

Memoria de trabajo y atención pueden ser usados como un nuevo test de screening de inteligencia

Rodrigo Riveros, Angélica Sepúlveda, Pablo Figueroa y Ricardo Rosas

Centro de Desarrollo de Tecnologías de Inclusión (CEDETi UC), Escuela de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Chile

Resumen

Los test de screening intelectual han demostrado ser una buena alternativa a las formas clásicas de medición de inteligencia, permitiendo un uso eficiente de los recursos de evaluación al estar constituidos por pruebas breves y de aplicación grupal. En el campo de la inteligencia, diversas investigaciones sugieren que combinando tareas de razonamiento lógico-abstracto, con tareas de control atencional se puede obtener una acertada estimación del factor g. No obstante, estos hallazgos científicos no se han transferidos al desarrollo de nuevos instrumentos de tamizaje intelectual. En este estudio se propone el uso combinado de dos test que evalúan memoria de trabajo y atención, los test FIX y OI, respectivamente, como nuevo test de screening intelectual. Se reclutó una muestra de 375 adultos sanos (179 hombres y 196 mujeres), desde los 16 años y los 90 años, 11 meses, a los que se les aplicaron el test atencional OI, el test de memoria de trabajo y razonamiento FIX, en conjunto con el gold estándar para la evaluación intelectual, el WAIS-IV. La muestra fue estratificada por sexo, nivel educacional y edad. Los resultados muestran que ambas pruebas usadas conjuntamente permiten explicar el 72,3% de la varianza del WAIS-IV ($r = 0.85$, $p < 0.001$). Además presentan una alta potencia discriminativa ($AUC = 92\%$, $p < 0.001$), sensibilidad ($SE = 85\%$, $p < 0.001$) y especificidad ($SP = 83\%$, $p < 0.001$) para la detección de personas con dificultades intelectuales (puntaje CI < 70), y potenciales candidatos al diagnóstico de Discapacidad Intelectual. Los resultados de este estudio apoyan evidencia que señala que memoria de trabajo y atención son predictores de la inteligencia, y extienden estos hallazgos traduciéndolos en tecnologías de evaluación específicos, presentados las pruebas FIX-OI como una alternativa válida y confiable para la evaluación intelectual breve de adultos.

Palabras Clave: Inteligencia Fluida, Atención, Memoria de Trabajo, CI, Screening.

1. Introducción

1.1. Inteligencia Fluida, Memoria de Trabajo y Atención: una labor conjunta.

La inteligencia fluida o g(F), se refiere a la capacidad para resolver problemas novedosos que usualmente dependen muy poco del conocimiento adquirido y de la capacidad de aprender de las personas (Nisbett et. al., 2012). Un componente importante de la inteligencia fluida es la capacidad de razonamiento relacional, es decir, la habilidad para comparar, relacionar y combinar múltiples representaciones mentales, lo cual está directamente relacionado a la capacidad de pensamiento lógico y resolución de problemas nuevos (Crone et al., 2009; Mackey, Whitaker y Bunge, 2012). Este tipo de razonamiento procesa la información acerca de la relación entre objetos con el fin de generar nueva información que no está explícitamente disponible (Ruff, Knauff, Fangmeier y Spreer, 2003).

El concepto de inteligencia fluida proviene del campo de las diferencias individuales. Mientras que conceptos relacionados a la inteligencia fluida, como razonamiento relacional, memoria de trabajo y funciones ejecutivas, provienen de las neurociencias cognitivas. Si bien en los últimos años se ha visto una convergencia de ambas tradiciones en el estudio del substrato neural de la inteligencia fluida y el razonamiento, la relación entre estos conceptos no ha sido explicitada. En términos generales, las funciones ejecutivas es un concepto que abarca la memoria de trabajo, el que a su vez, ha sido considerado un concepto más amplio que la inteligencia fluida y el razonamiento relacional.

La contribución de la inteligencia fluida en las funciones ejecutivas, colectivo de procesos que organizan y controlan de forma consciente nuestros pensamientos, acciones y respuestas emocionales, ha captado la atención de investigadores (Happaney, Zelazo y Stuss, 2004; Roca et. al., 2012). El razonamiento fluido ha sido identificado como el mejor predictor de los cambios en las habilidades cristalizadas (Wright, Matlen, Baym, Ferrer y Bunge, 2008), así como del rendimiento escolar y del desempeño en ocupaciones cognitivamente demandantes (Mackey, Hill, Stone y Bunge, 2011; Gray y Thompson, 2004). La capacidad de razonamiento abstracto y de resolución de problemas son aspectos de las funciones ejecutivas que se asocian más fuertemente con la inteligencia fluida (Happaney, 2004), reforzando la relación entre estos dos constructos.

Mackey et. al. (2011) postula que la atención o control cognitivo, función que regula la cantidad y calidad de la información disponible para el éxito de los procesos cognitivos de alto orden, junto con la memoria de trabajo, son algunas de las capacidades que sustentan operaciones de razonamiento (Sparrow y Davis, 2000; Romberg, Bussey y Saksida, 2013; Mackey et. al., 2011).

La memoria de trabajo, a su vez, corresponde a un sistema de procesamiento activo que almacena y manipula simultáneamente información relevante para la realización de tareas complejas, usualmente frente a información que distrae y compite, o la necesidad de inhibir respuestas incorrectas (Baddeley, 2003; Shweitzer y Moosbrugger, 2004; Engle, Tuholski, Laughlin y Conway, 1999). Esto implica una estrecha relación entre memoria de trabajo y función ejecutiva en el procesamiento de la información, tarea básica para el desempeño en las pruebas de Inteligencia. Un estudio realizado por Schweitzer y Moosbrugger (2004) muestra que mientras la memoria de trabajo permite resolver problemas complejos mediante operaciones cognitivas de alto

nivel, la capacidad de atención permite almacenar por largos periodos de tiempo información relevante para operaciones futuras. A partir de esta evidencia, los autores concluyen que memoria de trabajo y atención son centrales para un desempeño óptimo en pruebas de inteligencia. Incluso, enfatizan que ambas habilidades se constituyen como predictores de la inteligencia.

Engle et. al. (1999, citado en Colom, Rebollo, Palacios, Juan-Espinosa y Kyllonen, 2004) postulan que la memoria de trabajo junto a la inteligencia fluida permiten mantener activa una representación, particularmente frente a elementos interferentes o distractores, requiriendo del control atencional. La resolución de tareas de razonamiento fluido requieren de la operación de procesos de memoria de trabajo, que es un término más amplio y que engloba al primero (Ruff et. al., 2003). Apoyando esta noción, diversos estudios han mostrado que el entrenamiento en tareas que involucran memoria de trabajo mejora el rendimiento en tareas de inteligencia fluida, explicando así en gran medida su varianza, teniendo, por otra parte, un efecto caso nulo en habilidades cristalizadas (Engle et. al., 1999; Nisbett et. al., 2012).

La evidencia sobre el grado de asociación entre los procesos mencionados ha llevado a los investigadores a hipotetizar un sistema neural común a las tareas de razonamiento (Engle et. al., 1999; Roca et. al., 2010; Ruff et. al., 2003). Estudios de neuroimagen funcional en sujetos sanos y grupos clínicos han destacado la importancia del lóbulo frontal, en particular de regiones frontales laterales y dorsomediales en la tareas de inteligencia fluida, que requieren la integración de relaciones abstractas, aspecto útil en la resolución de problemas de razonamiento (Roca et. al., 2012; Gray y Thompson, 2004). Esta habilidad se observa notoriamente afectada en pacientes que presentan lesiones en esta zona del cerebro. De la misma manera, otros estudios han confirmado que existe una asociación específica entre la actividad de la corteza prefrontal (CPF), en particular las regiones frontales dorso-laterales, y el desempeño en tareas que involucran habilidades de razonamiento fluido, función ejecutiva y memoria de trabajo (Crone et al., 2009; Happeney, 2004; Gray, Chabris y Braver, 2003). Las tareas de inteligencia fluida producen intensa actividad en la CPF (Woolgar et. al., 2010) en particular alrededor del surco frontal inferior y opérculo ínsulo/frontal anterior, en el área motora dorsal anterior cingulada/pre-suplementaria, y a lo largo del surco intraparietal (Roca et. al., 2010, Woolgar et. al., 2010). La CPF desempeña un rol clave en funciones cognitivas superiores y en el logro de conductas efectivas, como la resolución de tareas de razonamiento visoespacial, que requiere la manipulación de información novedosa o no semántica. (Nisbett et. al., 2012; Roca et. al., 2010).

1.2. Screening de Inteligencia: una necesidad actual.

La inteligencia, desde un punto de vista psicométrico, está constituida por múltiples procesos, que combinados permiten la realización de tareas cognitivas complejas. Los test de inteligencia miden estas distintas habilidades cognitivas que se encuentran relacionadas entre sí (Colom et. al., 2004). Es así como los resultados de estas evaluaciones convergen en un componente común denominado factor g (Sparrow y Davis, 2000), que no hace referencia a un conocimiento, habilidad o estrategia en específico, sino que da cuenta de las diferencia individuales en el procesamiento de la información, es decir, de la capacidad y eficiencia de los procesos mentales mediante los cuales el conocimiento y las habilidades son adquiridas y utilizadas (Jensen, 1998).

La medición de la inteligencia tiene valor utilitario, dado que es un buen predictor del desempeño

Memoria de trabajo y atención pueden ser usados como test de screening de inteligencia.
Riveros, Sepúlveda, Figueroa y Rosas.

escolar y laboral (Nisbett et. al., 2012). Las pruebas de Coeficiente Intelectual (CI) ayudan a rastrear los cambios en la inteligencia de distintos grupos y naciones completas, así como medir el impacto de intervenciones. Metodológicamente, estas mediciones se apoyan en definiciones contemporáneas de inteligencia referidas al despliegue de habilidades de razonamiento lógico-abstracto, manejo de información, uso de una lengua y capacidad de resolver problemas novedosos (Sparrow y Davis, 2000; Baldo, Bunge, Wilson y Dronkers, 2010).

La Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos o WAIS-IV es el instrumento de evaluación cognitiva más ampliamente utilizado (Sparrow y Davis, 2000). Dentro de las ventajas entregadas por esta prueba están su alineamiento con definiciones contemporáneas de cognición, el empleo de normas sofisticadas en cuanto a su estratificación por sexo, edad y nivel educativo, así como el amplio rango de habilidades que evalúa (Wechsler, 2008). Sin embargo, el uso de este tipo de baterías ha traído asociadas algunas desventajas, tales como el gran consumo de tiempo para su aplicación, de base exclusivamente individual, la necesidad de tener a un evaluador entrenado, el manejo teórico que requiere una correcta interpretación de resultados y el alto costo económico que todo ello involucra (Sparrow y Davis, 2000). Por esto, se ha planteado la necesidad de desarrollar herramientas de evaluación intelectual que sean de breve aplicación, fácil corrección e interpretación y que cuyo diseño esté impulsado por un modelo teórico vigente (Ismail, Rajji y Shulman, 2010).

El uso de test de screening está ampliamente popularizado pues permite optimizar los procesos de medición al hacer evaluaciones grupales, así como mejora la capacidad de diagnóstico y tratamiento del equipo de salud, al permitir rápidamente seleccionar a los sujetos con posible déficit cognitivo y descartar sujetos sanos, o sin la patología de interés, por medio de exámenes sencillos y manejables de alta sensibilidad (Sparrow y Davis, 2000; Ismail et. al., 2010). Dentro de los test usados como screening de inteligencia, se puede mencionar el SPM de Raven, KBIT-2 de Kaufman, y el test de nominación Peabody (Cullen, O'Neill, Evans, Coen y Lawlor, 2012)

Los test de screening intelectual basados en el manejo de vocabulario han sido usados como una herramienta rápida para estimar las capacidades intelectuales, así como ha demostrado amplia utilidad en la estimación del CI premórbido en pacientes con patologías neurológicas, tal como demencia y otras condiciones de daño cerebral (Taylor, 1999; Bright, Jaldow y Kopelman, 2001). Sin embargo, una de sus limitaciones es la fuerte dependencia del nivel educativo del sujeto evaluado con este indicador. Algunas de estas pruebas presentan riesgo de falsos negativos en sujetos con alto nivel educativo y falsos positivos en personas de edad avanzada o con bajo nivel de escolarización (Ismail et. al., 2010).

Estos instrumentos, pese a que en algunos casos sólo incluyan ítems no verbales, tienen un alta influencia del nivel educacional y baja estabilidad entre culturas, desafiando la idea de test "insensibles a la cultura" (Roselli y Ardila, 2003). Esto ha llevado a plantear la necesidad de desarrollar test de screening intelectual que cuenten con las características de un test de tamizaje y que respondan a las características idiosincráticas de los sujetos a los que va a ser aplicados. Ismail et. al. (2010), destaca que la importancia de considerar la influencia de factores étnicos, culturales, idiomáticos, geográficos u otros de una prueba, reside en la validez de sus resultados. Roselli y Ardila (2003) postulan que la influencia de aspectos culturales que se produce en los test neuropsicológicos no-verbales puede ser corregido utilizando los métodos estadístico apropiados.

En estos términos, la estandarización de instrumentos y la determinación de puntos de corte de acuerdo a realidades locales, es indispensable para obtener resultados válidos y precisos, para mejorar su rendimiento y para permitir su comparabilidad (Ismail et. al., 2010). Pocas pruebas de screening han sido validadas en la población en la cual pretenden ser utilizadas, muchas son poco exactas en niveles intermedios de dificultad, y presentan usualmente un sesgo demográfico en la distribución de los puntajes (Cullen et al., 2012).

Desarrollos recientes en el campo de la construcción de pruebas, pretenden generar nuevos test que incluyan más resolución de problemas novedosos, como un esfuerzo en enfocarse en el potencial de aprendizaje futuro y dominios no siempre abarcado en las baterías tradicionales (Sparrow y Davis, 2000). El desarrollo de estos test está basado en estudios que rescatan el valor predictivo de indicadores cognitivos específicos en relación al CI y se han sustentado en el razonamiento lógico-abstracto para su desarrollo (Schweitzer y Moosbrugger, 2004; Baldo et al., 2010).

Existe un uso creciente de pruebas de screening intelectual que miden el rendimiento en tareas de razonamiento fluido, como memoria de trabajo, función ejecutiva y razonamiento relacional por ser considerados, por separado, buenos predictores de la inteligencia (Nisbett et. al., 2012; Crone et al., 2009; Schweitzer y Moosbrugger, 2004). A pesar que estudios en estas herramientas de screening reconocen el valor del control atencional en el rendimiento, ninguna de estas herramientas de screening incluye la evaluación atencional como un indicador útil en la estimación de capacidades intelectuales generales. Es posible hipotetizar que combinando los resultados de tareas de razonamiento lógico abstracto, con tareas de control atencional se puede obtener una rápida y acertada estimación de las capacidades intelectuales generales (Roca et. al., 2010).

Pese a estos hallazgos convergentes desde la neurociencia y la psicometría, no se han transferido este conocimiento científico al desarrollo de nuevas formas de evaluación e instrumentos que hagan una medición breve que permita una estimación de las capacidades intelectuales generales y que cumpla con los requerimientos de un test de screening. El propósito de este estudio es proponer el uso combinado del test FIX y el test Oi, que evalúan razonamiento y capacidades atencionales respectivamente, como una herramienta de screening de habilidades intelectuales (indicador FIX-Oi). Para examinar las propiedades psicométricas de este indicador combinado, se aplicó de manera concurrente con el gold standard para la evaluación intelectual, el test WAIS-IV. Adicionalmente, se crearon baremos normativos de este test desde los 16 hasta los 90 años, 11 meses.

2. Método

2.1. Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos y conversión a puntajes percentiles fueron llevados a cabo usando Statistical Package for Social Science (versión 20). Los análisis de regresión polinómica, distribución teórica, estandarización y construcción de tablas se hizo usando Matlab R2008a (versión 7.6.0).

2.2. Instrumentos

TEST OI. Evalúa la capacidad de seleccionar visualmente características de un estímulo, así como la capacidad de filtrar distractores de saliencia similar. El sujeto debe identificar cada vez que se le presente el estímulo objetivo dentro de un grupo de distractores. Para esto, al evaluado se le presenta una Hoja de Estímulos que contiene un total de 441 figuras, de entre las cuales debe identificar 147 correctas. El test tiene un límite de tiempo de 5 minutos, por lo que requiere que el evaluado automatice la tarea de seleccionar características de un estímulo. El test entrega los siguientes puntajes: aciertos, omisiones, errores, total de estímulos y un puntaje global que incluye los puntajes anteriores.

TEST FIX. Está diseñado para la evaluación de la inteligencia fluida. El test está compuesto de 20 ítems, en los que el examinado debe inferir el elemento que falta en una matriz o en una serie de estímulos de acuerdo a un patrón, seleccionando la respuesta correcta entre 5 alternativas. Posee versiones paralelas, cuenta con un tiempo límite de 10 minutos para completar la prueba y entrega un puntaje total (Lange et. al., 2012).

INDICADOR FIX-Oi. Este puntaje resulta de la combinación de los puntajes estandarizados del test FIX y test Oi, los cuales se vuelven a re-estandarizar y expresados en puntajes percentil. Se creó versiones paralelas de este indicador.

WAIS-IV. Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos, cuarta versión, creada por Pearson Corporation y estandarizada para la población chilena (Rosas, et al., 2013). Este instrumento entrega información sobre habilidades cognitivas generales y de dominio específico y está dividido en 4 índices: Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo. La prueba consiste en 15 subpruebas (10 centrales y 5 suplementarias) que son aplicadas en un promedio de 90 minutos, y su modalidad es individual.

2.3. Participantes

Para la estandarización de FIX y OI para la población chilena, se aplicaron ambos instrumentos a 381 sujetos sanos (180, hombres y 201 mujeres) en el caso del OI, y 375 sujetos sanos (179 hombres y 196 mujeres) en el caso del FIX, entre 16 y 90 años - 11 meses, extraídas de la población general de la Región Metropolitana. Como variables de estratificación de la muestra se utilizó: sexo, nivel educacional y edad.

Para la agrupación por nivel educacional se crearon 3 niveles: Básico (al menos 8 años de escolaridad), Medio (al menos 12 años de escolaridad) y Superior (al menos 16 años de escolaridad). Para los sujetos entre 17 y 24 años, se utilizó como indicador del nivel educacional, el nivel educacional promedio de ambos padres. Para la edad, fueron agrupados en 6 rangos etarios. En la tabla 1 y 2 se presentan las características demográficas de la muestra.

*Memoria de trabajo y atención pueden ser usados como test de screening de inteligencia.
Riveros, Sepúlveda, Figueroa y Rosas.*

Tabla 1. Características de la muestra de estandarización FIX y FIX-OI.

Nivel Educativo	Grupo de Edad (años)						Total
	16-19	20-29	30-44	45-64	65-74	75-89	
Básico	21	20	29	21	21	23	135
Medio	21	21	21	25	20	20	128
Superior	21	21	19	20	17	14	112
Total	63	62	69	66	58	57	375

Tabla 2. Características de la muestra de estandarización OI.

Nivel Educativo	Grupo de Edad (años)						Total
	16-19	20-29	30-44	45-64	65-74	75-89	
Básico	22	20	30	20	20	23	135
Medio	21	21	21	25	20	22	130
Superior	21	21	19	22	18	15	116
Total	64	62	70	67	58	60	381

2.4. Procedimiento

Este estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado previo a su participación y contestaron un cuestionario para descartar patología psiquiátrica o neurológica, así como el consumo de sustancias que afecten el Sistema Nervioso Central.

Los sujetos sobre 60 años completaron además test de screening cognitivo, con el fin de descartar deterioro cognitivo objetivable. Como criterio de inclusión para los grupos de mayor edad se aplicó el Minimental State Examination (MMSE) (Folstein, Folstein y McHugh, 1975). El MMSE es considerado un test gold estándar para el tamizaje cognitivo y ha sido validado en la población chilena (Quiroga, Albala y Klaasen, 2004). De acuerdo a estudios previos realizados en nuestra población, se incluyeron en la muestra a adultos con un puntaje igual o mayor a 24 puntos.

Asimismo, se utilizó el test Frontal Assessment Battery (FAB), el cual permite hacer un tamizaje de funciones ejecutivas en adultos mayores. Como segundo criterio de inclusión, se requirió un puntaje igual o mayor a 12 en el FAB para el nivel educativo básico, 14 puntos para el nivel medio y 16 puntos para el nivel superior (Dubois, Slachevsky, Litvan y Pillon, 2005).

Se aplicó los test OI, FIX y la escala WAIS-IV de manera individual a los participantes finalmente incluidos en el estudio. El orden de presentación de los test fue contrabalanceda entre FIX y WAIS-IV.

3. Resultados

3.1. Evidencia de Confiabilidad

TEST OI. La confiabilidad fue obtenida a través del método de pruebas paralelas o equivalentes (split-half reliability). Los resultados muestran una alta y significativa correlación en el rendimiento en ambas mitades de la prueba, aportando evidencia de confiabilidad del test: aciertos (r de Pearson=0.81, $p<0.001$), errores (0.58, $p<0.001$), omisiones (0.77, $p<0.001$), total estímulos (0.91, $p<0.001$) y puntaje bruto (0.86, $p<0.001$).

TEST FIX. Para evaluar la confiabilidad del test, se calculó la consistencia interna de ambas versiones. El alfa de Cronbach para la versión A es 0.85 ($p<0.001$), mientras que para la versión B es 0.84 ($p<0.001$), brindando evidencia de la estabilidad de ambas versiones del test (Lange et al., 2012).

FIX-OI. Para obtener la confiabilidad del uso combinado de las pruebas, se calculó la consistencia interna promedio de FIX (0.84 y 0.85, $p<0.001$) y del puntaje global de OI (0.86, $p<0.001$) por separado, transformando r a z de Fisher, debido a que los test son estructuralmente distintos y poseen métodos independientes del cálculo de la consistencia interna. La consistencia interna promedio (0.86 y 0.85, $p<0.001$) da cuenta de una prueba confiable.

3.2. Evidencia de Validez Convergente

TEST OI. Se examinó la evidencia de validez del test en relación a otras variables (AERA, APA y NCME, 1999), midiendo el grado de asociación entre el puntaje OI obtenido por la muestra y los índices del WAIS-IV correspondientes al CI Total, CI Velocidad de Procesamiento y con los subtest que componen este factor. Los resultados (Tabla 3) indican que la prueba es un instrumento válido para la evaluación de capacidades atencionales.

TEST FIX. La validez de la prueba en relación a otras variables (AERA, APA y NCME, 1999) para ambas versiones se realizó con el test WAIS-IV. Para ello, se examinó el grado de asociación entre el puntaje FIX y subpruebas relevantes del WAIS-IV así como con los puntajes CI de la batería. Los resultados muestran evidencia de validez (Tabla 3). La asociación más alta corresponde a la obtenida entre el test FIX y el puntaje CI Total obtenido en la muestra completa (Coeficiente de correlación de Pearson = 0,79 y 0,82 para forma A y B, respectivamente, ambas $p<0,001$). Lo anterior apoya el uso de FIX como una herramienta breve para la estimación de CI; mientras que la alta correlación de este test con los indicadores de Razonamiento Perceptual y los subtest Construcción con Cubos y Matrices de Razonamientos sugieren que FIX es un test válido para la valoración del razonamiento abstracto. La explicación para la alta correlación con el indicador de Memoria de Trabajo se debe a la alta demanda de esta capacidad frente a las tareas de inteligencia fluida.

FIX-OI. Además de la validez de las pruebas por separado, se examinó la validez concurrente del uso conjunto de las pruebas evaluando el grado de asociación entre el puntaje combinado de los dos test, con los índices de CI de WAIS-IV. Los resultados en la Tabla 3 indican que la asociación más alta corresponde a la obtenida entre el test FIX-OI y el puntaje CI Total obtenido por la

*Memoria de trabajo y atención pueden ser usados como test de screening de inteligencia.
Riveros, Sepúlveda, Figueroa y Rosas.*

muestra completa (Coeficiente de correlación de Pearson = 0.85 para la forma A y 0.86 para la forma B; ambos, $p < 0,001$).

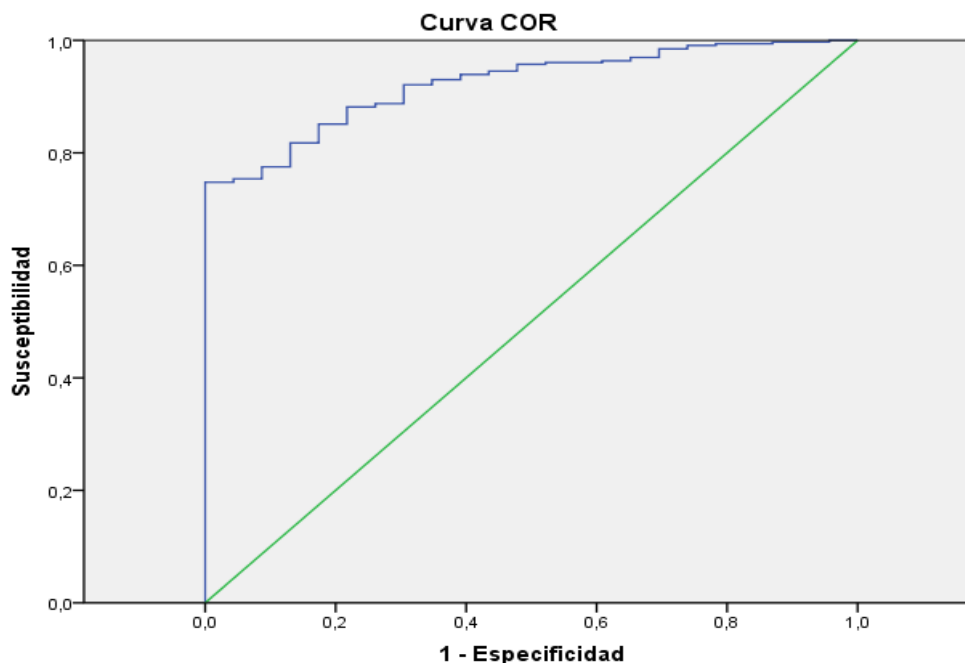
Tabla 3. Correlaciones de Pearson para el rendimiento en Test FIX, OI, FIX-OI, e indicadores y subtests del WAIS-IV en la muestra (todas, $p < 0,001$).

Puntaje CI/ Subtest WAIS-IV	FIX a	FIX b	OI	FIX-OI a	FIX-OI b
CI Total	0.79	0.82	0.75	0.85	0.86
CI Comprensión Verbal	0.60	0.62	0.42	0.57	0.57
CI Razonamiento Perceptual	0.77	0.80	0.74	0.84	0.84
CI Memoria de Trabajo	0.70	0.73	0.63	0.74	0.75
CI Velocidad de Procesamiento	0.63	0.69	0.78	0.79	0.81
Analogías	0.57	0.60	0.41	0.55	0.56
Información	0.65	0.68	0.63	0.52	0.52
Aritmética	0.56	0.58	0.42	0.54	0.55
Retención de Dígitos	0.66	0.66	0.59	0.69	0.69
Vocabulario	0.51	0.53	0.33	0.47	0.47
Rompecabezas Visual	0.65	0.68	0.63	0.71	0.72
Figuras Incompletas	0.63	0.62	0.65	0.70	0.69
Cancelación	0.45	0.53	0.64	0.61	0.64
Claves	0.66	0.70	0.75	0.78	0.79
Búsqueda de Símbolos	0.62	0.66	0.75	0.77	0.78
Construcción con cubos	0.70	0.73	0.66	0.75	0.76
Matrices de Razonamiento	0.74	0.76	0.61	0.74	0.75
Comprensión	0.53	0.53	0.42	0.52	0.52
Balanzas	0.66	0.70	0.65	0.72	0.74
Secuenciación Letras - Números	0.61	0.67	0.65	0.70	0.72

3.3. Evidencia de Validez Discriminativa

Se evaluó el poder discriminativo para el diagnóstico de Discapacidad Intelectual del uso combinado de las pruebas FIX y OI (Gráfico 1). Para determinar el puntaje de corte del test que posee la mayor sensibilidad y especificidad para diferenciar sujetos con el diagnóstico de Discapacidad Intelectual, las puntuaciones del test FIX-OI fueron sometidas a un análisis de curva ROC (Receiver Operating Characteristic, o Característica Operativa del Receptor). Esta curva muestra que un punto de corte en el percentil 21 alcanza la más alta sensibilidad (85%) y especificidad (83%). El área bajo la curva ROC es de 92%, lo que indica un adecuado nivel discriminativo de Discapacidad Intelectual.

Gráfico 1. Característica operativa del receptor para el test FIX-Oi en la muestra



3.4. Datos normativos para población general

Para la estandarización del indicador FIX-Oi, los datos normativos fueron creados generando normalización inferencial (Zhu & Chen, 2011) para cada grupo etario, debido a las limitaciones de los procedimientos de normalización tradicional, como plantean Gorsuch (1983) y Roid (1983), por tratar las variables demográficas como valores discretos. Por ello, introducen una aproximación estadística con una norma continua. La normalización inferencial fue sugerida como una alternativa a la normalización tradicional, la cual maximiza la información disponible de la muestra total (Wechsler, 2008; Wilkins & Rolfhus, 2004).

4. Discusión

El propósito de este estudio fue proponer un nuevo instrumento de screening para la estimación rápida de las capacidades intelectuales, mediante la evaluación conjunta de inteligencia fluida, a través de la prueba FIX, y atención, a través de la prueba OI, procesos que han mostrado estar fuertemente correlacionados y ser predictores válidos del factor g (Shweitzer y Moosbrugger, 2004). Para ello se evaluó la confiabilidad de estas nuevas herramientas de evaluación, su validez convergente con el gold estándar para la evaluación cognitiva, WAIS-IV, y posteriormente se revisó su validez discriminativa para detectar a sujetos con dificultades cognitivas.

Los resultados de la evaluación combinada con FIX-OI lo apoyan como una herramienta de screening con alta consistencia interna, por tanto, como una herramienta confiable de evaluación. Cada test por separado ha arrojado un alto grado de asociación con las subpruebas específicas del WAIS-IV destinadas a la evaluación de la habilidad atencional y de memoria de trabajo. Más

importante aún, los resultados obtenidos de la utilización de los test en forma combinada muestran una alta correlación con el puntaje CI Total del WAIS-IV, evidencia que apoya al FIX-OI como instrumento válido de screening de inteligencia.

Los resultados de este estudio coinciden con evidencia previa en neurociencia que demuestran que es posible predecir el factor g a partir del rendimiento en tareas que evalúen habilidades atencionales y memoria de trabajo. En el estudio realizado por Colom et al. (2004), con 594 sujetos de una edad promedio de 23 años, a quienes se aplicó pruebas que miden diversas habilidades cognitivas (inteligencia cristalizada, habilidad espacial, inteligencia fluida, velocidad psicométrica, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento), se concluye que el factor g predice casi perfectamente la capacidad de memoria de trabajo, explicando el 92% de su varianza. También se destaca la importancia de la capacidad atencional para lograr manipular de forma más eficiente y de forma prolongada los contenidos cognitivos relevantes para las operaciones mentales. Los investigadores concluyen que memoria de trabajo y la atención son esenciales para el desempeño en tareas de inteligencia fluida, el componente más importantes del factor g, dado que juntas permiten mantener activa una representación (Colom et. al., 2004). Shweitzer y Moosbrugger (2004) profundizan en la relación entre atención, y memoria de trabajo como predictores de la inteligencia, en un estudio con 120 sujetos entre 19 y 42 años, que muestra la contribución de ambas habilidades en el procesamiento de la información, las cuales permiten rendir a un alto nivel por periodos prolongados de tiempo en tareas de inteligencia. Los resultados del presente estudio no sólo apoyan estos hallazgos, sino que también transfieren estas conclusiones a tecnologías de evaluación normalizadas en la población general. Asimismo, extienden estas investigaciones previas al examinar la relación entre atención, razonamiento e inteligencia en sujetos en rangos etarios asociados a cambios neurocognitivos, como el segmento entre 16 y 19 años, así como en adultos mayores.

Cullen et al. (2012) plantea que el éxito de una herramienta de screening descansa en su robustez estadística, expresados idealmente en una alta sensibilidad y especificidad junto con un alto valor predictivo positivo. El uso combinado de las pruebas FIX y OI, ha mostrado ser un instrumento que presenta tanto una alta sensibilidad, como especificidad, además de un adecuado nivel discriminativo de casos de posible discapacidad intelectual.

Este nuevo procedimiento posibilita una evaluación cognitiva breve, con tiempos de aplicación de 10 minutos para el FIX y 5 minutos para el OI, los cuales son autoadministrable y con posibilidad de ser aplicados de forma colectiva. Esto responde a la necesidad actual de instrumentos más adecuado y prácticos, que demanden menos tiempo de aplicación para la evaluación intelectual (Ismail et. al., 2010).

Pocas pruebas de screening han sido validadas en la población en la cual pretenden ser utilizadas (Cullen et al., 2012), lo que presenta un problema en la validez de los resultados que se obtienen a partir de esta mediciones. Roselli y Ardila (2003) advierten que tanto las pruebas de screening no verbales, son susceptibles de presentar sesgo cultural y que esto debe ser corregido usando los métodos estadísticos apropiados. En este estudio, se aplicaron ambos instrumentos a 381 sujetos en el caso del OI, y 375 sujetos en el caso del FIX, extraídos de la población general, residentes en la Región Metropolitana, entre 16 y 89 años. Esta muestra fue estratificada por sexo, nivel educacional y edad. De esta manera, se aseguró la validez y precisión de los resultados de las

evaluaciones.

Futuras líneas de investigación deberán indagar acerca del empleo y alcance de estas pruebas en otros ámbitos además del clínico, como en el ámbito educativo y laboral. Realizar una adaptación de estas pruebas para extender la edad de aplicación a grupos más jóvenes, idealmente en edad escolar, sería de gran utilidad en el área educativa, donde la identificación temprana de dificultades podría traducirse en medidas tempranas de intervención.

Financiamiento

Este estudio fue posible gracias a los fondos otorgados por el proyecto FONDEF N° D0911238 “Construcción y Estandarización de Instrumentos de Evaluación Psicométrica para el Desarrollo de una Cultura de Evaluación Ética y Rigurosa”.

Referencias

- American Educational Research Association (AERA), American Psychological Association (APA) & National Council on Measurement in Education (NCME)(1999). *The Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington: American Psychological Association.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36 (3), 189 – 208.
- Baldo, J., Bunge, S., Wilson, S., Dronkers, N. (2010). Is relational reasoning dependent on language? A voxel-based lesion symptom mapping study. *Brain & Language*, in press, doi:10.1016/j.bandl.2010.01.004
- Bright, P., Jaldow, E., Kopelman, M. (2002). The National Adult Reading Test as a measure of premorbid intelligence: A comparison with estimates derived from demographic variables. *Journal of International Neuropsychological Society*, 8, 847-854.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, Juan-Espinosa, J., Kyllonen, P. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by *g*. *Intelligence*, 32, 177-296.
- Crone, E., Wendelken, C, Van Leijenhorst, L., Honomichl, R., Christoff, K., Bunge, S. (2009). Neurocognitive development of relational reasoning. *Developmental Science*, 12 (1), 55-66.
- Cullen, B., O’Neill B., Evans, J., Coen, R., Lawlor, B. (2007). A review of screening test for cognitive impairment. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 78, 790-799.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon B. (2000). The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology*, 55, 1621-1626.
- Engle, R., Tuholski, S., Laughlin, J., & Conway, A. (1999). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology*, 128, 309–331.
- Flynn, J.R. (2007). *What is intelligence? Beyond the Flynn Effect*. Cambridge, UK: Cambridge

University Press.

- Folstein, M., Folstein, S., & McHugh, P. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198.
- Gorsuch, R. (1983). *Factor analysis*. (2ª Ed.) Hillsdale: Erlbaum.
- Gray, J., Chabris, C., & Braver, T. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 6(3), 316-322.
- Gray, J., & Thompson, P. (2004). Neurobiology of intelligence: Science and ethics. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 471- 482.
- Happaney, K., Zelazo, P, Stuss, D. (2004). Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain and Cognition*, 55, 1-10.
- Ismail, Z., Rajji, T., Shulman, K. (2010). Brief cognitive instruments: an update. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 25, 111-120.
- Jensen, A. R. (1998). *The g Factor: The Science of Mental Ability*. Westport, CT: Praeger.
- Lange, M., Riveros, R., Figueroa, P., Benavente, C., Aparicio, A. y Rosas, R. (2012). *FIX: Propuesta de nueva herramienta de evaluación de Inteligencia Fluida en adultos*. Centro de Desarrollo de Tecnologías de Inclusión, CEDETi UC, Escuela de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Mackey, A., Hill, S., Stone, S., Bunge, S. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental Science*, 14 (3), 582-590.
- Mackey, A., Whitaker, K., Bunge, S. (2012). Experience-dependent plasticity in White matter microstructure: reasoning training alters structural connectivity. *Frontiers in Neuroanatomy*, 6 (32), 1-9.
- Nisbett, R., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D., Turkheimer, E. (2012). Intelligence: New findings and theoretical developments. *American Psychologist*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0026699
- Quiroga, P., Albala, C., & Klaasen, G. (2004). Validación de un test de tamizaje para el diagnóstico de demencia asociada a edad, en Chile. *Revista Médica de Chile*, 132(4), 467-478.
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., Manes, F., Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain*, 133, 234-247.
- Roca, M., Manes, F., Chade, A., Gleichgerrcht, E., Gershanik, O., Arévalo, G., Torralva, T., Duncan, J. (2012). The relationship between executive functions and fluid intelligence in Parkinson's disease. *Psychological Medicine*, 42 (11), 2445-2452.
- Roid, G. (1983). Generalizations of continuous norming: Cross validation of test score means estimates. Paper presentado en la reunión de la Asociación Americana de Psicología, Anaheim-Canadá.

- Romberg, C., Bussey, T., Saksida, L. (2013). Paying more attention to attention: Towards more comprehensive cognitive translation using mouse models of Alzheimer's disease. *Brain Research Bulletin*, 92, 49 – 55.
- Rosas, R., Tenorio, M., Pizarro, M., Cumsille, P., Bosch, A., Arancibia, S., Carmona, M., Pérez-Salas, C., Pino, E., Vizcarra, B., Zapata-Sepúlveda, P. (2013). Estandarización de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-Cuarta Edición en Chile: Descripción de la prueba, procesos de adaptación, procedimiento de generación de normas y evidencia psicométrica: Psykhe. Enviada.
- Roselli, M., & Ardila, A. (2003). The impact of culture and education on non-verbal neuropsychological measurements: A critical review. *Brain and Cognition*, 52, 326-333.
- Ruff, C., Knauff, M., Fangmeier, T., & Spreer, J. (2003). Reasoning and working memory: common and distinct neuronal processes. *Neuropsychologia*, 41, 1241–1253.
- Schweitzer, K., Moosbrugger, H. (2004) Attention and working memory as predictor of intelligence. *Intelligence*, 32, 329-247.
- Sparrow, S., & Davis, S. (2000). Recent Advances in the Assessment of Intelligence and Cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(1), 117-131.
- Taylor, R. (1999) National Adult Reading Test performance in established dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 29, 291-296.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler Adult Intelligence Scale-fourth Edition: WAIS-IV*. San Antonio: Pearson Education.
- Wilkins, C., Rolfhus, E. (2004). *A simulation study of efficacy of inferential norming compared to traditional norming*, San Antonio: Harcourt Assessment.
- Woolgar, A., Parr, A., Cusack, R., Thompson, R., Nimmo-Smith, I., Torralva, T., Roca, M., Antoun, N., Manes, F., Duncan, J. (2010). Fluid intelligence loss linked to restricted regions of damage within frontal and parietal cortex.. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (33), 14899-14902.
- Wright, S., Matlen, B, Baym, C., Ferrer, E., Bunge, S. (2008). Neural correlates of fluid reasoning in children and adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 1 (8), 1-8.
- Zhu, Jianjun. & Chen, Hsin-Yi. (2011). Utility of Inferential Norming With Smaller Sample Sizes. *Journal of Psychoeducational Assessment* 29 (6) 570 –580.

*Memoria de trabajo y atención pueden ser usados como test de screening de inteligencia.
Riveros, Sepúlveda, Figueroa y Rosas.*
