

Habilidades cognitivas y razonamiento estadístico en estudiantes de psicología

Sarah Peña Vásquez

Juan Danilo Vélez Santamaría

Trabajo de grado para optar por el título de profesional en psicología

Asesor

Renato Zambrano-Cruz

Mg. en lingüística.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Departamento de Psicología

Medellín

2018

Tabla de contenido

Resumen.....	2
Introducción	4
Metodología	13
Diseño.....	13
Participantes.	13
Instrumentos.....	13
Procedimiento.....	14
Plan de análisis.....	14
Consideraciones éticas.	14
Resultados	15
Discusión.....	17
Conclusiones	24
Referencias.....	25

Habilidades cognitivas y razonamiento estadístico en estudiantes de psicología

Resumen

Esta investigación relaciona las habilidades cognitivas con el razonamiento estadístico en 19 estudiantes de psicología de 5 universidades (UCC, CES, UdeA, UPB, Uniminuto) de la ciudad de Medellín y su área metropolitana. Con un diseño correlacional–transversal, se aplicó la Evaluación de Razonamiento Estadístico (SRA) y 11 subpruebas de la Escala de Inteligencia de Wechsler para adultos (WAIS IV). Los datos muestran que el razonamiento estadístico se correlaciona con las habilidades cognitivas en distintos niveles: inteligencia cristalizada (Gc) y razonamiento fluido (Gf) correlacionaron directa y significativamente; habilidad cognitiva general (G) y memoria de trabajo a corto plazo (Gwm) correlacionaron en menor medida, mientras que la velocidad de procesamiento (Gs) y velocidad de reacción y decisión (Gt) correlacionaron de manera negativa y no tan significativa. Finalmente, se retoman los postulados de Cattell respecto a G, Gf y Gc, se confirma la predicción que Gf ha mostrado en otras investigaciones y se proponen explicaciones sobre las habilidades lingüísticas basadas en la teoría de las metáforas conceptuales aplicadas a las matemáticas. También se expone una explicación de la correlación casi nula entre el procesamiento visual (Gv) y el razonamiento estadístico.

Palabras clave: inteligencia, habilidades cognitivas, razonamiento estadístico, psicología.

Abstract

This research relates cognitive abilities with statistical reasoning in 19 psychology students from 5 universities (UCC, CES, UdeA, UPB, Uniminuto) of the city of Medellín and its metropolitan area. With a correlational-transversal design, the Statistical Reasoning Assessment (SRA) and 11 subtests of the Wechsler Intelligence Scale for adults (WAIS IV) were applied. The data show that statistical reasoning correlates with cognitive abilities at different levels: crystallized intelligence (Gc) and fluid reasoning (Gf) correlated directly and significantly; General cognitive ability (G) and short-term working memory (Gwm) correlated to a lesser extent, while the processing speed (Gs) and reaction and decision speed (Gt) correlated negatively and not as significantly. Finally,

Cattell's postulates regarding G, Gf and Gc are retaken, the prediction that Gf has shown in other investigations is confirmed and explanations are proposed about the linguistic abilities based on the theory of conceptual metaphors applied to mathematics. An explanation of the almost zero correlation between visual processing (Gv) and statistical reasoning is also presented.

Key words: intelligence, cognitive abilities, statistical reasoning, psychology.

Introducción

En la última década, la educación colombiana ha mejorado en el acceso a la educación primaria y secundaria, pero uno de los mayores retos sigue siendo incrementar la calidad educativa (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE, 2016). El balance de calidad evaluada por medio de pruebas estandarizadas no es muy alentador. Las pruebas Saber, que miden el desarrollo de competencias de los estudiantes colombianos, mostraron que en el año 2013 el 27% de las personas que presentaron las pruebas Saber 11 tuvieron resultados en el nivel bajo o inferior (OCDE, 2016). Además, el nivel de deserción universitaria para los estudiantes con un bajo puntaje en las pruebas saber 11 llega al 59 %, mientras que los estudiantes con puntajes más altos presentaron una cifra menor de 38% (Olave, Cisneros y Rojas, 2013). Esto indica que los bachilleres colombianos no están alcanzando los estándares mínimos de aprendizaje, por lo tanto, no terminan preparados para ingresar a la educación superior o al mercado laboral (DNP, 2015 citado por OCDE, 2016).

Según los estándares educativos estatales (Ministerio de Educación Nacional, MEN, 2006), los estudiantes de básica y media deben desarrollar competencias en el área de Matemática, puesto que son básicas para el desempeño de toda persona en sociedad. Sin embargo, informes de la OCDE (2016) muestran que, a diferencia del área de lenguaje, el desempeño en matemáticas no ha mejorado. Por ejemplo, en el 2012 el puntaje promedio de los alumnos colombianos de 15 años en matemáticas fue de 376 puntos, mientras que el promedio de los otros de países fue de 494; la diferencia de 118 puntos representa un atraso de tres años con respecto a los demás países miembros de la OCDE. La competencia matemática incluye varias áreas, entre ellas la estadística. Así, para el MEN (2006) la enseñanza de las matemáticas se divide en pensamiento numérico, variacional, espacial, métrico y aleatorio o probabilístico, mientras que, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, ICFES, (2012) evalúa la competencia matemática en las áreas de geometría, estadística, álgebra y cálculo.

El aprendizaje de la estadística es importante en psicología para el desarrollo de competencias de investigación científica y pensamiento crítico (American Psychological Association, APA, 2016), por ende, los cursos de estadística son ofrecidos en el 95% de las universidades norteamericanas (Norcross, et. al., 2016). Aun así, hay evidencia de que las

dificultades de los estudiantes de psicología estadounidenses en el área de matemáticas han aumentado notablemente (Carpenter y Kirk, 2017), lo que concuerda con los resultados de la evaluación colombiana de competencias al finalizar la educación superior -Saber Pro- la cual muestra que el rendimiento de los estudiantes de psicología en el componente de Razonamiento Cuantitativo fue menor al promedio nacional de los demás programas (140 vs 150). Sin embargo, tales indicadores no son concluyentes ya que la prueba de razonamiento cuantitativo contiene conocimientos de estadística, geometría, álgebra y cálculo. (ICFES, 2017).

Ahora bien, el razonamiento estadístico puede definirse basándose en cómo razonan las personas frente a ideas donde cuenten con la posibilidad de explicar e interpretar tanto información de tipo estadística como sus resultados, para esto es necesario que las personas tengan claridad sobre la manera como se realiza y la razón por la que se lleva a cabo una investigación estadística Ben-Zvi y Garfield (2004). En un ámbito orientado hacia lo educativo, Chervaney, Collier, Fienberg, Johnson y Neter y Chervaney, Benson e Iyer (Citados en Garfield, 2002) definieron el razonamiento estadístico como las posibilidades que tiene un estudiante con la información estadística en función de sus conceptos y las habilidades con las que cuentan para utilizarlos en la resolución de problemas. Tanto la estadística como las matemáticas requieren abstracción de modelos, por lo tanto, la instrucción puede verse facilitada por el uso de la contextualización en ambas disciplinas, pero las demandas de las tareas de cada una producen diferentes tipos de errores de razonamiento. la práctica estadística depende mucho del contexto del mundo real mientras que en la matemática tiende a reducirse o eliminarse este contexto. Por lo tanto, el estudiante de estadística debe protegerse contra la intromisión del tanto del conocimiento cotidiano irrelevante o engañoso, como de los procesos heurísticos y asociativos que pueden ser muy naturales, pero que pueden llevar a interpretaciones erróneas (Ben-Zvi y Garfield, 2004)

De acuerdo con Gómez (2016), la enseñanza de la estadística en nuestro país tiene como problema el enfoque en el cálculo y en los procedimientos, en lugar de enfatizar en la interpretación. El autor argumenta que uno de los factores que influyen en dicha dificultad es que una gran cantidad de profesores no están preparados para sobrepasar los obstáculos que conlleva el tratamiento de fenómenos inciertos. Hay otros factores que inciden en el aprendizaje en el contexto educativo, tales como: factores pedagógicos, individuales y ambientales (Schunk, 2012). Entre las variables individuales que afectan el aprendizaje, la habilidad cognitiva general (g) ha mostrado una alta correlación con el desempeño académico en diferentes áreas, tanto en las notas

escolares como en los resultados en pruebas de aprovechamiento y pruebas estatales estandarizadas (Kaufman, Reynolds, Liu Kaufman y McGrew, 2012). Así, los exámenes de rendimiento escolar son utilizadas como medida de habilidad cognitiva general por la alta correlación entre ambas variables (Frey y Detterman, 2004). Hay numerosas investigaciones que relacionan la habilidad cognitiva general y aspectos de rendimiento académico (Furlan, Agnoli, y Reyna, 2016; Furnham y Chamorro, 2004; Kokis, Macpherson, Toplak, West, y Stanovich, 2002; McNair y Feeney, 2014). Aunque, evidentemente, la habilidad cognitiva general es básica para el aprendizaje en distintas áreas académicas, la explicación no ha sido suficiente. La tendencia académica actual indica que, para entender mejor la relación entre la habilidad cognitiva individual y el aprendizaje, es necesario profundizar en el efecto de las habilidades específicas en áreas curriculares particulares y en el curso del desarrollo evolutivo de los individuos. (McGrew, Flanagan, Keith y Vanderwood, 1997).

Según Carroll (1993), una habilidad se define por la posible variación individual en los niveles de dificultad de la tarea que una persona ejecute exitosamente. Hay diferentes clases de tareas; en las tareas cognitivas, un desempeño exitoso depende del procesamiento mental adecuado de la información. La teoría Cattell, Horn y Carroll (CHC) es un modelo construido a partir de la síntesis de la teoría Gf-Gc de Cattell y Horn y de la teoría de los tres estratos de Carroll. Esta tiene evidencia empírica de investigaciones que emplean un análisis factorial exploratorio y confirmatorio de distintas baterías y tipos de muestras; así como de investigaciones no factoriales como estudios de heredabilidad, neurocognitivos, de desarrollo y de predicción de resultados. (Schneider y McGrew, 2012). El modelo plantea que, tras las medidas manifiestas de las pruebas de habilidades, hay tres niveles de factores latentes. En el tercer estrato se encuentran más de 70 habilidades específicas, en el segundo 16 habilidades amplias y en el primero la habilidad cognitiva general.

Bajo este marco teórico hay estudios precisos que relacionan las habilidades cognitivas amplias y específicas con el aprovechamiento escolar. McGrew y Wendling (2010) realizaron un metaanálisis que analiza estas relaciones en estudiantes entre los 6 y los 19 años. Ellos encontraron que la prueba de resolución de problemas matemáticos (MR) estuvo relacionada con las siguientes habilidades amplias: 1- Comprensión-conocimiento (Gc) 2- Razonamiento fluido (Gf), 3- Velocidad de procesamiento (Gs) y 4- Memoria a corto plazo (Gsm).

Sin embargo, ninguno de estos trabajos se enfoca en el desempeño en el área de estadística en población universitaria. Entender la relación entre habilidades cognitivas y razonamiento estadístico, además de contribuir al desarrollo teórico, puede ser utilizada para fundamentar procesos de enseñanza que tengan un efecto real en estas habilidades. También, puede resultar de suma utilidad para el aporte de evidencia empírica a las baterías de habilidades y de razonamiento, lo que en un futuro se puede utilizar para la evaluación clínica y psicopedagógica.

Algunos autores que han investigado este tema han encontrado relaciones entre distintas habilidades cognitivas y el razonamiento estadístico o probabilístico. Inicialmente, se encuentran las que relacionan la habilidad cognitiva general y razonamiento probabilístico. Por ejemplo, Jolley, et.al. (2014) estudiaron los factores asociados a los errores de razonamiento en 204 personas con una reciente recaída de psicosis. Tuvieron en cuenta el sesgo “jumping to conclusions” considerado el más asociado a los delirios; a su vez, investigaron la contribución de otros procesos psicológicos como la toma de decisiones, la confianza y el coeficiente intelectual, que se midió con el Quick Test. El razonamiento probabilístico fue medido con una tarea de toma de decisiones, con distintas variaciones: fácil, difícil y emocional. Encontraron que más que con la toma apresurada de decisiones, los errores de razonamiento están asociados con el exceso de confianza y conjeturas presentes en los delirios. Además, el CI bajo estuvo asociado con errores de razonamiento en el caso de tareas difíciles, mientras que las tareas fáciles correlacionaron con un CI alto. Por su parte, Kokis, et. al. (2002) también se enfocaron en el razonamiento probabilístico y la habilidad general, pero una población escolar de 102 estudiantes entre 10 a 13 años. Midieron el razonamiento probabilístico con el problema de las canicas que consistía en elegir una canica blanca de un contenedor pequeño y uno grande en los que había diferentes cantidades de canicas azules y blancas; y para medir la habilidad cognitiva general administraron una versión abreviada del WISC III. Los resultados indicaron que el razonamiento probabilístico está vinculado con la necesidad para la cognición y con bajos niveles de pensamiento supersticioso. Así mismo, este razonamiento aumenta con la habilidad cognitiva general, pero no con la edad. Por último, Morsanyi, Handley y Serpell (2013) realizaron un experimento con 108 estudiantes de psicología, aplicaron la versión corta del Test de Matrices Progresivas (APM), llevaron a cabo sesiones de entrenamiento para trabajar la comprensión del concepto de aleatoriedad y evaluaron problemas que elicitaban el sesgo de equiprobabilidad. Los mejores resultados los obtuvieron los participantes de la sesión de capacitación y los que tenían mayor capacidad cognitiva, lo que implica que la

sesión de entrenamiento fue más efectiva en el caso de participantes de mayor capacidad intelectual.

Por otra parte, McNair y Feeney (2014) se interesaron en la habilidad numérica y encontraron una relación parcial. Buscaron relacionar el razonamiento probabilístico con la habilidad cognitiva general, la habilidad numérica y las disposiciones de pensamiento. Por lo tanto, realizaron dos experimentos con 144 estudiantes de psicología canadienses, en los que presentaron un problema de razonamiento en base a la probabilidad de sufrir cáncer a partir del resultado positivo de un examen médico. Expusieron dos versiones de este problema: una estándar y otra en la que se reveló información adicional para estimar el efecto de facilitación causal. En el primer experimento midieron solamente la habilidad numérica con la versión corta del Berlin Numeracy Test (BNT), y en el segundo midieron la habilidad numérica, la habilidad general con el APM y las disposiciones de pensamiento. En los dos experimentos, las diferencias en la presentación de la tarea solamente se presentaron en los estudiantes con alta habilidad numérica. Al introducir otras variables cognitivas, únicamente la habilidad cognitiva general estuvo asociada al rendimiento en las tareas de razonamiento.

Furnham y Chamorro (2004) se enfocaron en la habilidad espacial. Examinaron la relación entre el rendimiento en estadística, habilidad cognitiva y personalidad en una muestra de 91 estudiantes universitarios londinenses. Se utilizaron tres medidas de habilidades cognitivas: El test Wonderlic de inteligencia general, el S&M de habilidad espacial y el AH5 que combina la habilidad verbal y espacial. El rendimiento en estadística se midió con dos exámenes diseñados en el curso introductorio. Los resultados mostraron una correlación positiva entre rendimiento en estadística y habilidad cognitiva, siendo mayor la habilidad espacial que la general. Sin embargo, en el análisis de regresiones jerárquicas, la cantidad de varianza explicada por las variables cognitivas fue menor a la explicada por los rasgos de personalidad y por el historial académico.

Otros autores, incluyeron las habilidades espaciales y numéricas en sus investigaciones. Agus, Penna, Peró-Cebollero, Guàrdia-Olmos y Pessa (2016) buscaron aclarar la interacción de las habilidades numérica y espacial, experiencias, actitudes, ansiedad y confianza con respecto a formatos de facilitación gráfica y numérica en el razonamiento probabilístico. Para esto tomaron como muestra 676 estudiantes de psicología, 127 de universidades españolas y 549 de universidades italianas, sin conocimiento estadístico. Entre los participantes se destaca que 173

italianos trabajaron bajo presión de tiempo y tanto el resto de los italianos como los españoles lo hicieron sin ella. El grupo mencionado en primera instancia (bajo presión) obtuvo mejores resultados que el resto de los participantes en ambos formatos. En general, la confianza en la corrección de las respuestas tuvo relación directa con la marcación de respuestas correctas, las cuales se observaron más en el formato gráfico-pictórico. Los efectos directos de las habilidades, numérica y visoespacial, no fueron significativos en ninguno de los dos formatos de la tarea, aunque se relacionaron de forma indirecta, influyendo en la ansiedad, actitudes y confianza únicamente en la muestra italiana. En segundo lugar, Furlan, et.al. (2016) relacionaron habilidad visoespacial, numérica, reflexión cognitiva, necesidad de cognición y fe en la intuición, con el razonamiento probabilístico. La muestra estuvo conformada por estudiantes de secundaria y universitarios. En el grupo de secundaria se midió la habilidad espacial con el Test de Habilidades Mentales Primarias (PMA). En los grupos universitarios se midió la inteligencia general con el RAPM. Para medir el razonamiento probabilístico se utilizó el problema de las canicas antes mencionado. De estas variables, la inteligencia general, la habilidad numérica y la reflexión cognitiva estuvieron asociadas al desempeño en la tarea de razonamiento probabilístico solamente cuando el problema se presentó con presión de tiempo. De las dos medidas de habilidades cognitivas, la habilidad espacial tuvo una correlación más baja que la inteligencia general.

Finalmente, dos investigaciones abordan otras habilidades cognitivas: verbales, de razonamiento y memoria. Gómez, García, Vila, Elosúa y Rodríguez (2013) evaluaron memoria de trabajo, variables metacognitivas y razonamiento en 56 estudiantes de secundaria. El objetivo fue identificar la correlación de dichas variables con logros matemáticos. Para la evaluación de memoria de trabajo utilizaron un *test de anáfora semántica*. Las correlaciones más positivas con logros matemáticos se encontraron con las variables de creencias, reflexión cognitiva y razonamiento; con respecto a la memoria de trabajo, aunque no se relacionó el desempeño matemático, se encontró una relación importante con la medida de razonamiento general (deductivo y probabilístico). Por último, Klaczynski y Gordon (1996) estudiaron el razonamiento estadístico de adolescentes en relación a la inversión personal y uso de habilidades cognitivas, para esto realizaron dos experimentos, el primero con 50 adolescentes de secundaria y el segundo con 40 adolescentes de secundaria y 42 adultos jóvenes universitarios. Para la identificación de dicha relación tuvieron en cuenta los sesgos ley de grandes números (LLN) y análisis de covarianza (ANCOVA). Además, las pruebas de vocabulario y diseño de bloques del WISC III como medida

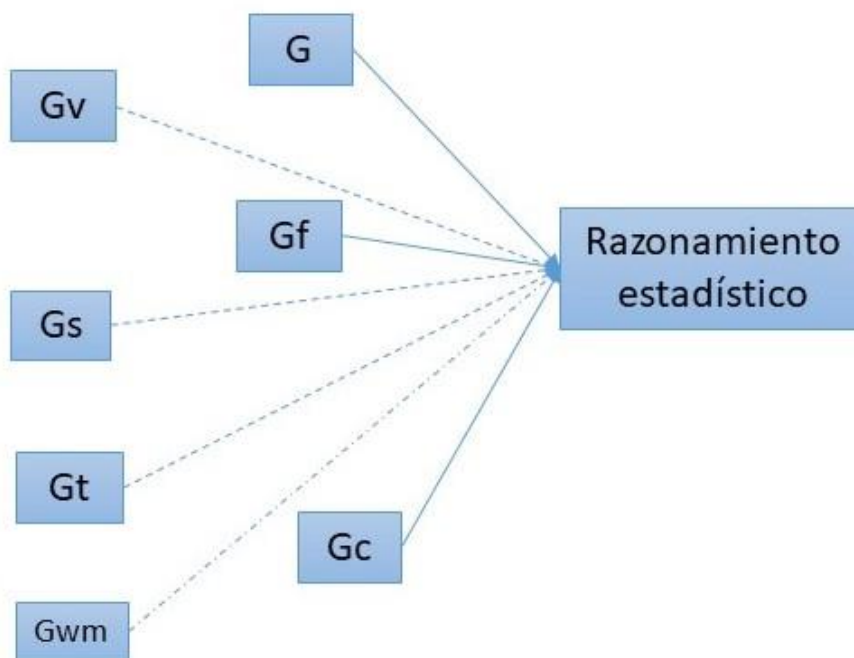
general de inteligencia y de capacidad verbal, la subprueba # 7 de análisis y síntesis del Woodcock J. y la prueba del conjunto de letras del PMA, como medidas de razonamiento fluido. Se encontró que la habilidad general no tuvo relación significativa con los sesgos mientras que las puntuaciones de razonamiento fluido fueron altas en situaciones amenazantes en el sesgo ANCOVA y la capacidad verbal correlacionó significativamente en todos los problemas de LLN.

La mayoría de los antecedentes incluyeron variables no cognitivas o metacognitivas en sus investigaciones, por ende, aquí se analizan únicamente los resultados de las habilidades cognitivas. Entre estas, se destaca la habilidad cognitiva *general*, que se relacionó con el razonamiento en cinco de los siete antecedentes que la incluyeron en sus investigaciones. También aparece la habilidad *numérica*, que fue incluida en tres antecedentes: en dos no presentó asociación y en una tuvo un efecto indirecto. Luego, aparece la habilidad *verbal* en dos antecedentes, en uno de ellos se utilizó una medida combinada de esta habilidad y de la espacial; en el otro la evidencia fue a favor. En cuarto lugar, se encuentra la habilidad *visoespacial*, que en dos antecedentes tuvo un efecto moderado e indirecto y el *razonamiento* que fue abordado en dos antecedentes con evidencia positiva en ambos. Finalmente, la habilidad de *memoria de trabajo* estuvo relacionada en la investigación en la que se evaluó.

Cabe destacar que más de la mitad de las investigaciones presentan diferencias en la presentación de la tarea de razonamiento estadístico o probabilístico, lo cual conlleva resultados diferenciales y contradictorios en la relación con las habilidades cognitivas. Dos investigaciones muestran que la habilidad cognitiva tiene un mayor peso en tareas que requieren un tipo de razonamiento más analítico que heurístico: en una (Jolley et. al., 2014), hay mayor relación del coeficiente intelectual con el razonamiento en las tareas difíciles y neutras; en la otra (Klaczynski y Gordon, 1996), el razonamiento fluido influye únicamente en la tarea de análisis de covarianza en formato amenazante. Sin embargo, la investigación de Furlan, et. al. (2016) muestra que las habilidades cognitivas únicamente influyen en el formato con presión de tiempo, en el cual, según los autores, aparece un procesamiento más rápido y heurístico. En las otras dos investigaciones (McNair y Feeney, 2014; Agus, et.al., 2016) en las que se presentan tareas de razonamiento en formatos gráfico y numérico, con y sin presión de tiempo, no se evidencia con claridad alguna diferencia respecto al formato de la tarea en relación a las habilidades cognitivas.

Ante la variedad de marcos teóricos, definiciones de las habilidades cognitivas e instrumentos para su medición, surge la necesidad de investigar este tema a la luz de una teoría integrativa como lo es la teoría CHC. El objetivo de este estudio es relacionar las habilidades cognitivas amplias con el razonamiento estadístico en estudiantes de psicología. De acuerdo con los antecedentes y al marco teórico, se plantea la hipótesis según los siguientes modelos:

- Se encuentran dos niveles de relación entre habilidades cognitivas y razonamiento estadístico, siendo mayor la relación con el Factor general (G), Razonamiento fluido (Gf) y Comprensión conocimiento (Gc), y a su vez, pero en una correlación menor se encuentran el procesamiento visoespacial (Gv), Velocidad de procesamiento (Gs) Velocidad de reacción y decisión (Gt) y Memoria de trabajo a corto plazo (Gwm). Tal como lo podemos observar en el siguiente modelo (Gráfica 1):



Gráfica 1. *Modelo de habilidades cognitivas*

Fuente: Elaboración propia

La hipótesis está construida a partir tanto de los hallazgos presentados en los antecedentes de investigación, como elaboración propia, guiada por la teoría CHC, debido a que los antecedentes describen distintos marcos teóricos. Por lo anterior, se incluyen las habilidades Gs y Gt a pesar de no haber sido encontrada ninguna evidencia en los antecedentes, puesto que las habilidades de velocidad pueden dar pistas acerca del tipo de procesamiento que exigen las tareas de razonamiento estadístico.

Metodología

Diseño.

Se optó por un diseño correlacional, transversal.

Participantes.*

La población estuvo conformada por estudiantes matriculados, para el semestre 2018-1, en el pregrado de psicología en universidades del área metropolitana de Medellín, tanto públicas como privadas; y que ya hubieran aprobado el curso de estadística obligatorio en el plan de estudios, esta se calcula en aproximadamente 8.086 personas. El tamaño de la muestra se obtuvo mediante la fórmula de muestreo en la página <http://www.raosoft.com/samplesize.html>, los criterios para el cálculo de la muestra fueron de 10% de error y nivel de confianza de 95%, de acuerdo a estos datos, el número de personas es de 96 y se añade un 10% con el fin de reponer posibles pérdidas, para un total de 120 individuos. Finalmente se distribuyó la muestra en estratos, por institución universitaria.

Instrumentos.

Razonamiento estadístico: Se tradujo el instrumento creado por Garfield (2003) denominado Statistical Reasoning Assessment – SRA (Evaluación de Razonamiento Estadístico). Este consta 20 ítems distribuidos en 16 escalas relacionadas con la estadística y probabilidad: 8 de razonamiento correcto y 8 de creencias erróneas. Entre los indicadores de razonamiento adecuado se encuentran las habilidades para interpretar probabilidades, distinguir entre correlación y causación, interpretar tablas de doble entrada, computar la probabilidad, comprender la independencia y entender la selección, el tamaño y la variabilidad de las muestras. El instrumento original, en sus escalas de razonamiento correcto, muestra una confiabilidad, test re-test, de .70.

Habilidades cognitivas: Se utilizó la Escala de Inteligencia de Wechsler para adultos WAIS IV compuesta por 15 subpruebas. De estas, se utilizaron las 10 pruebas principales: Diseño con cubos (DC), Semejanzas (SE), Retención de dígitos (RD), Matrices (MT), Vocabulario (VB), Aritmética (AR), Búsqueda de símbolos (BS), Rompecabezas visual (RV), Información (IN) y Claves (CL). Además, se utilizó la subprueba suplementaria, Peso figurado (PF), puesto que este

* Debido a dificultades en la consecución y evaluación de los participantes tal como se describen, se optó por llevar a cabo esta investigación preliminar con una muestra no aleatoria elegida por conveniencia.

se relaciona de manera importante con el razonamiento fluido de la teoría CHC (Benson, Hulac y Kranzler, 2010)

La subprueba de Información (IN) se ve muy influenciada por el contexto. En esta versión mexicana se incluyen preguntas lejanas a la población colombiana, por lo tanto, se realizó una revisión de dos ítems que consideramos problemáticos, y se cambiaron por otros equivalentes.

Procedimiento.

Se convocaron estudiantes de psicología de todas las universidades de la ciudad y el área metropolitana. Se aplicaron las pruebas en una única sesión; primero la de razonamiento estadística y a continuación las pruebas de habilidades cognitivas. Se tomaron descansos cada que la persona evaluada lo requiriera.

Plan de análisis.

Se hizo un análisis correlacional con el programa estadístico SPSS. Debido a que el tamaño de la muestra no permite establecer parámetros, se utilizó un análisis de correlación de Spearman.

Consideraciones éticas.

La investigación se desarrolló siguiendo los parámetros que rigen la psicología en Colombia consignados en la Ley 1090 de 2006. Especialmente, se dio cumplimiento a aspectos como el uso del consentimiento informado, la libertad de participación y la confidencialidad de la información. Se planteó, además, la responsabilidad de hacer devolución de los datos recolectados mediante informe individualizado de los resultados de las pruebas, asesoría en caso de resultados que evidenciaran indicadores clínicos y divulgación general de los resultados en las universidades que participaron.

Resultados

Los resultados de este estudio mostraron una correlación significativa entre razonamiento estadístico y las habilidades de inteligencia cristalizada (Gc) y de razonamiento fluido (Gf), lo que indica que, tanto la comprensión y conocimiento verbal, como la resolución de tareas nuevas se asocian a un alto desempeño en el razonamiento con conceptos estadísticos. De igual modo, aunque en menor relación directa, encontramos que entre más alta se encuentre la habilidad cognitiva general (G) y la memoria de trabajo a corto plazo (Gwm), el razonamiento estadístico es mejor (tabla 1).

Entre los resultados se encontró que la correlación entre la velocidad de procesamiento (Gs) y la velocidad de reacción y decisión (Gt) con el razonamiento estadístico, aunque no es significativa, es negativa, lo que indica que mientras menor sea la rapidez para realizar tareas simples, emitir juicios y tomar decisiones, el desempeño en el razonamiento estadístico tiende a mejorar.

Se destaca que el procesamiento visual (Gv) tenga una correlación cercana al cero, lo que muestra que no existe ninguna relación entre el desempeño en estadística y la habilidad de hacer uso de imágenes mentales simuladas para resolver problemas.

		SRA
Gv	Rho	0,003
	Sig. (bilateral)	0,990
	N	19
Gf	Rho	,472*
	Sig. (bilateral)	0,041
	N	19
Gt	Rho	-0,162
	Sig. (bilateral)	0,507
	N	19
G	Rho	0,243
	Sig. (bilateral)	0,317
	N	19
Gs	Rho	-0,143
	Sig. (bilateral)	0,559
	N	19

Gc	Rho	,520*
	Sig. (bilateral)	0,022
	N	19
Gwm	Rho	0,146
	Sig. (bilateral)	0,550
	N	19

Tabla 1. *Correlaciones entre habilidades cognitivas y razonamiento estadístico*

Fuente: Elaboración propia.

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Discusión

Como se ha mencionado ya, este estudio da cuenta de una clara relación directa y significativa entre razonamiento fluido (Gf) e inteligencia cristalizada (Gc) con el razonamiento estadístico, lo cual respalda parte de la hipótesis donde se plantea la correlación directa de estas variables, a su vez, dicha relación es mayor con respecto a las demás habilidades evaluadas. Parece ser que las habilidades más básicas (Gf y Gc) son las que más predicen el razonamiento estadístico, por lo que se podría decir que el modelo de habilidades cognitivas propuesto en la hipótesis puede ser explicativo del razonamiento estadístico. Además de la correlación significativa de Gf y Gc, se suma la correlación directa de razonamiento estadístico con la habilidad cognitiva general (G).

Con relación a estas habilidades se ha llegado a plantear la idea que tanto G como Gf podrían tratarse de la misma habilidad, con respecto a esto Cattell (citado en Schneider y McGrew, 2012) propuso la idea que G se esboza como un efecto acumulativo del Gf de las personas a lo largo de su existencia por lo que además nombra G como inteligencia fluida histórica o Gf (H). Las habilidades Gf y Gc se encuentran como componentes de G en el nivel de primer orden del modelo de habilidades cognitivas propuesto inicialmente por Cattell donde se encuentra Gf como factor primordial, con un nivel de correlación alto con G, y a Gc como factor secundario, con dicha correlación significativamente menor. Esto indica que, aunque la información recogida a través de la inducción y razonamiento secuencial (habilidades específicas principales de Gf) da cuenta de gran parte de los componentes de G, es necesario para completar la habilidad cognitiva general que toda esta información se consolide.

El razonamiento fluido y el razonamiento estadístico, aunque similares, son constructos diferenciados. De acuerdo con el marco teórico, las habilidades que constituyen Gf están unificadas en el propósito de resolver problemas desconocidos (Schneider y McGrew, 2012), mientras que, los resultados muestran que un buen desempeño en el razonamiento estadístico, también se apoya en otras estrategias y habilidades además de Gf. La correlación significativa entre ambas variables contrasta con los antecedentes de investigación, en los cuales la habilidad de razonamiento poco se aborda probablemente debido a la tendencia a evaluar la habilidad cognitiva general en lugar de las habilidades específicas. Llama la atención que en Klaczynski y Gordon (1996), el razonamiento deductivo tuvo que ver con una tarea estadística de análisis de covarianza; pero la relación se presentó únicamente cuando la estructura del problema suscitaba

un procesamiento más lento y analítico. Es probable que, en tareas de razonamiento estadístico, en las que se puede caer fácilmente en sesgos intuitivos, el razonamiento fluido es una habilidad importante para su correcta solución. Por otra parte, los resultados concuerdan con las investigaciones basadas en la teoría CHC puesto que Gf ha sido una habilidad con una amplia evidencia en relación con el aprovechamiento en matemáticas, tanto en las tareas aritméticas y computacionales, como en las de resolución de problemas (McGrew y Wendling, 2010).

Los resultados también coinciden con numerosas investigaciones que evidencian la fuerte predicción de Gc para las matemáticas (McGrew y Wendling, 2010). En la investigación de Klaczynski y Gordon (1996), Gc se relacionó con un tipo de razonamiento acerca de la ley de los grandes números, independiente del tipo de procesamiento utilizado (lento-analítico o rápido-heurístico). Esto sugiere que las habilidades y conocimientos cristalizados pueden ser otro recurso, distinto al razonamiento analítico, útil para un desempeño exitoso en la solución de problemas estadísticos. Una posible explicación es que las habilidades del lenguaje que componen Gc, como precursoras de la comprensión lectora (Schneider y McGrew, 2012), van incrementando su predicción para la solución de problemas matemáticos con la edad. Esto se debe a que los problemas van aumentando sus exigencias lingüísticas y, a su vez, las diferencias individuales en las habilidades lingüísticas especializadas en la edad adulta son pronunciadas e independientes entre sí (Carroll, 1993). Lo anterior indica que la evaluación de razonamiento estadístico utilizada en esta investigación tiene una alta exigencia lingüística para su comprensión, lo que es esperable en tareas que enfrentan cotidianamente los jóvenes y adultos universitarios.

Otra hipótesis, basada en los estudios de Lakoff y Núñez (2000), es que el entendimiento de las matemáticas tiene que ver con la capacidad de metáfora conceptual. Este es un mecanismo cognitivo que permite pensar un fenómeno en términos de otro y que sirve para construir significados abstractos. Al tratarse de un fenómeno cognitivo-lingüístico relacionado con la dimensión semántica, es de esperar que solamente aparezca vinculado al desarrollo del lenguaje. Además, los autores plantean que para el pensamiento metafórico es necesaria la experiencia y el contacto con las regularidades del mundo en actividades básicas como contar, medir, percibir el movimiento, las propiedades de los objetos, entre otras; y Gc tiene una importante influencia de factores como la experiencia, la educación y las oportunidades culturales. Por lo tanto, posiblemente la experiencia física y cultural puede aportar el contenido esencial para construir

metáforas cada vez más complejas y así, entender las ideas abstractas que componen las matemáticas.

Las demás habilidades como memoria de trabajo (Gwm), velocidad de procesamiento (Gs), velocidad de decisión y reacción (Gt) y procesamiento visual (Gv), podrían ser elementos secundarios. Vale la pena definir los hallazgos con respecto a cada una de estas habilidades debido que, a excepción de Gwm, tanto Gs como Gt correlacionaron de manera negativa con razonamiento estadístico mientras que Gv ni siquiera correlacionó.

Respecto a la habilidad de memoria, McGrew y Wendling (2010) encontraron una relación baja entre la memoria a corto plazo (Gsm) y la solución de problemas matemáticos en las edades de 14 a 19 años, mientras que la relación con la habilidad específica de memoria de trabajo (*Gsm-WM*) fue alta en todas las edades, tanto para aritmética como para solución de problemas. A su vez, Gómez, et.al. (2013) encontraron una relación significativa entre la memoria de trabajo y el razonamiento deductivo y probabilístico en estudiantes universitarios. Sin embargo, los resultados de esta investigación muestran una relación baja y poco significativa. Debido a la redefinición que ha tenido Gwm (antes Gsm) en la teoría CHC (Schrank, Lecker y Garruto, 2016, p. 191), es necesario llevar a cabo nuevas investigaciones en el tema, especialmente que incluyan evaluaciones del bucle fonológico y el esbozo visoespacial (en inglés *visuo-spatial sketch pad*) ya que, aunque ambos han mostrado una relación con el desempeño en matemáticas (Wendling y McGrew, 2010), en esta investigación únicamente se midió la memoria de trabajo con una modalidad sensorial auditiva mediante las subpruebas de Sucesión de números y Aritmética del WAIS IV.

El hecho de que Gs y Gt (habilidades de velocidad) hayan resultado, aunque no significativamente, correlacionadas de manera negativa con el razonamiento estadístico, permite ver que mientras la velocidad con que se realizan tareas simples, se emiten juicios y se toman decisiones sea menor, se tienden a reducir los errores de razonamiento estadístico. Esto se debe en gran parte a que en este último, las decisiones se toman con base en un conjunto de datos y sus representaciones, con énfasis en su análisis, para de esta manera poder comprenderlos e interpretarlos; otra razón es que las capacidades de velocidad se presentan como secundarias al momento de predecir el rendimiento durante la fase de aprendizaje y de adquisición de habilidades debido a que tienden a tomar importancia en el momento en que la persona sabe cómo realizar la

tarea (Schneider y McGrew, 2012). Es importante resaltar que la inclusión de estas habilidades en la hipótesis se planteó a partir del análisis de los antecedentes, que con frecuencia se apoyaron en el marco teórico de los dos niveles de procesamiento empleados en el razonamiento humano.

Aunque ninguno de los antecedentes encontrados indagó por Gs o Gt, la rapidez al momento de emitir juicios y llegar a conclusiones se planteó como una característica del sistema de procesamiento 1, que es heurístico, rápido e intuitivo (Kahneman, 2012). De acuerdo con nuestros hallazgos, podríamos afirmar que en tareas de entendimiento de problemas matemáticos y estadísticos la manera de llegar a las conclusiones debe apoyarse en el sistema de procesamiento 2 que requiere mayor esfuerzo, gasto de recursos cognitivos y participación de habilidades más complejas como Gf o Gc.

Con respecto a Gv existen dos tipos de evidencias contradictorias. La primera, plantea que hay muchas investigaciones a favor del vínculo entre la capacidad espacial y el rendimiento matemático (Cheng y Mix, 2014; Sherman, 1979, citados por Furlan, et.al., 2016); y que, en estadística, la habilidad espacial tiene una relación mayor que la de G, siendo esta más frecuente en mujeres que en hombres (Furnham y Chamorro, 2004). Por otro lado, la segunda línea resalta la no correlación de Gv con el aprovechamiento en el área de matemáticas (McGrew y Wendling, 2010) y con el razonamiento probabilístico (Furlan, et.al., 2016). Los resultados de esta investigación se decantan hacia la segunda línea. Para entender estos resultados McGrew y Wendling (2010) plantean que Gv puede ser un tipo de capacidad umbral, es decir, que se requiere un gasto mínimo para leer y ejecutar operaciones matemáticas, sin embargo, más allá del umbral mínimo, un mayor procesamiento visual no va a mejorar el rendimiento. Además, dicen que Gv puede ser importante en el aprovechamiento de las matemáticas a nivel superior en áreas específicas como la geometría, trigonometría y cálculo. En esta investigación, que está enfocada en la estadística, una posible explicación es que Gv puede ser necesaria para el aprendizaje de nociones muy básicas de matemáticas, especialmente de geometría y cálculo (como la representación de las figuras geométricas y de los números). Estas nociones, a su vez, son importantes en el aprendizaje de la estadística, por lo tanto, Gv puede actuar como variable indirecta y distal implicada en el razonamiento estadístico.

Por otra parte, también a partir de los resultados, es posible plantear algunas consecuencias en lo que concierne al aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas y de la estadística. Las nuevas tendencias educativas se están enfocando cada vez menos en el conocimiento declarativo y en las

operaciones matemáticas; el área de estadística no se salva de estos cambios, por lo tanto, cabe preguntarse en qué aspectos debería enfocarse la enseñanza en esta área. Si bien, el razonamiento estadístico no consiste en realizar operaciones mecánicas, las habilidades de cálculo numérico pueden ser importantes en algunos casos, especialmente en los primeros grados académicos, sin embargo, no debería ser el enfoque de la educación como viene siendo en Colombia (Gómez, 2016). Además, se cuestionan dos paradigmas opuestos en la enseñanza: uno se enfoca en el desarrollo de habilidades y el otro enfatiza en la memorización de conceptos. Debido a que, tanto el razonamiento fluido, como la inteligencia cristalizada, son componentes básicos para el buen desempeño en el razonamiento estadístico, la enseñanza debería brindar herramientas y acompañar ambos aspectos, es decir, la apropiación y comprensión de los conceptos (no memorización pasiva) y las habilidades de razonamiento que permitan aplicar estos conceptos en la solución de problemas. Lo que debería encontrarse un equilibrio entre ambas tendencias educativas para que el aprendizaje del alumno pueda ser exitoso.

La investigación acumulada muestra que, de la amplia gama de habilidades cognitivas humanas, algunas son más importantes que otras para el desarrollo de competencias académicas; y respecto al razonamiento estadístico, la Inteligencia Cristalizada (Gc), el Razonamiento Fluido (Gf) y, en menor medida, la Habilidad general (g) y la Memoria de Trabajo (Gwm). Por lo tanto, se podría cuestionar la pertinencia del énfasis en otras habilidades como el procesamiento visual, ya que la evidencia indica que en la edad adulta esta habilidad no mejora el desempeño. También se cuestiona la importancia de las habilidades de velocidad cognitiva Gs y Gt, lo que debería apuntar a la disminución de la injerencia de estas habilidades en el proceso de aprendizaje. Probablemente, sea más importante permitir a los estudiantes desarrollar la interiorización de los conceptos estadísticos en el tiempo que requieran, pues para esto se necesita un procesamiento de la información lento y analítico, así que la presión del tiempo podría entorpecer el proceso y disminuir el desempeño.

Finalmente, esta información es evidencia de que el modelo de habilidades cognitivas propuesto en esta investigación es útil al momento de correlacionar habilidades cognitivas con razonamiento estadístico puesto que resulta ser específico y explicativo al describir las habilidades que tienen mayor relación con el razonamiento y a su vez con el aprendizaje en estadística, por lo que sería pertinente que el modelo, y a su vez la teoría que lo fundamenta, sean tenidos en cuenta

y se repliquen en estudios que investiguen diferentes relaciones entre razonamiento estadístico y habilidades cognitivas.

Con estas conclusiones en mente, surgen reflexiones y preguntas respecto al rol de las habilidades cognitivas en la enseñanza y el aprendizaje. Teniendo en cuenta la relación tan alta que han mostrado respecto al desempeño académico y con la claridad de las habilidades específicas implicadas, resta averiguar cómo mejorar estas habilidades cognitivas en la población estudiantil y qué acciones pedagógicas pueden servir de estimulación cognitiva en el contexto educativo.

Específicamente en estudiantes de psicología, investigaciones como esta pueden aclarar malentendidos comunes frente al aprendizaje de la estadística puesto que, se contradicen algunas creencias erradas. Por ejemplo, se cree que la estadística es igual las demás áreas de las matemáticas, que las habilidades para la lectura y la escritura son totalmente distintas a las habilidades requeridas para las matemáticas, entonces si se es “bueno” para un área, se es “malo” para la otra. Por el contrario, esta investigación muestra que las mismas habilidades de conocimiento y lenguaje, importantes en la comprensión lectora son incluso más importantes que las habilidades de razonamiento fluido. Los efectos de estas creencias probablemente son similares a las consecuencias de los mitos sobre las matemáticas. Sobre esto, Lakoff y Núñez (2000, p.34) argumentan que la idealización de las matemáticas tiene como consecuencia la inaccesibilidad para las personas que están interesadas en ellas, lo que ha contribuido a la falta de una formación matemática adecuada en la población en general. Por lo anterior, se tiene el objetivo que estudios científicos sobre las matemáticas y la estadística sirvan para cambiar la concepción que se tiene de ellas en la sociedad. Por lo tanto, se espera que las conclusiones de esta investigación contribuyan al conocimiento científico de la estadística, y que permitan generar reflexiones y cuestionamientos a las creencias intuitivas de la población general, y de los mismos estadísticos, matemáticos y educadores.

Una de las limitaciones más significativas con la que se encontraron a la hora de llevar a cabo la investigación radicó en la consecución de la muestra planteada inicialmente como objetivo en este estudio, es por esta razón que se plantea la investigación como preliminar puesto que da cuenta de datos correlacionales parciales y da un indicio hacia lo que puede ser la correlación total de las variables. Otra de las dificultades es la falta de pruebas de estadística validadas en el contexto de la investigación, lo que llevó a realizar la traducción del instrumento Statistical Reasoning

Assessment – SRA creado por Garfield (2003). Teniendo en cuenta tanto estas limitaciones como los resultados descritos, es importante que se tenga en cuenta esta investigación al momento de llevar a cabo investigaciones similares para que estas cuenten tanto con una muestra probabilística y con instrumentos válidos y confiables.

Conclusiones

1. Los estudiantes colombianos de básica primaria, secundaria y del pregrado de psicología muestran un bajo desempeño en el área de las matemáticas y probablemente también en el área de la estadística. Esta última es importante para la población general y para la formación profesional en psicología.
2. La habilidad intelectual y el rendimiento escolar han sido temas de interés durante muchos años, con amplia evidencia de su fuerte correlación. Sin embargo, aún existen dudas acerca de la explicación y la interacción entre las variables que componen estos constructos, ya que inteligencia y rendimiento académico son conceptos amplios y generales. Por lo tanto, son necesarios y pertinentes los estudios que aborden habilidades cognitivas específicas implicadas en el rendimiento académico en áreas del conocimiento también específicas.
3. Los resultados de esta investigación mostraron que el razonamiento estadístico correlacionó en diferentes medidas con las habilidades cognitivas: inteligencia cristalizada (Gc), razonamiento fluido (Gf), habilidad cognitiva general (G), memoria de trabajo a corto plazo (Gwm), velocidad de procesamiento (Gs) y velocidad de reacción y decisión (Gt), definidas desde la teoría CHC. Esto confirmó parcialmente la hipótesis inicial del estudio.
4. Las habilidades Gf y Gc tienen un papel importante en varias áreas de desempeño académico, por lo tanto, es posible retomar las hipótesis iniciales de Cattell respecto a la estructura bifactorial de la inteligencia, por lo menos en lo concerniente al contexto educativo.
5. Como aporte a la psicología educativa, los resultados de esta investigación tienen implicaciones en el tema del aprendizaje de la estadística. Primero en cuanto a la validez y pertinencia del concepto de razonamiento estadístico, el cual puede posicionarse como el objetivo de la educación estadística; segundo, en cuanto a las habilidades cognitivas implicadas en el desarrollo de esta competencia.

Referencias

- Agus, M., Penna, M., Peró-Cebollero, M., Guàrdia-Olmos, J. & Pessa, E. (2016) Investigating the probabilistic reasoning in verbal-numerical and graphical-pictorial formats in relation to cognitive and non-cognitive dimensions: The proposal of a model. *Personality and Individual Differences*, 94, 44-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2016.01.003>
- American Psychological Association. (APA) (2016). Guidelines for the undergraduate psychology major: Version 2.0. *The American psychologist*, 71(2), 102 - 111.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. B. (Eds.). (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Dordrecht, Holanda: Kluwer academic publishers.
- Benson, N., Hulac, D. M., & Kranzler, J. H. (2010). Independent examination of the Wechsler Adult Intelligence Scale—Fourth Edition (WAIS-IV): what does the WAIS-IV measure?. *Psychological Assessment*, 22(1), 121-130.
- Carpenter, T. P., & Kirk, R. E. (2017). Are psychology students getting worse at math?: Trends in the math skills of psychology statistics students across 21 years. *Educational Studies*, 43(3), 282-295.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Estados Unidos de América, Nueva York: Cambridge University Press.
- Frey, M. C., & Detterman, D. K. (2004). Scholastic assessment or g? The relationship between the SAT and general cognitive ability. *Psychological Science*, 15(6), 373–378.
- Furlan, S., Agnoli, F. & Reyna, V. (2016). Intuition and analytic processes in probabilistic reasoning: the role of time pressure. *Learning and Individual Differences*, 45, 1–10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2015.11.006>
- Furnham, A. & Chamorro, P. (2004) Personality and intelligence as predictors of statistics examination grades. *Personality and Individual Differences*, 37(5), 943-955. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2003.10.016>.
- Garfield, J. B. (2003). Assessing statistical reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 2(1), 22-38.

- Garfield, J. (2002) The challenge of developing statistical reasoning. *Journal of statistics education, 10*(3). <https://doi.org/10.1080/10691898.2002.11910676>.
- Gómez-Chacón, I., García-Madruga, J., Vila, J. & Elosúa, R. (2013) The dual processes hypothesis in mathematics performance: Beliefs, cognitivereflection, working memory and reasoning. *Learning and Individual Differences, 29*, 67-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.10.001>
- Gómez, E. (2016) *Estadística y probabilidad en el currículo colombiano para educación básica y media*. XXVI Simposio Internacional de Estadística 2016.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2012). *Acerca de las evaluaciones del Icfes*. Recuperado de: <http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/acerca-de-las-evaluaciones/informacion-general>
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2017) *Guía de orientación módulos de competencias genéricas Saber Pro 2017*. Recuperado de: <http://www2.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/guias-de-orientacion>
- Jolley, S., Thompson, C., Hurley, J., Medin, E., Butler, L., Bebbington, P., Dunn, G., Freeman, D., Fowler, D., Kuipers, E. & Garety, P. (2014) Jumping to the wrong conclusions? An investigation of the mechanisms of reasoning errors in delusions. *Psychiatry Research, 219*(2), 275-282. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychres.2014.05.051>
- Kahneman, D., (2012), *Pensar rápido, pensar despacio*, Barcelona, España: Debate.
- Kaufman, S, Reynolds M., Liu, X., Kaufman A., & McGrew, K. (2012). Are cognitive g and academic achievement g one and the same g? An exploration on the Woodcock–Johnson and Kaufman tests. *Intelligence, 40*(2), 123-138.
- Klaczynski, P. A., & Gordon, D. H. (1996). Everyday statistical reasoning during adolescence and young adulthood: Motivational, general ability, and developmental influences. *Child Development, 67*(6), 2873-2891. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1131757>
- Kokis, J. V., Macpherson, R., Toplak, M. E., West, R. F. & Stanovich, K. E. (2002) Heuristic and analytic processing: Age trends and associations with cognitive ability and cognitive styles.

Journal of Experimental Child Psychology, 83(1), 26–52. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00121-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00121-2)

- Lakoff, G., & Núñez, R. E. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. Estados Unidos de América: Basic Books.
- McGrew, K. S., Flanagan, D. P., Keith, T. Z., & Vanderwood, M. (1997). Beyond g: The impact of Gf-Gc specific cognitive abilities research on the future use and interpretation of intelligence tests in the schools. *School Psychology Review*, 26(2), 189-210.
- McGrew, K. S., y Wendling, B. J. (2010). Cattell–Horn–Carroll cognitive-achievement relations: What we have learned from the past 20 years of research. *Psychology in the Schools*, 47(7), 651-675.
- McNair, S. & Feeney A. (2014) whose statistical reasoning is facilitated by a causal structure intervention? *Psychon Bull Rev*, 22(1), 258-264. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0645-y>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2006) *Estándares básicos de competencias*. Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2010) *Sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior*. Recuperado de: <http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-235585.html>
- Morsanyi, K., Handley, S. J., & Serpell, S. (2013). Making heads or tails of probability: An experiment with random generators. *British Journal of Educational Psychology*, 83(3), 379-395.
- Norcross, J. C., Hailstorks, R., Aiken, L. S., Pfund, R. A., Stamm, K. E., & Christidis, P. (2016). Undergraduate study in psychology: Curriculum and assessment. *American Psychologist*, 71(2), 89.
- Olave, G., Cisneros, M. y Rojas, L. (2013) Deserción universitaria y alfabetización académica. *Educación y Educadores*, 16 (3), 455-471.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2016). *La educación en Colombia*. Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356787_recurso_1.pdf

Schneider, W. J., & McGrew, K. (2012). The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence. In, D. Flanagan & P. Harrison (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (3rd ed.) (p. 99-144). New York: Guilford.

Schrank, F., Decker, S. & Garruto, J. (2016). *Essentials of WJ IV Cognitive Abilities Assessment*. New Jersey: Wiley.

Schunk, D. H. (2012) Introducción al estudio de aprendizaje. En: *Teorías del aprendizaje. Una perspectiva educativa*. 6ta Ed. México: Pearson Education.