

Efecto de la distorsión introspectiva sobre los errores de superficie en el razonamiento lógico

G. Macbeth, E. Razumiejczyk y M.C. Crivello

Guillermo Macbeth y Eugenia Razumiejczyk son Investigador Adjunto e Investigadora Asistente, respectivamente, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, actualmente en la Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias de la Educación. María del Carmen Crivello es Becaria Doctoral en el mismo organismo y Universidad.

Teorías generales del razonamiento deductivo

La investigación psicológica del razonamiento deductivo ha desarrollado hasta la actualidad tres grandes marcos teóricos que orientan el estudio de fenómenos inferenciales específicos (Manktelow y Chung,

2004): a) la teoría de lógica mental (Braine y O'Brien, 1988; Rips, 1988, 1994), b) la teoría de modelos mentales (García-Madruga, Gutiérrez, Carriedo, Moreno y Johnson-Laird, 2002; Johnson-Laird, 1983, 2008, 2010) y, c) la teoría de doble proceso (Evans, 2003, 2004, 2008; Evans y Over, 2004; Evans y Stanovich, 2013a, 2013b).

La *lógica mental* puede ser entendida como una aplicación de la noción filosófica de metáfora computacional al dominio del razonamiento. Los procesos de inferencia deductiva son interpretados según este enfoque como algoritmos cognitivos que operan de manera similar a un sistema de propósito general (Rips, 1988). La versión fuerte de la metáfora computacional afirma que la mente humana es un algoritmo (Minsky, 1988), de manera que sus procesos resultan susceptibles de modelado computacional. Esta idea se fundamenta en el juego de imitación de Turing (1950), por el cual se propone concluir que una máquina es inteligente si es capaz de aplicar un procedimiento de manera tal que sus resultados no puedan ser diferenciados de la acción humana. En el caso específico de la psicología del razonamiento, esta postura filosófica toma la forma de logicismo (Johnson-Laird, 2008), según el cual la men-

te humana posee dispositivos innatos de pensamiento que permiten al ser humano razonar correctamente (Pinker, 1994). Por ejemplo, la regla lógica de *modus ponens*, es decir $[(p \rightarrow q) \wedge (p)] \rightarrow (q)$, estaría disponible de manera espontánea para su aplicación y sería por ello evidenciable mediante la experimentación psicológica. La psicología de la demostración propuesta por Rips (1994) ofrece un extenso desarrollo de este enfoque logicista. Otro ejemplo de logicismo se encuentra en la elaborada teoría del razonamiento compilada por Braine y O'Brien (1998).

Por otra parte, la teoría de *modelos mentales* propuesta por Johnson-Laird (1983, 2008, 2010) comenzó a desarrollarse durante la década de 1980 desde un enfoque analítico anti-logicista. Según esta teoría, la mente humana no posee reglas lógicas innatas, sino que construye representaciones icónicas sobre mundos posibles. Dado un material específico de razonamiento, por ejemplo un silogismo, se conjetura que los participantes de un experimento psicológico construyen imágenes mentales de cada una de las alternativas que admite el material propuesto. A partir de estas alternativas se realizan inferencias, de manera que sólo las conclusiones que estas posibilidades tienen en común resultan admitidas como válidas. La actividad de razonar es, según la teoría de modelos mentales, una combinación de representación de posibilidades con inferencias de comparación (Johnson-Laird, 2008). Un corolario que surge de esta conjetura afirma que pensar es buscar contraejemplos, es decir, conclusiones que sean incompatibles con alguna de las posibilidades de representación de la información dada (Newstead, Thompson y Handley, 2002).

La tercera aproximación teórica dominante al estudio del razonamiento deductivo afirma que el pensamiento humano en general puede ser explicado como un *proceso doble*, es decir, como un compuesto atribuible a dos sistemas diferentes en interacción (Elqayam, 2009; Evans, 2003, 2004, 2008). El Sistema 1 o *heurístico* se caracteriza como intuitivo, rápido y de bajo consumo computacional. El Sistema 2 o *analítico* se describe como reflexivo, lento y de alto consumo computacional (Schroyens, Schaeken, Fias y d'Ydewalle, 2000). Si bien el enfoque de doble proceso no es una teoría única sino más bien un conjunto de teorías (Evans y Stanovich, 2013a, 2013b), su componente específico es la distinción entre procesos que sobrecargan la memoria de trabajo (analíticos) y procesos que no lo hacen (heurísticos). Una extensa elaboración de esta teoría de doble procesamiento se encuentra en la revisión propuesta recientemente por Kahneman (2011) tanto para el razonamiento deductivo, como para la toma de decisiones bajo incertidumbre.

Introspección y deducción

La introspección, entendida como dispositivo cognitivo auto-referencial por el cual el sistema cognitivo procesa información recursiva

(Thompson, 2009; Thompson, Prowse Turner y Pennycock, 2011) recibe diversa atención por parte las tres teorías mencionadas. El enfoque de la lógica mental no considera que la introspección sea una variable crítica explicativa (Minsky, 1988). Esto se debe a que la introspección remite a un registro subjetivo más que a un posible sistema proposicional (Rips, 1988; Turing, 1950) que puede en sí mismo ser inaccesible o sólo parcialmente accesible. La teoría de modelos mentales considera, en cambio, que la introspección es importante para comprender cómo funciona el razonamiento (Johnson-Laird, 2008). Esta opinión se hace evidente en los trabajos precursores de la teoría de modelos mentales que empleaban reportes verbales (Wason y Johnson-Laird, 1972). Tales experimentos fueron diseñados de modo tal que se les solicitaba a los participantes que relataran los contenidos de sus pensamientos durante la resolución de problemas deductivos. Estos reportes introspectivos eran considerados como críticos para la construcción de modelos explicativos de la inferencia deductiva. Una importancia similar le concede a la introspección la teoría de doble proceso. En un desarrollo reciente, Thompson (2009) ha propuesto que los procesos metacognitivos, es decir la introspección redefinida desde la psicología cognitiva como auto-monitoreo y auto-control, son fundamentales para comprender la interacción entre el Sistema 1 (heurístico) y el Sistema 2 (analítico o reflexivo). Esta propuesta sugiere que las tareas de razonamiento activan espontáneamente el Sistema 1 para generar una respuesta rápida de bajo consumo mental. Sin embargo, junto con el producto de tal proceso se activaría un juicio metacognitivo o introspectivo relativo al mismo producto (Thompson et al., 2011). Sobre la base de tal juicio recursivo se decidiría la activación o inhibición del Sistema 2 (Stupple, Ball y Ellis, 2013). Por ejemplo, dada una tarea de razonamiento que solicita reconocer una equivalencia lógica el Sistema 1 elige una respuesta entre una lista de opciones según el paradigma clásico de selección (Johnson-Laird, 2008). Simultáneamente, el Sistema 1 generaría un *juicio de ajuste* (Thompson, 2009), entendido como una interpretación realizada sobre la base de otro registro metacognitivo que Thompson et al. (2011) denominan *sensación de ajuste*. La sensación de ajuste se define como una experiencia subjetiva de fluidez de información por la cual se asocia el producto de una inferencia deductiva con la opinión de haber acertado en la tarea realizada. El pasaje de la sensación al juicio consiste en la elaboración de representaciones proposicionales a partir de la mencionada experiencia. Es por este juicio de ajuste que el participante dispone de un registro que le permite decidir si conserva la selección intuitiva realizada o si procede, en cambio, a elaborar una selección más analítica. Si el juicio de ajuste es de registro bajo, entonces resulta conveniente pensar mejor la respuesta. Asimismo, si el juicio de ajuste es de registro alto, entonces no hace falta invertir más tiempo ni esfuerzo mental en elegir otra opción (Stupple y Ball, 2008). De esta manera, la introspec-

ción tendría una función de articulación entre el Sistema 1 y el Sistema 2 en la teoría de doble proceso.

Esta propuesta de Thompson (2009), sin embargo, formula pronósticos solamente a partir de la *intensidad* del juicio de ajuste pero no considera la *calidad* de tales juicios. No obstante, por ser el juicio de acuerdo una representación proposicional resulta pertinente considerar su calidad. Es decir, más allá de la magnitud de registro de este producto introspectivo, es conveniente tener en cuenta su eficacia. Un juicio de ajuste puede poseer un registro alto y de buena calidad, pero también puede ser alto y de mala calidad. Un participante experimental puede estar muy confiado de haber elegido una respuesta correcta, sin que ese sea el caso (Kahneman, 2011). La misma dualidad puede darse con los juicios de baja calidad. Por ello se propone en la presente contribución una estrategia alternativa al registro directo del juicio de ajuste que permite conocer la calidad de tales productos.

Introspección, calibración y errores deductivos

Para operacionalizar la calidad introspectiva se propone construir un índice que articule el rendimiento objetivo con el registro subjetivo de rendimiento. Esta estrategia se ha inferido del paradigma clásico de calibración que se emplea para investigar algunos fenómenos típicos de la toma de decisiones bajo incertidumbre como el sesgo de sobreconfianza o el efecto difícil-fácil (Kahneman, 2011). La hipótesis de trabajo de este estudio afirma que la calidad introspectiva es predictiva de los errores de razonamiento en tareas de equivalencia lógica. Existe evidencia previa de la relación entre la introspección y los aciertos en razonamiento deductivo (Macbeth, Razumiejczyk y Campitelli, 2011). El presente estudio se ocupa de manera complementaria de los errores en las mismas tareas. De manera específica, se pronostica que una menor calidad introspectiva es predictiva de una mayor cantidad de errores de superficie. Los errores de superficie son aquellas respuestas a problemas deductivos cuyos rasgos externos coinciden con algunos rasgos externos del planteo del problema (Evans, 1972; Macbeth, Razumiejczyk, Crivello, Fioramonti y Pereyra Girardi, 2013; Prado y Noveck, 2006; Stuppel et al., 2013). Se denominan errores de superficie porque no operan sobre estructuras profundas, sino que se limitan a repetir señas carentes de elaboración semántica (Craik y Lockhart, 1972; Craik y Tulving, 1975; Roediger, Gallo y Geraci, 2002). En la presente contribución se propone generar un modelo de regresión simple de los errores de superficie en tareas de reconocimiento de equivalencias lógicas para la negación de conjunciones y disyunciones tomando a la calidad introspectiva como factor predictor.

En síntesis, la teoría de lógica mental no considera que la introspección sea importante para comprender al razonamiento humano, pero las

teorías de modelos mentales y de doble proceso consideran que el registro introspectivo posee relevancia funcional. La teoría de doble proceso, en particular, le confiere a los procesos metacognitivos una función crítica de transición entre la intuición y el análisis. Sin embargo, tal teoría considera la intensidad de los juicios de ajuste, pero no su calidad. Se propone en la presente contribución que la calidad del registro introspectivo es predictiva de la comisión de errores de superficie. Esta propuesta extiende el modelo metacognitivo de Thompson (2009; Thompson et al., 2011) en el marco teórico general de doble procesamiento.

Método

Una conjetura reciente de la teoría de doble proceso del pensamiento humano sostiene que la introspección posee relevancia crítica para explicar el funcionamiento del razonamiento deductivo (Thompson, 2009). Para poder evaluar esta conjetura general resulta necesario restringirla de manera que se vuelva tratable empíricamente. Con tal propósito se propone emplear: a) una tarea específica de razonamiento deductivo relacionada con el reconocimiento de equivalencias lógicas para la negación de conjunciones y disyunciones dentro del paradigma inferencial clásico en tareas de selección (Sevenants, Dieussaert y Schaecken, 2011), b) materiales concretos y abstractos porque en estudios previos se detectó un funcionamiento diferencial entre ambos (Johnson-Laird, 2008; Manktelow y Chung, 2004; Wason y Johnson-Laird, 1972) y, c) análisis centrados en los errores en lugar de los aciertos, especialmente para los errores relacionados con procesamientos superficiales (Evans, 1972; Prado y Noveck, 2006; West y Holcomb, 2000). Estas restricciones permiten evaluar la conjetura general de Thompson (2009) y también extender su modelo metacognitivo mediante la consideración de la calidad de la introspección más allá de su intensidad.

El Estudio 1 se propone evaluar si la calidad introspectiva explica el comportamiento de los errores superficiales de razonamiento con materiales concretos. El Estudio 2 propone el mismo objetivo que el Estudio 1 pero mediante la evaluación de materiales abstractos. Los materiales seleccionados son proposiciones compatibles con el lenguaje natural u ordinario (Khemlani, Orenes y Johnson-Laird, 2012), que se opone al lenguaje formal diseñado para ser procesado por máquinas. Si bien la distinción entre lenguaje natural y lenguaje artificial es difusa, podría decirse que el primero es ambiguo y sensible al contexto mientras que el segundo presenta menor ambigüedad y mayor independencia del contexto (Pinker, 1994). Lenguaje natural es, por ejemplo, la lengua española que se habla en España o en Argentina. Ejemplos de lenguaje formal son, en cambio, los lenguajes de programación C++, Python o Lisp. Para poner a prueba la conjetura mencionada se diseñó una tarea experimental que permite evaluar el reconocimiento de equivalencias lógicas

entre proposiciones que toman la forma de negaciones para conjunciones y disyunciones. El fundamento del diseño empleado se encuentra en las equivalencias lógicas de Augustus DeMorgan (1847). Las leyes de DeMorgan establecen que la negación de una conjunción es una disyunción y la negación de una disyunción es una conjunción. Tomando los símbolos estándar de la lógica matemática (Garnier y Taylor, 1996; Suppes y Hill, 1992) para la negación (\neg), la conjunción (\wedge), la disyunción (\vee) y la equivalencia (\equiv), la ley 1 de DeMorgan afirma que $[\neg (p \wedge q)] \equiv (\neg p) \vee (\neg q)$. La ley 2 de DeMorgan establece que $[\neg (p \vee q)] \equiv (\neg p) \wedge (\neg q)$. Un ejemplo para la ley 1 es la equivalencia lógica entre las dos frases siguientes: "No es cierto que: la moneda brasilera sea el Real y la moneda española sea el Euro" y "La moneda brasilera no es el Real o la moneda española no es el Euro". Se puede demostrar matemáticamente que estas dos proposiciones son equivalentes, es decir, que tienen exactamente el mismo valor de verdad. Por razones sintácticas, se puede reemplazar una frase por la otra sin alterar el significado del mensaje. Si bien una frase es la negación de una conjunción y la otra es la disyunción de dos negaciones, la lógica proposicional garantiza que se trata de dos frases equivalentes según la ley 1. Una prueba formal de esta propiedad puede encontrarse en DeMorgan (1847), Macbeth et al. (2011) y Suppes y Hill (1992). Un ejemplo para la ley 2 es la equivalencia formal entre las dos frases siguientes: "No es cierto que: 2 sea menor que 3 ó 5 sea mayor que 4" y "2 no es menor que 3 y 5 no es mayor que 4". La lógica proposicional establece que ambas frases expresan el mismo significado. En este ejemplo puede apreciarse que la equivalencia lógica posee una estructura sintáctica que resulta independiente del valor de verdad de las proposiciones atómicas que la componen, lo cual ha sido probado experimentalmente.

Una propiedad importante que poseen estas formas abstractas se refiere a que sus respectivas estructuras son siempre equivalentes, sin importar el valor de verdad de sus componentes. Las leyes o equivalencias de DeMorgan valen para todas las combinaciones atómicas de verdad y falsedad (Suppes y Hill, 1992). En un estudio reciente se ha encontrado que el reconocimiento de estas equivalencias no difiere psicológicamente entre proposiciones fácticas y contra-fácticas (Macbeth, Razumiejczyk, Crivello, Bolzán, Pereyra Girardi y Campitelli, en prensa).

Estudio 1

Diseño

Se empleó un diseño observacional con el propósito de obtener evidencia correlacional y construir un modelo de regresión. Se evaluaron tres variables para construir el modelo: la cantidad de aciertos, el éxito subjetivo y la cantidad de errores de superficie. Para definir la variable independiente se construyó un índice de calibración mediante el cálculo

de la distancia euclidiana entre la cantidad de aciertos y el éxito subjetivo. Tal índice de calibración se tomó como predictor del modelo de regresión. La variable dependiente se definió por la cantidad de errores de superficie.

La cantidad de aciertos se operacionalizó como la acumulación de respuestas correctas por participante, según las leyes de DeMorgan, en una tarea experimental de 8 ítems. El éxito subjetivo se operacionalizó como una estimación acerca del rendimiento alcanzado por cada participante luego de completar los 8 ítems solicitados por la tarea. La consigna solicitaba a cada participante una opinión personal acerca de la cantidad de aciertos logrados. Estas dos medidas, una de éxito objetivo (O) definido como la cantidad de aciertos efectivamente logrados y la otra de éxito subjetivo o estimado (E), permitieron obtener el índice de calibración buscado (C). Se definió el índice de calibración para cada participante como $C = \sum_{i=1}^8 (E_i - O_i), \forall i \in N, i \in \{1, \dots, 8\}$. Se consideró a esta variable como una evaluación de la calidad de la introspección porque $C = 0$ cuando el éxito subjetivo y el éxito objetivo coinciden, pero $C \neq 0$ cuando discrepan. Es por ello que la distancia euclidiana entre el éxito

subjetivo y el objetivo ($d_e(E, O) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}; \forall i \in N$), de la que el índice propuesto es un corolario, puede ser considerada como una cuantificación de la calidad de la introspección. Cuanto más se aleja el éxito subjetivo del éxito objetivo, peor es la calidad del registro introspectivo porque menor es la coincidencia entre la creencia personal y la realidad extra-mental. La literatura de calibración denomina sesgo de sobreconfianza a la situación $E > O$ y sesgo de subconfianza a $E < O$ (Kahneman, 2011). Como la dificultad de las tareas produce generalmente sobreconfianza, el presente estudio pronostica la ocurrencia significativa de tal sesgo tanto para materiales concretos (Estudio 1), como para materiales abstractos (Estudio 2).

Participantes

La muestra se conformó con 79 estudiantes de grado de carreras de Ciencias Sociales de una universidad pública ubicada en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos, Argentina. Si bien las mujeres ($n = 69$; 87,34%) tuvieron más participación que los varones ($n = 10$), las diferencias tanto de aciertos (U Mann-Whitney; $z = -0,262$; $p = 0,793$; δ Cliff = 0,04), como de errores de superficie (U Mann-Whitney; $z = -0,429$; $p = 0,668$; δ Cliff = 0,08) no resultaron significativas entre géneros. Al comparar por género se obtuvieron distribuciones incompatibles con el supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov, por lo cual se empleó una prueba no paramétrica. Esta misma condición se encontró en el Estudio 2 para la comparación entre géneros. Todas las distribuciones restantes consideradas en este artículo resultaron compatibles

con un tratamiento normal, por lo cual se realizaron pruebas paramétricas. Sólo en el caso del género se debió recurrir a estadísticos robustos. La media de edad resultó de 25,05 años ($DE = 4,56$). Los participantes fueron reclutados al azar. En todos los casos la participación fue voluntaria. Antes de comenzar el estudio, los participantes dieron su consentimiento informado por escrito. Las sesiones de recolección de datos tuvieron lugar al comienzo de una clase regular, con autorización institucional y conformidad del profesor a cargo. La prueba fue administrada por los autores del presente artículo.

Procedimiento y materiales

La recolección de datos se realizó de manera grupal, mediante respuestas individuales en papel y lápiz. Las sesiones consumieron unos 10 minutos. Se administró el estudio en grupos de 25 participantes como máximo para preservar la concentración que la tarea requiere. Cada participante recibió una copia impresa de un protocolo que invitaba en primer lugar a dar un consentimiento informado. Luego de completar esta etapa, los participantes recibieron un protocolo impreso de ejercicios con leyes de DeMorgan. La consigna solicitaba reconocer entre cuatro frases dadas en minúsculas la equivalencia lógica para una frase dada en mayúsculas. Se aclaró que en todos los casos una y sólo una opción de respuesta era correcta. La frase en mayúsculas comenzaba diciendo "NO ES CIERTO QUE:" y luego aparecía una conjunción o una disyunción. Las conjunciones se formaron mediante el conectivo "y" uniendo dos proposiciones atómicas, entendidas como oraciones simples carentes de conectivos y susceptibles de verdad o falsedad (Suppes y Hill, 1992). Las disyunciones se diseñaron mediante el conectivo "o" uniendo dos proposiciones atómicas luego de la negación mencionada. La tarea completa incluía 8 ítems, de los cuales 4 eran negaciones de conjunciones (ley 1) y 4 eran negaciones de disyunciones (ley 2). Dado que la combinatoria completa del valor de verdad (V o verdadero, F o falso) de 2 proposiciones atómicas requiere de 4 casos, se decidió emplear todos los casos posibles para cada ley. Es decir, entre los 4 casos de cada ley se cubrieron todas las combinaciones de valores de verdad para las proposiciones atómicas (VV, VF, FV, FF). Un ejemplo de la ley 2 (negación de disyunción) para la combinación FF que se empleó en este estudio es: "NO ES CIERTO QUE: ÁFRICA SEA UNA CIUDAD O LONDRES SEA UN CONTINENTE". Su equivalente lógico es "África no es una ciudad y Londres no es un continente". Como puede apreciarse en este ejemplo, la equivalencia depende de la sintaxis lógica con independencia de sus valores de verdad atómicos (DeMorgan, 1847; Garnier y Taylor, 1996). En este ejemplo se empleó FF, pero el resultado es el mismo cuando se emplea cualquiera de las otras tres combinaciones (VV, VF, FV). La equivalencia surge de la composición de conectivos, es decir, de la estructura sentencial profunda.

Todas las proposiciones incluidas en los 8 ítems del Estudio 1 son concretas porque el sujeto de la oración refiere siempre a entidades singulares en lugar de referir a conjuntos o conceptos abstractos. En este último caso, las proposiciones obtenidas no se corresponden con el tema de interés porque los sujetos categoriales están operados por cuantificadores. Cuando se dice "Un número primo se divide sólo por sí mismo y por la unidad", la forma lógica de esta proposición debe abarcar a todos los números primos. Es decir, en sentido abstracto esta frase predica algo sobre una entidad x , de manera que vale para todo x , siendo x un número primo. La negación de tal cuantificador universal genera un cuantificador existencial (Garnier y Taylor, 1996). Estas figuras cuantificadas se rigen por reglas específicas (Suppes y Hill, 1992) diferentes de las formas que toman las equivalencias de DeMorgan que interesan en este estudio, por lo cual se omitió la figura universal y se restringió el diseño de los materiales a proposiciones singulares.

Por tratarse del paradigma clásico de selección, se decidió emplear 4 alternativas de respuesta para reducir los aciertos por azar a 1/4 por ítem (sólo 1 respuesta es favorable de 4 respuestas posibles). Por ello, el máximo de aciertos por azar a lo largo de la prueba completa es de 2 respuestas ($1 / 4 \times 8 = 2$). Adicionalmente, en todos los ítems se incluyeron las mismas figuras de respuestas erróneas para promover la homogeneidad de la tarea. La confiabilidad de esta prueba resultó buena (α Cronbach = 0,597) según la clasificación propuesta por Fleiss, Levin y Paik (2004). Para ambas leyes se incluyeron las opciones con proposiciones atómicas negadas del condicional ($\neg p \rightarrow \neg q$) y de la disyunción excluyente ($p \vee q$). La disyunción excluyente se diferencia de la disyunción incluyente empleada en las leyes de DeMorgan por el alcance respectivo. El caso VV es verdadero para la disyunción incluyente, pero falso para la excluyente. A estas opciones se agrega la respuesta correcta para la ley 1 ($\neg p \vee \neg q$) y para la ley 2 ($\neg p \wedge \neg q$). Se incluyó también la opción correcta para la ley alternativa. Es decir, en los ítems de la ley 1 los participantes podían optar por la respuesta incorrecta $\neg p \wedge \neg q$ y en la ley 2 por la incorrecta $\neg p \vee \neg q$. Esta opción resulta crítica para el presente estudio porque operacionaliza al error de superficie buscado para la construcción del modelo de regresión. Se incluyó el condicional porque se puede demostrar con herramientas de la lógica matemática que un condicional equivale a una disyunción (Suppes y Hill, 1992). Asimismo, una disyunción se puede expresar como una conjunción (por leyes de DeMorgan). En síntesis, tanto para la ley 1 como para la ley 2, se ofrecieron 4 opciones de respuesta. Una y sólo una era correcta, mientras que las tres restantes se replicaron en forma abstracta para ambas leyes.

La opción errónea de superficie que conserva en la proposición en minúsculas al operador lógico de la proposición en mayúsculas presenta especial interés teórico para la teoría de doble proceso. Según Gilhooly

(2005), cuanto mayor es la dificultad de las tareas de razonamiento, mayor es la tendencia de los participantes a responder seleccionando opciones de superficie. Las respuestas superficiales son aquellas que conservan en la opción elegida la apariencia externa de la información dada (Gilhooly, Logie, Wetherick y Wynn, 1993). Según Stupple et al. (2013), estas respuestas se asocian a una falta de comprensión de los materiales o de la tarea. En estudios previos se ha encontrado que el procesamiento de las equivalencias de DeMorgan es una tarea difícil (Khemlani et al., 2012; Macbeth, Razumiejczyk y Campitelli, 2013), por lo cual se pronostica en el presente estudio un predominio de respuestas de superficie en coherencia con la conjetura de Gilhooly (2005). El orden de presentación de los materiales se aleatorizó a lo largo de los 8 ítems. También se aleatorizó el orden de las opciones dentro de cada ítem.

Hipótesis

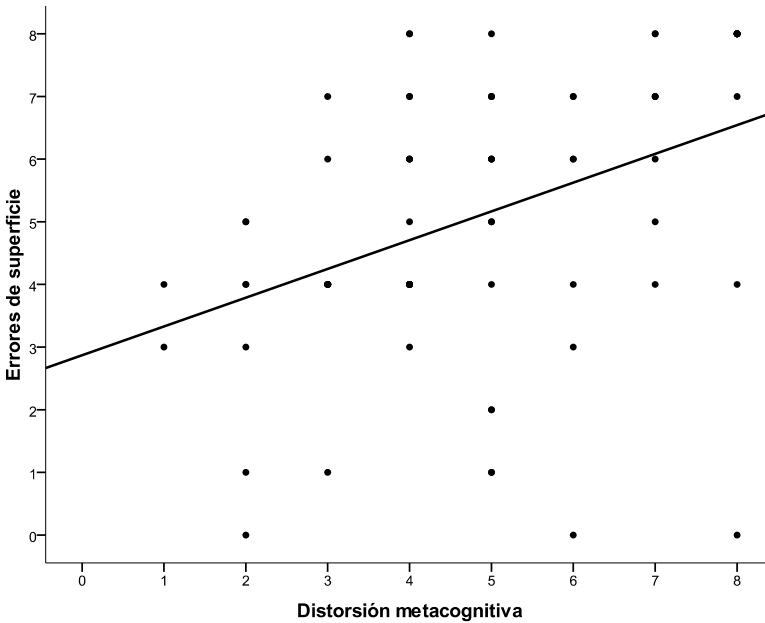
La hipótesis H1 pronostica una correlación directa y significativa entre el índice C de distorsión introspectiva y la comisión de errores de superficie. Se espera que los participantes cuyo éxito subjetivo se distancie de su éxito objetivo en el reconocimiento de leyes de DeMorgan generen mayor cantidad de respuestas erróneas de superficie. Se considera que la respuesta errónea de superficie para la ley 1 (negación de conjunciones) es $\neg p \wedge \neg q$ y para la ley 2 (negación de disyunciones) es $\neg p \vee \neg q$. En ambos casos se conserva sin modificar el operador dado como rasgo de superficie. Se justifica esta hipótesis por la propuesta de Gilhooly (2005) que predice estrategias rudimentarias de procesamiento para tareas de razonamiento que resultan difíciles.

Adicionalmente, se espera que las variaciones de la distorsión metacognitiva o introspectiva expliquen parcialmente las variaciones en la comisión de errores de superficie. De esta manera, la hipótesis H2 afirma la viabilidad de un modelo de regresión que emplea a la distorsión metacognitiva como variable independiente y a los errores de superficie como variable dependiente. La hipótesis complementaria H3 pronostica la ocurrencia del sesgo de sobreconfianza por la dificultad hallada en estudios previos que emplearon tareas similares (Khemlani et al., 2012; Macbeth et al., 2011). En sentido lógico, la hipótesis H3 es condición de posibilidad para las hipótesis H1 y H2 porque la covariación entre la distorsión metacognitiva y los errores de superficie asume la ocurrencia de tal distorsión y de tales errores. Los errores fueron definidos como una medida directa (frecuencia de un evento observado), pero la distorsión se definió como una medida indirecta a partir de un índice (distancia euclidiana entre dos vectores). Por ello se necesita realizar una prueba de significación para comparar entre sí a las variables computadas en el índice C. Es decir, se requiere evidencia compatible con H3 para que tenga sentido probar H1 y H2.

Resultados

Las tres hipótesis resultaron compatibles con la evidencia. En coherencia con H1 se encontró una correlación directa y significativa entre la distorsión metacognitiva y la cantidad de errores de superficie ($r = 0,442$; $p < 0,001$; $d \text{ Cohen} = 0,985$; tamaño del efecto grande). Se empleó una función propuesta por Cohen (1988) para transformar el coeficiente de correlación r de Pearson en tamaño del efecto d de Cohen. El tamaño obtenido corresponde a un efecto grande ($d > 0,80$). En consonancia con la H2 se logró construir un modelo significativo de regresión ($F_{(1,78)} = 18,725$; $p < 0,001$; $R^2_{ajustado} = 0,185$; $f^2 = 0,226$; tamaño del efecto mediano). Se generó el sesgo de sobreconfianza ($t = 19,929$; $gl = 78$; $p < 0,001$; $d = 2,99$). El éxito subjetivo ($media = 6,11$; $DE = 1,617$) resultó significativamente mayor que el éxito objetivo ($media = 1,39$; $DE = 1,531$) en coherencia con H3. La Figura 1 muestra el modelo de regresión propuesto en H2 por el cual los errores de superficie se explican en un 18,5% por las variaciones de la distorsión metacognitiva o introspectiva definida como índice de calibración.

Figura 1
Introspección y errores de superficie
con proposiciones concretas en leyes de DeMorgan



Nota: la distorsión metacognitiva o introspectiva se definió mediante el índice de calibración. Este índice genera valores positivos cuando ocurre el sesgo de sobreconfianza que se muestra en abscisas. Los errores de superficie se refieren a la selección de respuestas incorrectas que conservan rasgos externos de la información dada en la consigna. Este modelo de regresión explica el 18,5% de la variabilidad de los errores de superficie por variaciones de la calidad introspectiva.

Discusión

Los resultados del Estudio 1 son compatibles con las conjeturas de Thompson (2009) y Gilhooly (2005). El índice de calibración propuesto puede ser considerado como una variable metacognitiva en tanto implica el auto-monitoreo del sistema cognitivo (Thompson, 2009). Esta variable introspectiva resultó predictiva del comportamiento de los errores de superficie en tareas experimentales que emplean leyes de DeMorgan con contenidos concretos. De la misma manera, se encontró que la tarea resultó difícil. Sólo 20 participantes de un total de 79 lograron acertar más de dos respuestas, lo cual representa un 25,31% de la muestra del Estudio 1. Para el 74,69% de los participantes la tarea resultó tan difícil que no lograron superar la cantidad máxima de aciertos que pueden lograrse por azar ($p_{(\text{azar por ítem})} \times \text{cantidad de ítems} = 1 / 4 \times 8 = 2$). En tal contexto de dificultad resulta esperable que las respuestas de superficie sean frecuentes en coherencia con el pronóstico de Gilhooly (2005).

Estudio 2

El Estudio 2 se propone replicar con proposiciones abstractas los hallazgos que el Estudio 1 obtuvo con proposiciones concretas.

Diseño

Se empleó el mismo diseño que en el Estudio 1.

Participantes

Participaron 86 estudiantes reclutados al azar de la misma población que los participantes del Estudio 1. Ningún participante del Estudio 1 fue incluido en el Estudio 2. La media de edad resultó de 24,55 años ($DE = 4,02$). Predominaron las mujeres ($n = 71$; 82,55%) sobre los varones ($n = 15$). No se hallaron diferencias significativas por género en los aciertos de la tarea de DeMorgan (U Mann-Whitney; $z = -0,694$; $p = 0,487$; $\delta \text{ Cliff} = 0,10$) ni en la frecuencia de errores de superficie (U Mann-Whitney; $z = -0,530$; $p = 0,596$; $\delta \text{ Cliff} = 0,08$).

Procedimiento y materiales

Se empleó el mismo procedimiento utilizado en el Estudio 1. Para el diseño de los materiales se empleó la misma estructura lógica que en el

Estudio 1, pero se construyeron nuevas proposiciones de mayor abstracción. Se seleccionaron temas matemáticos relacionados con números, ángulos o figuras geométricas. Estos objetos resultan más abstractos que los objetos del Estudio 1, relacionados con ciudades o personas concretas. Si bien las proposiciones empleadas en el Estudio 2 son más abstractas que las del Estudio 1, no puede afirmarse que sean completamente abstractas. Su polaridad es mayor en un gradiente de abstracción, pero no son puramente abstractas en el sentido que generalmente le confiere a la abstracción la psicología del razonamiento, es decir, libres de singularidad espacial y temporal (Wason y Johnson-Laird, 1972). En este estudio se evitó la construcción de tales expresiones extremas porque su comunicación se aproxima a proposiciones cuantificadas, lo cual resulta problemático porque tanto las universales, como las existenciales, se operan de una manera que excede el problema específico del presente artículo. Es decir, para lograr una abstracción total sería necesario construir proposiciones tales como "No es cierto que: A es B y C es D". El problema que surge con esta proposición radica en que su traducción al lenguaje de la lógica matemática obliga a formular un cuantificador universal. La forma abstracta de la primera proposición atómica (A es B) sería: para todo elemento x que pertenece al conjunto A, ese mismo elemento x pertenece a B. Formalmente, empleando la sintaxis de la lógica proposicional clásica se debería escribir la primera conjunción atómica (A es B) como:

$$\forall x \in U : (x \in A \Rightarrow x \in B) \wedge (x \in B \Rightarrow x \in A).$$

La negación de un cuantificador universal genera un cuantificador existencial (Garnier y Taylor, 1996), lo cual excede el caso específico seleccionado como material del presente estudio. Como se aprecia en esta advertencia, las proposiciones completamente abstractas no son compatibles con las figuras básicas no cuantificadas de las leyes de DeMorgan empleadas para construir los materiales del Estudio 1. Se emplearon por ello proposiciones de niveles no extremos de abstracción con contenido matemático para construir los materiales del Estudio 2. Un ejemplo de proposición abstracta empleada en el Estudio 2 para la ley 1 con valores VF es: "NO ES CIERTO QUE: 7 SEA NÚMERO PRIMO Y PI SEA NÚMERO ENTERO". Su equivalencia es "7 no es un número primo o Pi no es un número entero".

Hipótesis

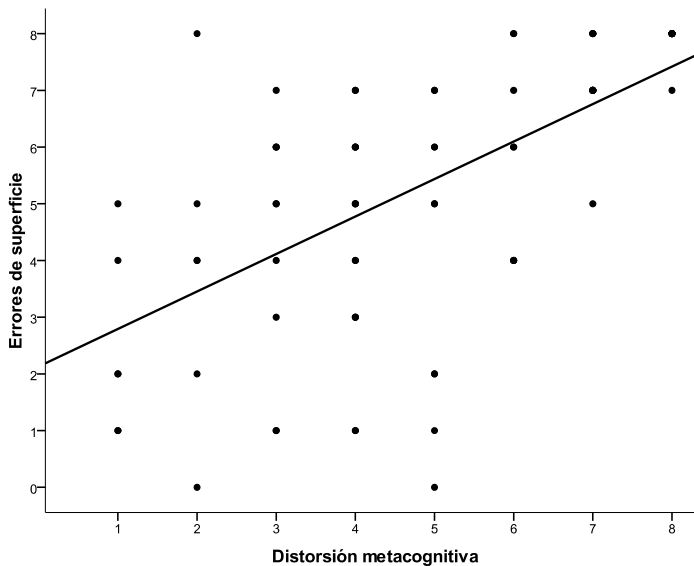
La hipótesis H4 propone una covariación significativa entre el índice de calibración y la frecuencia de ocurrencia de errores de superficie con proposiciones abstractas construidas según las leyes de DeMorgan. La hipótesis H5 pronostica un modelo de regresión significativo con la distorsión metacognitiva como predictor y los errores de superficie como variable dependiente. Por su parte, la hipótesis H6 pronostica el sesgo de sobreconfianza para proposiciones abstractas como condición de

posibilidad para evaluar H4 y H5. La justificación de estas tres hipótesis replica los argumentos presentados para las hipótesis del Estudio 1.

Resultados

Las tres hipótesis resultaron compatibles con la evidencia. La correlación entre la distorsión metacognitiva y la comisión de errores de superficie resultó significativa y directa ($r = 0,681$; $p < 0,001$; $d = 1,859$), en coherencia con H4. La regresión resultó significativa ($F_{(1,85)} = 72,805$; $p < 0,001$; $R^2_{ajustado} = 0,458$; $f^2 = 0,845$; tamaño del efecto grande), como se pronosticó en H5. Asimismo, se halló el sesgo de sobreconfianza pronosticado en H6 ($t = 17,121$; $gl = 85$; $p < 0,001$; $d = 2,857$). El éxito subjetivo ($media = 5,98$; $DE = 1,866$) resultó ser mayor que el éxito objetivo ($media = 1,30$; $DE = 1,373$). El modelo de regresión resultante donde la distorsión metacognitiva funciona como predictor y los errores de superficie como variable dependiente explica un 45,8% de la variabilidad. La Figura 2 ofrece una representación visual del modelo de regresión propuesto para proposiciones abstractas.

Figura 2
Introspección y errores de superficie
con proposiciones abstractas en leyes de DeMorgan



Nota: se emplearon los mismos criterios de construcción que en la Figura 1. Este modelo explica el 45,8% de los errores de superficie por la variación de la distorsión introspectiva.

Discusión

Sólo 18 participantes de 86 (20,93% de la muestra del Estudio 2) lograron más de 2 respuestas correctas. Esto implica que el 79,07% de los participantes encontraron difícil la tarea experimental en condición abstracta. Con estos resultados resulta razonable encontrar respuestas de superficie, en coherencia con la conjetura de Gilhooly (2005). De la misma manera, la evidencia es compatible con la conjetura de Thompson (2009) que relaciona la metacognición con el razonamiento deductivo.

Discusión general

La investigación realizada aporta evidencia favorable para la distinción entre contenidos concretos y contenidos abstractos en el razonamiento deductivo (Wason y Johnson-Laird, 1972). El modelo de regresión propuesto con material abstracto explicó el 45,8% de la variabilidad en la comisión de errores de superficie, mientras que en condición de material concreto la regresión explicó el 18,5% de la variabilidad. Este resultado muestra que la covariación entre la distorsión introspectiva y la comisión de errores de superficie en el reconocimiento de leyes de DeMorgan es mayor para materiales abstractos que para materiales concretos. La abstracción parece promover un incremento de la capacidad predictiva de la distorsión metacognitiva respecto de los errores de superficie para el caso del sesgo de sobreconfianza.

Este hallazgo es compatible con la propuesta de Thompson (2009) que le confiere al registro metacognitivo una función crítica para el razonamiento humano. La abstracción parece potenciar este fenómeno, pasando de un tamaño del efecto mediano en condición concreta a un tamaño del efecto grande en condición abstracta. Por otra parte, este resultado es compatible tanto con la teoría de modelos mentales, como con la teoría de doble proceso porque ambas le confieren una función informativa a la introspección. La teoría de la lógica mental, en cambio, no se corresponde con la evidencia porque pronostica que la introspección posee poca relevancia para la comprensión del razonamiento.

La discusión acerca del significado específico de los resultados obtenidos en el presente estudio se relaciona con la teoría de Thompson (2009), que es el único modelo que se ha ocupado explícitamente de la metacognición en el razonamiento lógico. Según tal aproximación, las tareas de inferencia deductiva generan un juicio de ajuste que puede registrar diferentes intensidades. En estudios recientes se ha obtenido evidencia compatible con los pronósticos derivados de la intensidad del juicio de ajuste (Thompson et al., 2011), pero no se ha contemplado aún la evaluación de la calidad de tales juicios. La presente contribución muestra que la distorsión del registro introspectivo es predictiva de la comisión de errores de superficie. Este hallazgo es complementario al

modelo de Thompson (2009) y lo extiende para abarcar la calidad introspectiva más allá de la intensidad de los juicios de ajuste.

Otra aportación de la presente contribución radica en la estrategia empleada para operacionalizar la calidad introspectiva. El modelo de Thompson (2009) registra una respuesta directa de juicio de ajuste. Para ello se solicita a los participantes que indiquen la confianza que poseen en cada respuesta dada. Sin embargo, no se compara este vector con el vector de aciertos. En el presente estudio, en cambio, se propuso emplear un índice para medir la distancia euclidiana entre la opinión y el acierto como operacionalización ajustada de la calidad introspectiva. Se sugiere que este índice puede ser considerado como una medida complementaria a la incluida en el modelo de Thompson (2009).

Respecto de las limitaciones del presente estudio la primera radica en la omisión del estudio de tiempos de respuesta. Se recomienda para futuros estudios emplear tanto medidas de acierto y error, como medidas cronométricas para evaluar más exhaustivamente las hipótesis de procesamiento diferencial propuestas por la teoría de doble proceso (Stupple et al., 2013). Se conjetura que el material abstracto podría generar latencias más extensas que el material concreto porque el primero resulta generalmente más arduo de procesar que el segundo de acuerdo a la evidencia acumulada por la investigación clásica del razonamiento (Wason y Johnson-Laird, 1972). Otra limitación se relaciona con el empleo exclusivo del paradigma de selección (Sevenants et al., 2011). El paradigma alternativo que solicita a los participantes la construcción de sus respuestas en lugar de seleccionarlás de una lista dada podría arrojar nuevos resultados sobre la relación entre la calidad introspectiva y el comportamiento de los errores en el reconocimiento de las leyes de DeMorgan.

En resumen, la evidencia de la presente contribución resulta compatible con los desarrollos recientes de la teoría de doble proceso del razonamiento humano (Evans, 2003, 2004, 2008). La función crítica de los procesos metacognitivos conjeturada por Thompson (2009) resultó compatible con la evidencia hallada en el presente trabajo. La significación lograda por los modelos de regresión propuestos permite rechazar las posturas que consideran a la metacognición como un epifenómeno para el pensamiento (Minsky, 1988). Por el contrario, pareciera que la introspección es relevante para razonar y que las distorsiones introspectivas predicen la ocurrencia de errores de superficie con tamaños del efecto medianos a grandes. La evidencia generada sugiere que la introspección afecta al razonamiento no sólo por la intensidad del auto-monitoreo (Thompson et al., 2011), sino también por la calidad del mismo.

Reconocimientos

La investigación informada en el presente artículo recibió financiación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina mediante el proyecto de investigación plurianual PIP-CONICET-1142008010602 concedido al primer autor. Los autores agradecen la colaboración de Carolina I. Pereyra Girardi y Gabriel de Ortuzar.

Referencias

- Braine, M.D.S. y O'Brien, D.P. (1998). *Mental logic*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences. Second edition*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Craik, F.I.M. y Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684. doi:10.1016/S0022-5371(72)80001-X
- Craik, F.I.M. y Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104(3), 268-294. doi:10.1037/0096-3445.104.3.268
- DeMorgan, A. (1847). *Formal logic or the calculus of inference necessary and probable*. London, UK: Taylor & Walton.
- Elqayam, S. (2009). Models of dependence and independence: A two-dimensional architecture of dual processing. *Thinking & Reasoning*, 15(4), 377-387. doi:10.1080/13546780903268895
- Evans, J.S.B.T. (1972). Interpretation and matching bias in a reasoning task. *British Journal of Psychology*, 24, 193-199. doi:10.1080/0033557243000067
- Evans, J.S.B.T. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Science*, 7(10), 454-459. doi:10.1016/j.tics.2003.08.012
- Evans, J.S.B.T. (2004). Dual process theory. En K. Manktelow y M. C. Chung (Ed.), *Psychology of reasoning* (pp. 241-266). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Evans, J.S.B.T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278. doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093629
- Evans, J.S.B.T. y Over, D.E. (2004). *If*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Evans, J.S.B.T. y Stanovich, K. E. (2013a). Dual process theories of higher cognition: Advancing the debate. *Perspectives on Psychological Science*, 8(23), 223-241. doi:10.1177/1745691612460685
- Evans, J.S.B.T. y Stanovich, K.E. (2013b). Theory and metatheory in the study of dual processing: reply to comments. *Perspectives on Psychological Science*, 8(23), 263-271. doi:10.1177/1745691613483774
- Fleiss, J.L., Levin, B. y Paik, M.C. (2004). *Statistical methods for rates and proportions. Tercera edición*. New York, NY: Wiley.
- García-Madruga, J.A., Gutiérrez, F., Carriedo, N., Moreno, S. y Johnson-Laird, P.N. (2002). Mental models in deductive reasoning. *The Spanish Journal of Psychology*, 5(2), 125-140.
- Garnier, R. y Taylor, J. (1996). *100% mathematical proof*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Gilhooly, K.J. (2005). Working memory and strategies in reasoning. En M. J. Roberts y E.J. Newton (Eds.), *Methods of thought: Individual differences in reasoning strategies*. Hove, UK: Psychology Press.

- Gilhooly, K.J., Logie, R.H., Wetherick, N. E. y Wynn, V. (1993). Working memory and strategies in syllogistic-reasoning tasks. *Memory & Cognition*, 21(1), 115-124. doi:10.3758/BF03211170
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (2008). *How we reason*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (2010). Mental models and human reasoning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18243-18250. doi:10.1073/pnas.1012933107
- Kahneman, D. (2011). *Thinking fast and slow*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.
- Khemlani, S., Orenes, I. y Johnson-Laird, P.N. (2012). Negation: A theory of its meaning, representation, and use. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(5), 541-559. doi:10.1080/20445911.2012.660913
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E. y Campitelli, G. (2011). Relevancia de la introspección para el reconocimiento de las leyes lógicas de Augustus DeMorgan. *Boletín de Psicología*, 101(1), 67-79.
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E. y Campitelli, G. (2013). The abstraction effect on logic rules application. *Education Sciences and Psychology*, 24(2), 85-96.
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E., Crivello, M. C., Bolzán, C., Pereyra Girardi, C. I. y Campitelli, G. (en prensa). Mental models for the negation of conjunctions and disjunctions. *Europe's Journal of Psychology*.
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E., Crivello, M.C., Fioramonti, M. y Pereyra Girardi, C.I. (2013). The shallow processing of logical negation. *Psychology and Behavioral Sciences*, 2(5), 196-201. doi:10.11648/j.pbs.20130205.15
- Manktelow, K. y Chung, M.C. (Eds.). (2004). *Psychology of reasoning. Theoretical and historical perspectives*. East Sussex, UK: Psychology Press.
- Minsky, M. (1988). *The society of mind*. New York, NY: Simon and Schuster.
- Newstead, S.E., Thompson, V.A. y Handley, S.H. (2002). Generating alternatives: A key component in human reasoning? *Memory & Cognition*, 2002, 30(1), 129-137. doi:10.3758/BF03195272
- Pinker, S. (1994). The language instinct. *How the mind creates language*. New York, NY: William Morrow & Co.
- Prado, J. y Noveck, I.A. (2006). How reaction time measures elucidate the matching bias and the way negations are processed. *Thinking & Reasoning*, 12(3), 309-328. doi:10.1080/13546780500371241
- Rips, L.J. (1988). Deduction. En R. J. Sternberg y E. E. Smith (Eds.), *The psychology of human thought* (116-152). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rips, L.J. (1994). *The psychology of proof: Deductive reasoning in human thinking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Roediger III, H.L., Gallo, D.A. y Geraci, L. (2002). Processing approaches to cognition: The impetus from the levels-of-processing framework. *Memory*, 10(5/6), 319-332. doi:10.1080/096582102244000144
- Schroyens, W., Schaeken, W., Fias, W. y d'Ydewalle, G. (2000). Heuristic and analytic processes in propositional reasoning with negatives. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(6), 1713-1734. doi:10.1037//0278-7393.26.6.1713
- Sevenants, A., Dieussaert, K. y Schaeken, W. (2011). Truth table tasks: Irrelevance and cognitive ability. *Thinking & Reasoning*, 17(3), 213-246. doi:10.1080/13546783.2011569153
- Stupple, E.J.N. y Ball, L.J. (2008). Belief-logic conflict resolution in syllogistic reasoning: Inspection-time evidence for a parallel-process model. *Thinking y Reasoning* 14(2), 168-181. doi:10.1080/13546780701739782

- Stuppel, E.J.N., Ball, L.J. y Ellis, D. (2013). Matching bias in syllogistic reasoning: Evidence for a dual-process account from response times and confidence ratings. *Thinking & Reasoning*, 19(1), 54-77. doi:10.1080/13546783.2012.735622
- Suppes, P. y Hill, S. (1992). *First course in mathematical logic*. Mineola, NY: Dover Publications.
- Thompson, V.A. (2009). Dual-process theories: A metacognitive perspective. En J.S.B.T. Evans y K. Frankish (Eds.), *In two minds. Dual processes and beyond* (171-195). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Thompson, V.A., Prowse Turner, J.A. y Pennycook, G. (2011). Intuition, reason, and metacognition. *Cognitive Psychology*, 63, 107-140. doi:10.1016/j.cogpsych.2011.06.001
- Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460. doi:10.1093/mind/LIX3236.433
- Wason, P.C. y Johnson-Laird, P.N. (1972). *Psychology of reasoning. Structure and content*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- West, C.W. y Holcomb, P.J. (2000). Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: An electrophysiological investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(6), 1024-1037. doi:10.1162/08989290051137558