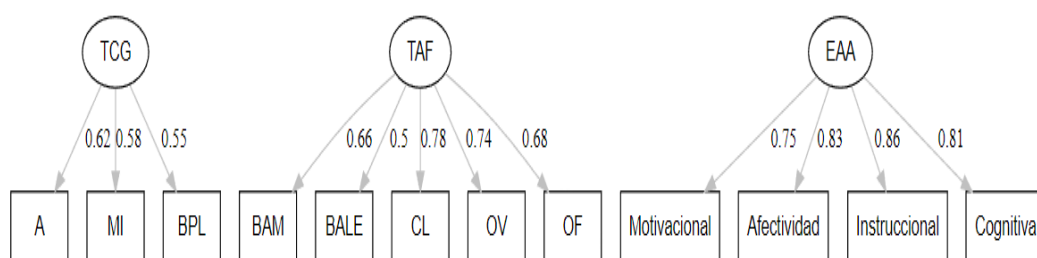
Modelo factorial de Carrasco.

Análisis Factorial para la validez de la estructura tridimensional del TBA

Se realizó un AFE y AFC para evaluar la estructura dimensional de un conjunto de datos con 5321 observaciones. El índice KMO global fue de 0.81, indicando una buena adecuación de la muestra. Los valores individuales de adecuación muestral (MSA) oscilaron entre 0.63 y 0.88, lo que confirmó que los ítems son apropiados para el análisis factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa ($X^2 = 21444.503$, $p < 0.001$), indicando correlaciones suficientes entre los ítems.

En el AFE, se extrajeron tres factores mediante máxima verosimilitud y rotación Varimax. Las cargas factoriales estándar estuvieron en el rango de 0.50 a 0.86, lo que evidencia relaciones estables entre los ítems y los factores subyacentes. El índice SRMR fue de 0.01, sugiriendo un ajuste excelente.

El AFC confirmó la estructura tridimensional propuesta, utilizando el modelo de ecuaciones estructurales. Los índices de ajuste globales fueron excelentes: RMSEA = 0.028 (IC 90%: 0.025-0.032) y CFI = 0.990, indicando un ajuste cercano al modelo ideal. Estos resultados son consistentes con una estructura factorial clara y estable.



Modelo multifactorial de San Martín.

Análisis de consistencia a través del Test Retest

La comparación entre los puntajes obtenidos en la primera aplicación del test (Test) y en la segunda aplicación (Retest) se presenta a continuación:

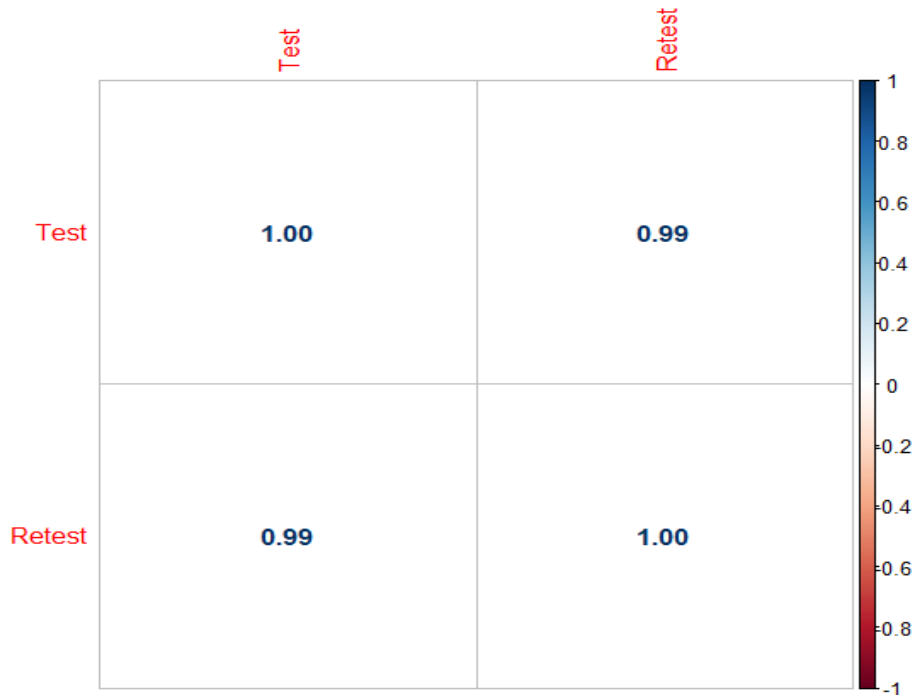
Estadístico	Test	Retest
Mínimo	-0.02566	-0.08
Primer cuartil	6.00000	6.00
Mediana	10.00000	10.50
Media	22.20522	22.80
Tercer cuartil	22.00000	21.00
Máximo	166.00000	152.00
Correlación (Pearson)	1.0000000	0.9920843
t-valor	51.201	-
Grados de libertad (df)	42	-
p-valor	< 2.2e-16	-
Intervalo de confianza 95%	[0.9854484, 0.9957006]	-
Correlación estimada	0.9920843	-

El análisis Test-Retest del TBA muestra una alta fiabilidad temporal en los resultados obtenidos. Los estadísticos descriptivos indican que, aunque existen algunas variaciones extremas en los puntajes (máximos de 166 y 152 para Test y

Retest, respectivamente), la media y la mediana son consistentes entre ambas aplicaciones, sugiriendo una distribución relativamente estable de los datos.

La correlación de Pearson entre las dos aplicaciones es de 0.992, lo que refleja una correlación extremadamente alta, lo que denota una fuerte consistencia entre los puntajes. Esta relación fue confirmada mediante un p-valor menor a $2.2e-16$, lo que indica que los resultados no son producto del azar. Además, el intervalo de confianza del 95% para la correlación (0.985 a 0.996) refuerza la confiabilidad del test a lo largo del tiempo, incluso con un intervalo de 2 semanas entre las aplicaciones.

El TBA demuestra ser un instrumento fiable para medir habilidades de aprendizaje, con un alto grado de estabilidad en los puntajes en un período corto de tiempo.



El gráfico refleja una relación fuerte de tipo directa, lo cual indica que los resultados del Retest crecen o disminuyen en función del crecimiento del Test.

Además, se ajustó un modelo de regresión lineal para predecir Retest en función de Test. Los residuos del modelo oscilan entre -9.90 y 15.57, con un error estándar residual de 4.47.

El modelo presentó un intercepto de 1.79 ($p = 0.0287$) y un coeficiente para Test de 0.95 ($p < 0.001$), indicando una relación significativa entre las variables. El R cuadrado fue de 0.984, lo que sugiere que el modelo explica el 98.4% de la variabilidad de Retest. La prueba F también resultó significativa ($F = 2621$, $p < 0.001$), confirmando la idoneidad del modelo.

¿Qué le permite al ser humano aprender sobre leyes del movimiento, símbolos matemáticos, música, idiomas, emociones y una serie de objetos abstractos que, al parecer, otras especies no logran constituir en sus esquemas mentales?

Agradecimientos

Esta obra, para mí, fue una aventura en la que me sentí bastante cómodo al compartir lo poco que sé y entiendo sobre el gigante mundo de las ciencias cognitivas. Además, pude hacer converger dos caminos que siempre he tratado con distancia. El primero es el teórico, en el que siempre me he sentido cómodo, sobre todo en la búsqueda de coherencias y absurdos, donde intento llevar mi imaginación a los límites propios de mi intelección. El segundo está relacionado con el mundo práctico, el de la técnica, donde, por múltiples razones, quise explorar y, como resultado, inventé el Test Básico de Aprendizaje.

Quiero decir con toda honestidad, en proporciones, que bajo ningún concepto podría haber hecho todo esto solo; pensarlo así sería solo una ilusión. Yo debo mi trabajo a todos los autores que han construido las bases desde donde inicio. Esos autores pueden ser lejanos y no tener idea de mi existencia, o pueden ser cercanos y acompañarme cada día, en cada idea y locura que de pronto aparece. En este sentido, le agradezco a Javiera Carrasco, una amiga y colega, quien me mostró este mundo de la investigación en ciencias del aprendizaje cuando yo tan solo tenía 25 o 26 años, con ganas de modelar y demostrar lo que podía hacer. Ella lo vio, y bajo el mundo de las probabilidades condicionales, diría que, dadas ciertas condiciones, se tornó un camino para que ahora esté escribiendo esto.

También quiero agradecer a Rodrigo Espinoza, amigo y colega a quien admiro mucho, y quien de alguna manera me ha acompañado en todo mi devenir académico, con ideas, confianza y, desde luego, también fue, junto a Javiera, quien me mostró este mundo de la investigación.

No quiero dejar de agradecer a Evelyn Martínez, amiga, colega y gran compañera laboral, con quien llevo poco tiempo trabajando, pero cuya intensidad hace que parezca que ya fueran años. Evelyn ha sido muy importante para mí, no sé cómo explicarlo, pero la confianza depositada en el Test Básico

de Aprendizaje, el trabajo que ha realizado para que este ocupe espacios, ha sido fundamental y efectivo.

Y bueno, quiero agradecer a mi núcleo familiar, a mi hijo Benjamín, por acompañarme en cada aventura, en cada idea. A sus 11 años, me ha inspirado y mostrado la complejidad de la inteligencia humana sin darse cuenta. Con él, ratifico que la ciencia está más cerca de lo que pensamos.

También le quiero agradecer a Belén, mi gran compañera de vida, quien entiende el amor de una manera extraña, tal vez de la misma manera en que yo lo entiendo. Pero en efecto, me ha acompañado absolutamente en cada idea, en cada intervalo de tiempo donde divago y pareciera que mi mundo es otro. Sin embargo, ella entiende que mi mundo es donde está ella y Benjamín.

Y, por último, quiero nombrar a mi abuela Delia Ávila, alias Lela. Ella falleció en el año 2024, hace poco tiempo, y la recuerdo cada día. Ella estaba muy orgullosa de mi trabajo, seguía todo lo que hacía y se emocionaba al verme en algún congreso o presentación. Nunca dijo bien mi profesión de psicopedagogo, pero cuando comencé a impartir clases en educación superior, se le hizo fácil decirle a todo el mundo que yo era profesor. Ella sobrestimaba mi inteligencia, me amó mucho y yo la amaré por siempre.

Para terminar, quiero honrar a mi gatito Simón, quien falleció en el año 2023. Él estuvo cuando comencé con los estudios del Test Básico de Aprendizaje, siempre cerca de mí, con su respectiva complejidad de gato. Cuando falleció, algo cambió en mí que me hizo trabajar con más intensidad, quizás como un mecanismo de defensa. Lo recuerdo cada día. Gracias.

La medición cognitiva implica básicamente una reducción científica, en la que el sujeto (S) no es estudiado directamente, sino a través de sus variables (V). Aunque estas variables están relacionadas con S, la medición se circunscribe a atributos específicos, reduciendo la complejidad mediante constructos definidos. Para ello, se desarrolla un modelo de medición (M).

V solo puede ser estimada mediante M. Sin embargo, toda medición conlleva un margen de error (e), por lo tanto, con M se obtiene $V + e$.

Los factores del entorno (F) influyen en $V + e$, lo que implica que cualquier cambio en F puede modificar la medición. A su vez, $V + e$ también puede generar cambios en F, estableciendo una relación bidireccional entre ambos.

Entonces:

Premisa 1: Para cada S, existe al menos una V.

Premisa 2: V solo puede estimarse a través de M, lo que genera $V + e$ debido al error inherente a la medición.

Premisa 3: F afecta a $V + e$, y $V + e$, a su vez, modifica F.

Premisa 4: M opera dentro de T para procesar $V + e$ y obtener X, donde T contiene los parámetros para interpretar los valores de X.

Conclusión: No existe una medición cognitiva exacta, y toda medición requiere un test, ya que es dentro de este donde el modelo de medición opera para estimar la variable con su margen de error. Además, la interacción entre $V + e$ y F implica que la medición no es un proceso aislado, sino parte de un sistema dinámico donde las condiciones del entorno y la variable medida se influyen mutuamente.

ISBN: 978-956-420-477-2



9 789564 204772