



LA ESTIMULACIÓN DE LA COMPETENCIA DEDUCTIVA INCREMENTA LA COMPREENSIÓN DE LEYES LÓGICAS

DEDUCTIVE COMPETENCE STIMULATION INCREASES THE COMPREHENSION OF LOGIC RULES

Guillermo Macbeth & Eugenia Razumiejczyk*

Instituto de Investigaciones Psicológicas de la Universidad del Salvador

RESUMEN

La hipótesis del sistema deductivo o HSD es una conjetura clásica de la psicología del pensamiento que afirma la disponibilidad natural y espontánea de múltiples recursos lógicos en la mente humana. Si bien la HSD cuenta con abundante evidencia favorable, se suele objetar a este enfoque que el razonamiento lógico de la población general presenta distorsiones sistemáticas en diversos experimentos psicológicos. Los defensores de la HSD han respondido que tales distorsiones son atribuibles a problemas en la representación de las tareas experimentales. El presente estudio se propone contribuir con esta discusión mediante la generación de evidencia experimental relacionada con la optimización de la representación de problemas lógicos. Se informan los resultados de un experimento que logró mejorar el rendimiento lógico mediante la estimulación del pensamiento formal en una tarea de razonamiento relacionada con las leyes de DeMorgan, que establecen equivalencias para la negación de conjunciones y disyunciones. Se argumenta que este hallazgo es compatible con la HSD. Finalmente, se discuten las limitaciones del experimento y se sugieren líneas de investigación para futuros estudios.

Palabras claves: *Lógica, razonamiento, competencia deductiva, leyes de DeMorgan.*

ABSTRACT

Deductive system hypothesis or DSH is a classic psychological conjecture that affirms the natural and spontaneous availability of multiple logical resources in the human mind. Although DSH has abundant evidence, some arguments are stated against its core ideas because in some experiments systematic errors of general population subjects have been found. DSH researchers have responded that such distortions are attributable to problems in the representation of the experimental tasks. The present study intends to contribute to this debate by generating experimental evidence related to the optimization of the representation of logical problems. The results of an experiment that improves the logical comprehension of logic rules through the stimulation of logical competence are reported. The experiment is concerned with DeMorgan's laws. These rules state formal equivalences for the negation of conjunctions and disjunctions. It is argued that the evidence found is consistent with the DHS central concepts. Finally, the scope and limitations of the experimental evidence are discussed. Some research suggestions for future experiments are presented.

Key words: *Logic, reasoning, deductive competence, DeMorgan's laws.*

*Guillermo Macbeth Doctor en Psicología. Investigador Adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Director del Instituto de Investigaciones Psicológicas de la Universidad del Salvador; Eugenia Razumiejczyk es Doctora en Psicología. Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones

Científicas y Técnicas (CONICET). Vice-directora del Instituto de Investigaciones Psicológicas de la Universidad del Salvador.

La correspondencia en relación con este artículo debe dirigirse a los contactos Instituto de Investigaciones Psicológicas de la Universidad del Salvador (IIPUS). Marcelo T. de Alvear 1314 (C1058AAV), 1º piso, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Teléfono: (+5411)-4813-3404, Email g.macbeth@conicet.gov.ar

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN. RECIBIDO: mayo 3 de 2011 **APROBADO:** agosto 18 de 2011

INTRODUCCIÓN

La *hipótesis del sistema deductivo* o HSD ha sido entendida dentro del campo clásico de la psicología del pensamiento como una conjetura que afirma la disponibilidad efectiva que todo ser humano posee de un importante conjunto de recursos cognitivos lógicos que colaboran con su adaptación y supervivencia (Braine, 1978; Rips, 1994, 2011). La HSD cuenta con abundantes resultados experimentales que evidencian el conocimiento natural de los participantes de población general de una gran cantidad de propiedades que poseen los objetos abstractos estudiados por las ciencias matemáticas (Fernández Berrocal & Carretero,

1995). Desde tal perspectiva de investigación se ha encontrado, por ejemplo, que la regla lógica conocida como *modus ponens* se reconoce de manera casi sistemática en múltiples experimentos psicológicos (González Labra, 1998). Esta regla de inferencia afirma que se deduce necesariamente la ocurrencia de un consecuente 'q' del conocimiento de: i) una proposición condicional de la forma 'si p, entonces q' donde 'p' es una condición o antecedente y 'q' es un consecuente y, ii) otra proposición que afirma la ocurrencia de la condición 'p'. En el lenguaje actual de la lógica matemática se utilizan letras minúsculas como 'p' y 'q' para simbolizar proposiciones, es decir, sentencias declarativas de las que

tiene sentido afirmar que son verdaderas o falsas (Suppes & Hill, 1992). En tal contexto se expresa la regla del *modus ponens* como $[(p \rightarrow q) \wedge p] \rightarrow q$, donde \rightarrow simboliza el conectivo condicional y el símbolo \wedge representa la conjunción, en este caso para las proposiciones señaladas en i y ii (Garnier & Taylor, 1996; Stoll, 1979).

La objeción de mayor importancia que habitualmente se le formula a la HSD consiste en señalar que el razonamiento humano espontáneo presenta errores sistemáticos y recurrentes en tareas experimentales sencillas (Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird, Byrne & Shaeken, 1994). Al respecto, la investigación cognitiva de las últimas décadas ha acumulado evidencia experimental sobre una gran colección

de errores, sesgos y heurísticos que ocurren no sólo en tareas de toma de decisiones (Evans & Over, 1996; Kahneman & Klein, 2009), sino también en situaciones de resolución de problemas y de razonamiento lógico (González Labra, 1998). En tal sentido se ha encontrado, por ejemplo, que la regla del *modus tollens*, que tiene la forma $[(p \rightarrow q) \wedge \neg q] \rightarrow \neg p$, donde \neg simboliza la negación lógica, es reconocida espontáneamente por muy pocas personas (Fumero, Santamaría & Johnson-Laird, 2010; Rips, 1994). Para responder a esta objeción, los defensores de la HSD han realizado estudios en los que se concluye que la mayor parte de los errores de razonamiento son atribuibles a la falta de comprensión de las consignas (Martín & Valiña, 2002; Rips, 2011) o a una construcción mental incompleta

del espacio del problema (Carriedo, Moreno, Gutiérrez & García Madruga, 1998; Gigerenzer, 2007). La evidencia acumulada sugiere que una adecuada construcción del marco formal de las tareas experimentales incrementa significativamente el éxito en tareas de razonamiento (Evans & Over, 1996).

En el centro epistemológico de esta polémica relativa a las conjeturas fundamentales de la HSD se sitúa el concepto de competencia deductiva, entendido como un conjunto de capacidades humanas naturales para la abstracción y para el pensamiento lógico (Rips, 1994, 2011). Según la HSD, una adecuada activación experimental de la competencia deductiva se corresponde con un rendimiento adecuado en tareas de razonamiento. En contraste, los errores

y sesgos resultan esperables en ausencia de activación de la competencia deductiva (Macbeth, López Alonso, Razumiejczyk, Sosa, Pereyra & Fernández, 2009).

En el contexto de tales antecedentes relacionados con la HSD, el presente estudio se propone incrementar el rendimiento lógico mediante la estimulación de la competencia deductiva para el caso específico de las leyes lógicas atribuidas a Augustus DeMorgan (1847; Muñoz García, 2005). Estas leyes presentan especial interés para la psicología del pensamiento porque operan en el lenguaje cotidiano, tal como lo demuestra el álgebra proposicional o lógica de predicados (Macbeth, Razumiejczyk & Fernández, 2010; Suppes & Hill, 1992). Las leyes

de DeMorgan establecen equivalencias para la negación de conjunciones y de disyunciones y su aplicación es universal en cualquier conjunto suficiente de conectivos (Stoll, 1979).

Un conjunto suficiente de conectivos es aquel que está formado por una colección mínima de operadores lógicos que permite generar equivalencias para los cinco conectivos universales, es decir, la negación \neg , la conjunción \wedge , la disyunción \vee , el condicional \rightarrow y el bicondicional \leftrightarrow .

Las leyes de DeMorgan que interesan en el presente estudio son dos, una aplica para negar conjunciones y la otra para negar disyunciones.

La primera ley de DeMorgan sostiene que la negación de una conjunción compuesta de la forma $p \wedge q$ equivale a la disyunción de las proposiciones simples negadas. La

segunda ley de DeMorgan establece que la negación de una disyunción de tipo $p \vee q$ equivale a la conjunción de las proposiciones simples negadas. Es decir, siendo p y q dos proposiciones simples o atómicas cualesquiera, unidas en una proposición compuesta o molecular por una conjunción o una disyunción, sus equivalentes lógicos toman la forma de las expresiones (1) y (2), respectivamente (Macbeth, Razumiejczyk & Adrover, 2011; Suples & Hill, 1992). El símbolo \Leftrightarrow expresa equivalencia lógica, es decir, un bicondicional tautológico (Stoll, 1979).

$$\neg(p \wedge q) \Leftrightarrow \neg p \vee \neg q \quad (1)$$

$$\neg(p \vee q) \Leftrightarrow \neg p \wedge \neg q \quad (2)$$

Se ha encontrado en estudios previos que los participantes

experimentales de población general reconocen las leyes de DeMorgan, aunque con cierta dificultad (Macbeth et al., 2010, Macbeth & Razumiejczyk, 2011). Se propone en el presente estudio incrementar el reconocimiento de estas leyes específicas mediante la estimulación de la competencia deductiva. Se propone operacionalizar tal intervención mediante la descripción coloquial del significado de las expresiones (1) y (2), tal como se las explica actualmente en la enseñanza de la lógica matemática (Garnier & Taylor, 1996; Polya, 1945; Stoll, 1979).

Método

Participantes.

Se reclutaron para este estudio 128 estudiantes de grado de la Facultad

de Psicología y Psicopedagogía de la Universidad del Salvador, situada en Buenos Aires, Argentina. La muestra masculina resultó de 67 alumnos y la femenina de 61 alumnas. La media de edad resultó de 21,34 años ($DE=1,12$). El reclutamiento se realizó de manera aleatoria mediante anuncios en carteleras de la mencionada facultad. El único criterio de exclusión utilizado se relaciona con la formación universitaria previa en lógica o matemáticas. Se excluyeron los voluntarios que contaban con formación sistemática en tales campos por haber realizado estudios universitarios previos en disciplinas que la incluyen, tales como ciencias naturales, ciencias económicas o ingenierías. Se excluyeron 8 reclutados por la aplicación de tal criterio.

Procedimiento.

Se establecieron dos grupos aleatorios de participantes. A un grupo se le realizó una estimulación de la competencia deductiva (n=66) y al otro grupo no se le realizó ninguna manipulación experimental (n=62). La asignación de cada participante a un grupo o al otro se realizó al azar mediante un algoritmo de aleatorización programado en el lenguaje R (Crawley, 2005).

La estimulación consistió en administrar a todos los participantes de uno de los grupos un texto que sugiere

cómo abordar problemas de negación de conjunciones y de disyunciones en lenguaje coloquial. El texto se diseñó para que opere como una sugerencia o estímulo al pensamiento y se redactó con el estilo que habitualmente se utiliza en la enseñanza de la lógica matemática (Garnier & Taylor, 1996; Polya, 1945; Stoll, 1979). En la Figura 1 se presenta una captura de pantalla del texto de estimulación utilizado para la manipulación experimental.



Figura 1: Captura de pantalla de la estimulación on-line de la competencia deductiva.

la que se presenta una captura de pantalla en la Figura 2.

La tarea experimental de razonamiento incluye diez ítems, de los cuales 5 aplican la ley de DeMorgan de la expresión (1) y los otros 5 aplican la ley de DeMorgan de la expresión (2). Se requiere a los participantes que encuentren equivalencias para negaciones de conjunciones y de disyunciones sobre una lista de posibles equivalencias (Rader & Sloutsky, 2001). Dada una frase en mayúsculas que expresa una negación, o bien de conjunciones, o bien de

Materiales.

Los participantes de ambos grupos realizaron una tarea de razonamiento *on-line* que ha sido validada y utilizada en estudios previos (Macbeth *et al.*, 2010, 2011). Los participantes del grupo estimulado recibieron esta tarea luego de leer el texto de la Figura 1. Los otros participantes, en cambio, completaron directamente la tarea de razonamiento de

disyunciones, se consigna encontrar una equivalente.
frase en minúsculas que sea su

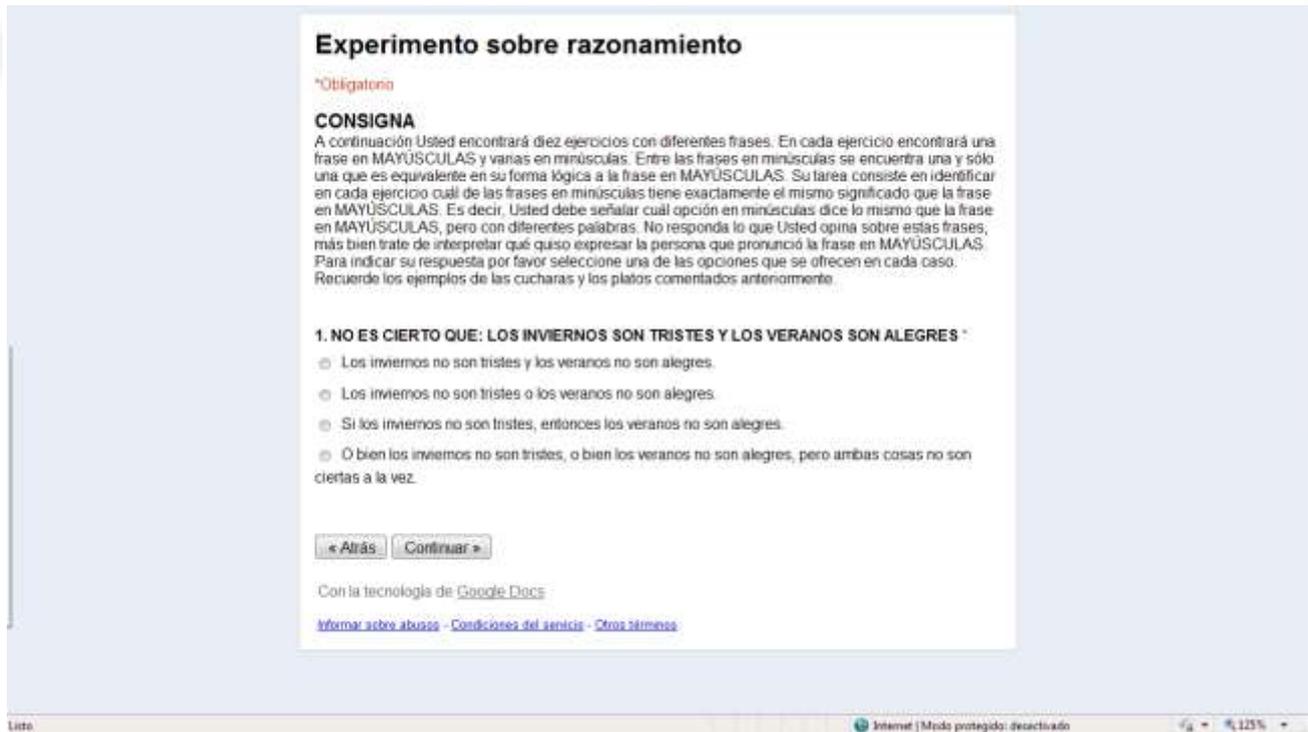


Figura 2: Captura de pantalla de la tarea de razonamiento *on-line*.

Hipótesis.

La hipótesis de trabajo afirma que la estimulación de la competencia deductiva incrementa la comprensión de las leyes lógicas de DeMorgan. La hipótesis experimental H1 pronostica que la media de aciertos de la ley de negación de conjunciones es mayor para el grupo estimulado que para el grupo no estimulado. La hipótesis H2 pronostica

mayor cantidad de aciertos de la ley de negación de disyunciones para el grupo estimulado que para el grupo no estimulado. La hipótesis H3 es complementaria a H1 y H2 y afirma que el grupo estimulado supera al grupo no estimulado en aciertos totales en la tarea experimental.

Resultados

Las tres hipótesis experimentales propuestas resultaron compatibles con los hallazgos. En todos los casos se obtuvieron diferencias significativas de medias que evidencian un incremento del rendimiento en la tarea de razonamiento on-line en el grupo que recibió estimulación de la competencia deductiva.

El tamaño del efecto asociado (Cohen, 1988) resultó mediano para la segunda ley de DeMorgan (d Cohen=0,50) y grande tanto para la primera ley (d Cohen=1,64), como para ambas leyes tomadas en conjunto (d Cohen=1,38). La Tabla 1 resume los resultados de las pruebas de significación correspondientes a H1, H2 y H3

Tabla 1

Resultados de las pruebas de hipótesis

<i>Hipótesis (ley de DeMorgan)</i>	<i>Grupo</i>		<i>Estadístico (prueba t)</i>	<i>Significación (p valor)</i>	<i>Tamaño del efecto (d Cohen)</i>
	<i>No estimulado</i>	<i>Estimulado</i>			
H1 (primera ley)	media=1,1 (DE=1,8)	media=3,78 (DE=1,54)	-8,72	p<0,001	1,64
H2 (segunda ley)	media=2,93 (DE=1,95)	media=4,14 (DE=1,38)	-4,03	p<0,001	0,50
H3	media=4,02 (DE=3,03)	media=7,92 (DE=2,63)	-7,44	p<0,001	1,38

Nota: las medias y desvíos estándar se refieren a la cantidad de aciertos en la tarea de razonamiento compuesta por diez ítems. Todas las variables incluidas en las pruebas de hipótesis resultaron

compatibles con los supuestos de normalidad y homocedasticidad por las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Se considera que el tamaño del efecto d de Cohen (1988) es mediano cuando se encuentra entre 0,50 y 0,80 y que es grande cuando supera el valor de 0,80, tal como ocurre en H1 y H3.

Discusión

La evidencia hallada en el presente estudio sugiere que la estimulación de la competencia deductiva incrementa la comprensión de las leyes lógicas atribuidas a Augustus DeMorgan (1847; Muñoz García, 2005). El tamaño del efecto asociado al fenómeno encontrado se sitúa entre mediano y grande. Este resultado es compatible con la HSD argumentada por los investigadores de la lógica natural (Braine, 1978; Rips, 1994, 2011). La estimulación del pensamiento formal operacionalizada mediante una explicación sencilla y coloquial de las equivalencias de DeMorgan permitió incrementar significativamente los aciertos en una tarea de razonamiento que las requiere.

Una limitación del experimento realizado se relaciona con los materiales.

Si bien la tarea de razonamiento que realizaron los participantes utiliza proposiciones que resultaron adecuadas psicométricamente y experimentalmente en estudios previos (Macbeth *et al.*, 2011; Macbeth & Razumiejczyk, 2011), resulta conveniente replicar las pruebas de hipótesis sobre la base de nuevas proposiciones. La construcción original de los materiales empleados en este experimento tuvo en cuenta que la carga emocional evocada por los contenidos semánticos de las proposiciones posee un efecto significativo sobre los procesos de razonamiento (Evans & Over, 1996; Macbeth *et al.*, 2010). En tal sentido, la relevancia ubicua de las variables emocionales e intuitivas para el estudio de

los fenómenos psicológicos ha sido señalada en diversos estudios previos (Prieto Comelín, 2010). Fuera del dominio de la psicología del pensamiento, por ejemplo, se ha hallado evidencia que relaciona el comportamiento del control emocional con ciertos trastornos graves de la salud (Amaya & Parra, 2010). Por estos motivos resulta recomendable realizar nuevos estudios psicométricos que permitan afirmar la homogeneidad emocional de los materiales de las tareas de razonamiento para evitar la generación de eventuales resultados experimentales espurios.

Otra limitación del presente estudio consiste en la utilización de una única modalidad de estimulación. Se recomienda la administración de formas alternativas de estimulación en futuros estudios. En coherencia con estudios previos (Rips, 2011), se sugiere como alternativa: i) el empleo de ejemplos que

ilustren la aplicación de las leyes lógicas en proposiciones concretas, ii) el empleo de representaciones visuales como diagramas de Venn-Euler, iii) la combinación de ejemplos con diagramas.

Los hallazgos del presente estudio son también compatibles con el enfoque ecológico de la psicología del pensamiento (Evans & Over, 1996; Gigerenzer, 2007). Esta corriente de investigación afirma que los recursos cognitivos naturales son adaptativos y sólo requieren una adecuada representación de las consignas y los materiales para generar comportamientos ajustados a las tareas. Tal adaptación se explica por la convergencia de una construcción mental eficiente con recursos cognitivos naturales relacionados con la competencia deductiva argumentada por la HSD (Macbeth *et al.*, 2010, 2011). La evidencia aquí obtenida muestra que la estimulación de los participantes hacia la abstracción de la

forma lógica de la tarea promueve el descubrimiento espontáneo de las equivalencias que afirman las leyes universales de DeMorgan. Resulta asimismo destacable que la ausencia de estimulación de la competencia deductiva generó rendimientos significativamente más bajos. Este resultado es coherente con las propuestas didácticas de Polya (1945; Garnier & Taylor, 1996) para la enseñanza de las matemáticas que enfatizan la importancia de la representación inicial de los problemas para lograr una adecuada resolución y aprendizaje.

Referencias

- Amaya, A. & Parra, E. (2010). Evaluación del patrón de conducta tipo C y su relación con el control emocional en pacientes oncológicos. *Revista Vanguardia Psicológica*, 1(1), 70-89.
- Braine, M. D. S. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic. *Psychological Review*, 85, 1-21.
- Carriedo, N., Moreno, C., Gutiérrez, F., & García Madruga, J. A. (1998). Modelos mentales en conjunciones, disyunciones y condicionales: Replicación de un estudio de Rips. En M. D. Valiña & M. J. Blanco (Eds.), *Actas de las I Jornadas de Psicología del Pensamiento* (pp. 39-56). Santiago de Compostela, España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Second Edition*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Crawley, M. J. (2005). *Statistics: An introduction using R*. New York: Wiley.
- DeMorgan, A. (1847). *Formal logic or the calculus of inference necessary and probable*. Londres: Taylor & Walton.
- Evans, J. S. B. & Over, D. (1996). *Rationality and reasoning*. East Sussex, UK: Psychology Press.
- Fernández Berrocal P. & Carretero, M. (1995). Perspectivas actuales en el estudio del razonamiento. En M.

- Carretero, J. Almaraz & P. Fernández Berrocal (Eds.), *Razonamiento y comprensión* (pp. 13-46). Madrid: Trotta.
- Fumero, A., Santamaría, C. & Johnson-Laird, P. N. (2010). Ways of thinking: Personality affects reasoning. *Psicothema*, 22, 57-62.
- Garnier, R. & Taylor, J. (1996). *100% mathematical proof*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Gigerenzer, G. (2007). *Gut feelings*. New York: Penguin Books.
- González Labra, M. J. (1998). *Introducción a la psicología del pensamiento*. Madrid: Trotta.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., Byrne, R. M. J. & Schaeken, W. (1994). Why models rather than rules give a better account of propositional reasoning: A reply Bonatti and to O'Brien, Braine & Yang. *Psychological Review*, 101, 734-739.
- Kahneman, D. & Klein, G. (2009). Conditions for intuitive expertise. A failure to disagree. *American Psychologist*, 64, 515-526.
- Macbeth, G., López Alonso, A. O., Razumiejczyk, E., Sosa, R. A., Pereyra, C. I. & Fernández, J. H. (2009). Calibration biases in logical reasoning tasks. *SUMMA Psicológica UST*, 6, 19-30.
- Macbeth, G. & Razumiejczyk, E. (2011). El empleo del ejemplo promueve la intuición lógica de las leyes de DeMorgan. *Psicología & Psicopedagogía*, 25(1), 151-156.
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E. & Adrover, J. F. (2011). Efecto de la personalidad sobre la intuición lógica: el caso de las leyes de DeMorgan. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 57(2), 115-121.
- Macbeth, G., Razumiejczyk, E. & Fernández, J.H. (2010). A decision making account for the cognitive processing of DeMorgan's laws. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 2(2), 43-51.
- Martín, M. & Valiña, M. D. (2002). Razonamiento deductivo: Una aproximación al estudio de la disyunción. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 55, 225-248.

- Muñoz García, A. (2005). Sobre el origen de las leyes de Morgan. *Enlace*, 2, 13-36.
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton: Princeton University Press.
- Prieto Comelín, A. (2010). Inteligencia intuitiva: Teoría e implicaciones en la conducta humana. *Revista Vanguardia Psicológica*, 1(2), 160-201.
- Rader, A. & Sloutsky, V. (2001). Conjunctive bias in memory representations of logical connectives. *Memory & Cognition*, 29, 838-849.
- Rips, L. J. (1994). *The psychology of proof. Deductive reasoning in human thinking*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Rips, L. J. (2011). *Lines of thought. Central concepts in cognitive psychology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Stoll, R. R. (1979). *Set theory and logic*. New York: Dover.
- Suppes, P. & Hill, S. (1992). *Introducción a la lógica matemática*. Barcelona: Reverté.