

Componentes de dificultad de tareas de razonamiento deductivo aplicando el modelo LLTM de Fischer*

Difficulty components of deductive reasoning tasks by applying Fischer's LLTM model

María Silvia Galibert**

Facundo Abal

Sofía Auné

Gabriela Susana Lozzia

María Ester Aguerri

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Recibido: 19 de octubre de 2015

Revisado: 15 de noviembre de 2015

Aceptado: 17 de diciembre de 2015

Resumen

El razonamiento silogístico es parte importante del razonamiento deductivo. El análisis de las fuentes de error en la resolución de silogismos originó, dentro de la psicología cognitiva, explicaciones como el efecto atmósfera, el sesgo de la figura y la conversión ilícita. En este trabajo se ajustó el modelo LLTM de Fischer para identificar componentes de dificultad de silogismos y estimar sus efectos. Se administraron 46 ítems con un diseño de enlace a tres grupos, con un total de 1074 estudiantes universitarios. Para cada par de premisas se debía escoger un esquema de conclusión y completarlo con los términos extremos o reconocer la falta de conclusión válida. El modelo de Rasch se ajustó sobre un subconjunto de 20 silogismos y se aplicó el modelo LLTM de Fischer. Se identificaron, aumentando la dificultad, cuatro componentes: efecto atmósfera y sesgo de figura (cuando éstos están en dirección contraria a la conclusión o no hay conclusión válida), figura II y figura III. El carácter reversible de la conclusión (modos universal negativo y particular afirmativo) y la falta de conclusión válida fueron componentes

* La investigación que se presenta en este artículo fue realizada con subsidios de la Universidad de Buenos Aires UBACYT 2014-17, código n.º 20020130100320ba, y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica ANPCYT PICT 2011-0826. <http://dx.doi.org/10.15332/s1794-9998.2015.0002.05>

** Correspondencia: María Silvia Galibert. Dirección postal: Tejedor 555, cp 1424, CABA, Argentina. Correo electrónico: galibert@psi.uba.ar, maria-silviagalibert@yahoo.com.ar

facilitadores. La correlación entre las estimaciones de los parámetros de dificultad bajo el modelo de Rasch y el LLTM fue 0,96.

Palabras clave: silogismo, razonamiento deductivo, psicología cognitiva, modelo de Rasch, modelo LLTM.

Abstract

Syllogistic reasoning is an important part of deductive reasoning. In cognitive psychology, the analysis of error sources in solving syllogisms produced explanations such as the atmosphere effect, figure bias and wrong conversion. The Fischer Linear Logistic Test Model (LLTM) was fitted on a set of syllogisms in order to identify their difficulty components and estimate their effects. Forty six items were administered with a link design to three groups of 1074 university students. The task consisted in choosing, for each pair of premises, one conclusion scheme and complete it with the suitable terms, if a valid conclusion existed; otherwise, examinees had to select the option of no valid conclusion. The Rasch model was fitted to a subset of 20 syllogisms on which Fischer's LLTM was applied. Four components were identified that increase syllogistic difficulty: atmosphere effect, figure bias (when they follow the opposite direction of the conclusion or when there is no valid conclusion), figure II and figure III. Two components were found that make the task easier: reversibility of conclusion (universal negative and particular affirmative modes) and lack of valid conclusion. Linear correlation between the estimates of difficulty parameters obtained with Rasch and LLTM models was .96.

Keywords: syllogism, deductive reasoning, cognitive psychology, Rasch model, LLTM model.

Introducción

El razonamiento de predicados o silogístico estudia la comprensión de los cuantificadores universal y existencial del cálculo de predicados, los cuales, en el lenguaje común, corresponden a *todos* y *algunos*. Investigadores de la psicología del razonamiento, como Santamaría (1989, 1995) y Espino (2004), señalaron la importancia del silogismo como representante de los estudios sobre el razonamiento deductivo y las ventajas que presenta en las tareas experimentales, por las cuales se ha constituido en paradigma de la investigación en esta área. De allí la proliferación de modelos para explicar el modo en que los sujetos resuelven los silogismos. Algunas teorías hacen énfasis en explicar la génesis de los errores; otras posteriores, en un intento más abarcador, en develar el procedimiento por el cual las personas arriban a una conclusión.

Entre las teorías que hacen hincapié en explicar el error en el razonamiento silogístico, algunas pos-

tulan una actitud no del todo racional a la hora de resolver las tareas, mientras que otras que preservan mejor la competencia lógica de los sujetos. Como exponente clásico del primer grupo está la *teoría del efecto atmósfera* de Woodworth y Sells (1935) y Sells (1936), que postula que los sujetos tienden a producir una conclusión según la atmósfera generada por las premisas, en cuanto a modo se refiere; esto es universal afirmativa o negativa (*A* o *E*), o particular afirmativa o negativa (*I* u *O*). Según esta teoría, si una premisa es universal y otra particular, los sujetos tenderán a formular una conclusión de modo particular, y si una es negativa, también prevalecerá la negativa en la conclusión. A partir de allí predicen el modo de la conclusión a partir del de las premisas.

En realidad, la tendencia a responder según el efecto atmósfera corresponde a la conclusión correcta, a menos que el silogismo no tenga conclusión válida, caso que se mencionará en adelante como *efecto atmósfera en contra*. Por el contrario, las teorías del segundo grupo explican el error

por una interpretación equívoca de las premisas. Entre ellas se halla la de Chapman y Chapman (1959), la cual hipotetiza que los sujetos extraen conclusiones que serían válidas si no fuera por la conversión ilícita de las premisas universal afirmativa y particular negativa; es decir, el error no está en el modo en que se extrae la conclusión desde las premisas, sino en una interpretación errónea de aquellas por conversión ilícita. Por ejemplo pueden considerar equivalentes *Todos los S son M* con *Todos los M son S* o *Algunos S no son M* con *Algunos M no son S*.

En esta misma línea se hallan Ceraso y Provitera (1971), Revlin y Leirer (1978) y Dickstein (1980, 1981). A partir de mediados de los setenta, comenzaron a surgir modelos para explicar el proceso de deducción en sí mismo no necesariamente desde el error. Traub y Erickson (1975) y Erickson (1974, 1978) desarrollaron modelos basados sobre la interpretación de las premisas postulando que las personas utilizan los diagramas de Euler en la resolución de los silogismos. Otros modelos se basan sobre el efecto de la figura. Las figuras aluden a la posición de los términos extremos (*S* y *P*) y del término medio (*M*) en las premisas.

En la figura I, la primera premisa tiene la forma *M S* y la segunda, *P M*. La figura iv corresponde a una permutación de las premisas, esto es: *P M* y *M S*. En la figura II el término medio corresponde al predicado en ambas premisas, y en la III, al sujeto. Entre quienes se refieren al efecto de la figura están Dickstein (1975, 1976, 1978), Johnson-Laird y Steedman (1978). El efecto de la figura predice una tendencia a dar respuestas hacia adelante en la figura IV y hacia atrás en la figura I. Así, este sesgo puede ser un elemento facilitador para resolver silogismos cuya conclusión va en la dirección del sesgo, pero puede inducir a error cuando su conclusión va en la dirección contraria. Se aludirá a esta situación como *sesgo de la figura en contra*.

Los modelos componenciales de la teoría de respuesta al ítem (TRI) permiten un abordaje más cognitivo de la psicometría, al punto de que algunos autores hablan de una *psicometría cognitiva* (Prieto y Delgado, 1999). Además del interés que despiertan estos modelos para el análisis de la representación de los constructos, ofrecen la posi-

bilidad de la generación automática de ítems (GAI), esto es, la posibilidad de crear ítems con propiedades psicométricas deseadas, prediciendo su dificultad a partir de la complejidad de las operaciones requeridas para resolverlos, sin necesidad de calibrarlos previamente. Es en la determinación de estas operaciones o componentes donde intervienen los modelos de la psicología cognitiva. La evaluación en términos de los componentes de los procesos es particularmente útil, por ejemplo, para los fines diagnósticos. Fischer (1973) propuso el modelo logístico lineal LLTM (*linear logistic test model*), el cual consiste en expresar el parámetro de dificultad *b* del modelo logístico de un parámetro, modelo de Rasch (1960), como una combinación lineal de los niveles de dificultad asociados a ciertos factores que son controlados desde el diseño del ítem, los cuales son estimados por máxima verosimilitud condicional.

Más precisamente, el modelo LLTM expresa la descomposición de los parámetros de dificultad β_i del modelo de Rasch como

$$\beta_i = \sum_{l=1}^p w_{il} \alpha_l + c$$

donde *p* expresa el número de componentes considerados, α_l la dificultad del componente *l*, w_{il} la frecuencia con la que ese componente está presente en el ítem *i*, y *c* es una constante de escalamiento. Los α_l se denominan *parámetros básicos*, y representan la contribución a la dificultad de los ítems, si son números positivos, o a la facilidad de aquellos, si son negativos.

Revuelta y Ponsoda (1998) lo utilizaron para comprobar la hipótesis según la cual la dificultad de los ítems del test DA5 (SHL, 1996) puede descomponerse en la de las instrucciones que intervienen. Real, Olea, Ponsoda, Revuelta y Abad (1999) lo aplicaron al análisis de la dificultad de un test de matemáticas. Attorresi, Picón Janeiro, Abal, Aguerri y Galibert (2009); Galibert, Picón Janeiro, Lozzia, Aguerri y Attorresi (2010) estimaron con este modelo los efectos de ciertas fuentes de dificultad de operaciones lógicas en ítems de razonamiento deductivo, algunas de las cuales habían sido exploradas en Picón Janeiro et al. (2010) y Galibert, Picón Janeiro, Lozzia, Abal et al. (2010).

Según Prieto y Delgado (1999), los aportes metodológicos del LLTM son aplicables al análisis de la representación del constructo y a la construcción de tests.

Este trabajo tiene como objetivo la aplicación del modelo LLTM de Fischer sobre un conjunto de silogismos para identificar sus componentes de dificultad, estimar sus efectos y verificar las fuentes de dificultad hipotetizadas por las teorías cognitivas.

Método

Participantes

La muestra estuvo integrada por 1074 alumnos de segundo año de la carrera de Psicología de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Las diversas formas de las pruebas se administraron en una clase teórica de una hora y media, en cada horario en que se dicta la materia. Las formas A, B y C fueron respondidas por 403, 266 y 405 alumnos, respectivamente. La distribución según el sexo es de 82,7 % de mujeres, y 17,3% de varones. La mediana de la edad fue 20, con una desviación semi-intercuartil de 1,5. Los sujetos fueron informados sobre los propósitos de la investigación y su participación fue voluntaria y consentida. En todo momento se garantizó el anonimato y la confidencialidad, así como el bienestar de los examinados, a quienes se les advirtió sobre la posibilidad de cesar de responder en cualquier punto de la evaluación. La investigación contó con el aval de la sede de trabajo.

Materiales: Diseño de los ítems y de las formas de la prueba

Cada ítem es un silogismo y, como tal, está formado por la premisa mayor, la premisa menor y luego una conclusión. La conclusión debe obtenerse a partir de cinco opciones. Para minimizar el efecto del azar, propio de la elección múltiple, pero al mismo tiempo evitar las respuestas inclasificables, siguiendo a Santamaría (1989), y de manera similar a Espino, Santamaría y García Madruga

(2000), se optó por un formato de respuesta cerrada, a saber: todos los ... son ..., algunos ... son ..., algunos ... no son ..., ningún ... es ..., no hay conclusión válida. Los sujetos debían completar las líneas de puntos con los términos extremos de las premisas para construir la conclusión correcta, si existiere, o elegir la última opción.

En cuanto al contenido, siguiendo la idea de Johnson-Laird y Steedman (1978), se eligió contenido concreto para que el razonamiento se aproximara al modo en se opera en la realidad, pero neutro, tratando de minimizar las relaciones semánticas entre los términos de las premisas, para evitar sesgar las respuestas. A continuación se ilustra la tarea propuesta a los examinados, mediante el fragmento del instructivo donde se da la consigna y se muestra un ejemplo.

Tu tarea consiste en leer cada par de premisas y deducir una conclusión válida (una sola) lo más informativa posible según los criterios ya señalados. Debajo de la línea de cada silogismo se te pondrán las cinco posibilidades para que completes las líneas de puntos con las palabras que correspondan o para señalar con una cruz la opción 5).

Algunos actores son vegetarianos.

Todos los vegetarianos son deportistas.

 Todos los _____ son _____

Algunos _____ son _____

Algunos _____ no son _____

Ningún _____ es _____

No hay conclusión válida. _____

Se administró un total de 46 silogismos a los tres grupos con un diseño de enlace: dos grupos respondieron 31 silogismos, con un núcleo común de 16, y un tercer grupo respondió una forma más breve de 26 silogismos, con 10 seleccionados entre los 16 de enlace, 8 comunes con el grupo 1, y 8 con el grupo 2.

Análisis

Para ajustar los modelos de Rasch y LLTM se utilizó el programa LPCM-WIN (Fischer y Ponocny-Seliger, 1997). Se efectuaron sucesivas corridas de este programa, en una primera etapa, para detectar un subconjunto de ítems con discriminación similar donde ajustar el modelo de Rasch. Luego, en una segunda etapa, se definieron de diversas maneras los componentes hasta lograr un ajuste satisfactorio del modelo LLTM, en términos de la correlación entre los parámetros de dificultad bajo ambos modelos.

Resultados

El modelo de Rasch quedó ajustado sobre un conjunto de 20 silogismos. No se rechazó la bondad de ajuste global con el test χ^2 de Andersen ($\chi^2(19) = 14,5; p = 0,7525$). Tampoco se rechazó el ajuste individual de cada silogismo con el estadístico z de Wald. La correlación entre los parámetros de dificultad estimados con los grupos con puntajes por encima y por debajo de la media fue de 0,9942.

Para el ajuste del modelo LLTM de Fischer quedaron identificados 6 componentes de dificultad que se describen a continuación, en orden de mayor a menor dificultad.

1. *Efecto atmósfera en contra*. Corresponde a los silogismos que no tienen conclusión válida o que, teniéndola, el modo de la conclusión difiere del de las premisas. Es el caso, por ejemplo, del silogismo de dos premisas universales

afirmativas de la figura II, cuya conclusión es de modo particular; pero el modo universal de ambas premisas crearía una atmósfera para concluir con modo universal.

2. *Sesgo de la figura en contra*. Son los silogismos de las figuras I y IV, cuya conclusión tiene una dirección opuesta al sesgo de la figura, o no tienen conclusión válida.
3. *Figura II*. Silogismos de la figura II.
4. *Figura III*. Silogismos de la figura III.
5. *Reversibilidad*. Silogismos con conclusión algunos A son B o ningún A es B , donde la permutación de los términos A y B produce una conclusión equivalente.
6. *Invalidez*. Silogismos que no tienen conclusión válida.

La correlación entre los parámetros de dificultad estimados con el modelo de Rasch y con el LLTM fue 0,9612. El estadístico χ^2 de Andersen para la bondad de ajuste fue 241,96 con 13 grados de libertad, por lo que se rechaza el ajuste en términos inferenciales.

La tabla 1 muestra los parámetros básicos de cada componente, esto es, la incidencia en la dificultad y los resultados del test estadístico de ajuste. En todos los casos los componentes resultaron significativos, con valores $p < 0,000001$. El programa LPCM-WIN invierte el signo de los parámetros de dificultad, por lo cual más negativo significa más difícil. Para exhibir los resultados de acuerdo con la bibliografía general, se han invertido los signos de las salidas computacionales de dicho programa.

Tabla 1.
Parámetros básicos y estadístico z para significación estadística

Componentes	Parámetros básicos	Error estándar	Valores z
Efecto atmósfera en contra	2.5827	0.0778	33.2013
Sesgo de la figura en contra	1.7126	0.0760	22.5320
Figura II	0.8799	0.0654	13.4459
Figura III	0.5337	0.0697	7.6542
Reversibilidad	-1.3950	0.0494	28.2384
Invalidez	-3.7723	0.0873	43.2232

La tabla 2 muestra silogismos según *modo* y *figura*. Se indica cuáles componentes están presentes en cada silogismo, su dificultad global estimada con el modelo de Rasch y la predicha por el modelo LLTM. Las columnas correspondientes a *modo* y *figura* permiten conocer cuál es la estructura del silogismo en cuestión. Para ello, recuérdese que las letras *A*, *E*, *I*, *O* representan respectivamente las proposiciones universales afirmativas, universales negativas, particulares afirmativas y particulares negativas. Por ejemplo, el silogismo C02 responde al siguiente esquema: Algún *S* es *M*, Ningún *P* es *M*. En este caso hay conclusión válida

de modo *O*: Algún *S* no es *P*, conclusión que no es reversible, ya que los únicos modos reversibles son *I* y *E*.

Discusión

Los componentes de dificultad identificados guardan relación con las investigaciones de la psicología cognitiva con respecto al efecto atmósfera, sesgo de la figura y reversibilidad. Esto se pone de manifiesto en el hecho de que las figuras i y iv hacen que el silogismo resulte más difícil de resolver

Tabla 2
Composición de los silogismos y su dificultad en el modelo de Rasch y LLTM

Ítem	Modo	Figura	Efecto atmósfera	Sesgo figura	Figura II	Figura III	Reversibilidad	Invalidez	Dificultad Rasch	Dificultad LLTM	% Respuesta correcta	n
C02	IEO	II	0	0	1	0	0	0	0,9036	0,1792	18,4	1074
C18	EAE	II	0	0	1	0	1	0	-1,7689	-1,2188	69,5	1074
C08	AII	III	0	0	0	1	1	0	-1,6066	-1,7874	67,5	1074
C16	AAI	III	1	0	0	1	1	0	1,3810	0,9085	12,9	1074
C20	AEO	III	1	0	0	1	0	0	1,8336	2,3064	8,2	1074
C22	OAO	II	0	0	1	0	0	0	0,5573	0,1792	23,8	1074
C26	II-	II	1	0	1	0	0	1	-1,5615	-0,9311	68,9	1074
C28	OAO	III	0	0	0	1	0	0	-0,8620	-0,3895	49,5	1074
A01	AAA	I	0	0	0	0	0	0	-0,7867	-0,8233	53,3	808
A05	AEO	I	1	1	0	0	0	0	3,3028	3,4944	2,2	808
A13	IO-	I	1	1	0	0	0	1	0,0825	-0,3117	31,9	808
A15	EIO	IV	0	1	0	0	0	0	0,6268	0,7985	21,2	808
A21	OO-	I	1	1	0	0	0	1	-0,5215	-0,3117	43,3	808
A25	EAE	I	0	0	0	0	1	0	-2,1539	-2,2212	74,6	808
A07	OE-	IV	1	1	0	0	0	1	0,0809	-0,3117	33,3	403
A27	EO-	IV	1	1	0	0	0	1	-0,5161	-0,3117	41,2	403
C06	OI-	II	0	1	1	0	0	1	-0,9941	-0,9311	56,1	669
C31	OE-	III	0	1	0	1	0	1	-0,7804	-1,4997	49,5	669
B05	EAO	IV	1	1	0	0	0	0	2,8633	3,4944	3,7	671
B21	OO-	IV	1	1	0	0	0	1	-0,0799	-0,3117	36,5	671

Fuente: elaboración propia.

cuando no tiene conclusión válida o cuando esta tiene dirección opuesta al sesgo, lo que es congruente con las teorías que predicen respuestas en dirección al sesgo de la figura (Dickstein, 1975, 1976, 1978; Johnson-Laird y Steedman, 1978). Asimismo, aumentan la dificultad del silogismo, de tal modo que la conclusión difiera de la de las premisas o que los sujetos expresen una conclusión según los modos predichos por el efecto atmósfera (Sells, 1936; Woodworth y Sells, 1935), aunque no haya conclusión válida.

Por otra parte, el carácter reversible de algunas conclusiones se mostró como un factor facilitador, lo que es compatible con las teorías que explican algunos errores por conversión ilícita (Ceraso y Provitera, 1971; Chapman y Chapman, 1959; Dickstein, 1980, 1981; Revlin y Leirer, 1978). Este error no tiene posibilidad de ocurrir si la conclusión es reversible, por lo que tal tipo de conclusión resulta facilitadora. Si bien no había una hipótesis sobre el efecto de las figuras II y III, la conveniencia de su inclusión para ajustar mejor el modelo LLTM permitió estimar su efecto sobre la dificultad. Finalmente, el hecho de que los silogismos no tengan conclusión válida incide facilitando el ítem.

Aun cuando no se logró el ajuste del modelo LLTM en términos del test estadístico inferencial, su aplicación sirvió para identificar o confirmar los factores que contribuyen a la mayor o menor dificultad de la resolución de un silogismo. Si bien el mismo Fischer (1997) afirma que el rechazo del ajuste del test estadístico ocurre la mayoría de las veces, su aplicación puede ser útil porque conduce al investigador a explicitar sus hipótesis con respecto al material, le permite ponerlas a prueba y, aún si la explicación de la dificultad de los ítems, en términos de los parámetros básicos, no es perfecta, al menos le permite predecirlos aproximadamente. En efecto, según se muestra en la tabla 2, los componentes de dificultad propuestos llevan a predecir con bastante buena aproximación la dificultad de muchos de los ítems. Y si en algunos casos, como el C02 y C31, la discrepancia es más acentuada, con todo las estimaciones guardan una correlación, tal como lo expresa su coeficiente $r = 0,9612$.

En cuanto al alcance de las conclusiones, debe tenerse en cuenta las siguientes limitaciones:

1. La incidencia de los componentes de dificultad debe considerarse conjuntamente; esto es, los parámetros básicos no son absolutos, sino relativos al conjunto de factores que se están tomando en cuenta. Si otra exploración de fuentes de dificultad llevara a identificar algún otro factor no contemplado que se agregara al modelo para mejorar el ajuste, o si se redefinieran parte de los componentes, el resto podría cambiar sus parámetros básicos. Esto hay que tenerlo en cuenta al interpretar los componentes. Por ejemplo, que el componente *invalidéz* tenga un parámetro básico positivo, facilitador, puede explicarse en parte porque los ocho silogismos inválidos están comprendidos dentro del componente *efecto atmósfera*, y siete de ellos, en el del *sesgo de la figura en contra*, dos factores que contribuyen a un fuerte aumento de la dificultad. El parámetro básico del componente *invalidéz*, facilitador por tener signo contrario, compensa el efecto de aquellos. Por eso no debería interpretarse que los silogismos inválidos son más fáciles que los válidos en términos absolutos, ya que —como queda claro desde el planteo del modelo— depende también de la presencia de otros componentes.
2. Como el modelo LLTM supone el ajuste previo del modelo de Rasch, y este requiere igualdad de discriminación entre los ítems, resulta restrictivo del universo de silogismos al que se puede aplicar. De los 46 silogismos iniciales, el análisis quedó restringido a 20 de ellos. Teniendo en cuenta las combinaciones de modo y figura de las premisas y de la conclusión, son posibles 256 silogismos, pero hay solo 32 que son esencialmente diferentes, debido a las equivalencias lógicas existentes por permutación de premisas o por su reversibilidad. Entre los 20 silogismos seleccionados, hay 18 lógicamente diferentes, ya que hay dos pares equivalentes: A05-B05 y A21-B21. Las figuras quedaron equitativamente representadas en estos 20 silogismos, 5 de cada una. De las 10 combinaciones posibles de modos de las premisas (sin considerar el orden), están representadas 9 (solo falta EE). Puede entonces considerarse que los silogismos seleccionados involucran una muestra representativa del conjunto de operaciones mentales inherentes al razonamiento silogístico, pero

esta representación no es exhaustiva, quedan ciertas combinaciones con sus dificultades propias sin representar. Por lo tanto, la predicción de la dificultad de los silogismos en función de sus componentes es solo válida para silogismos de igual estructura a los seleccionados.

Referencias

- Attorresi, H., Picón Janeiro, J., Abal, F., Aguerri, M. & Galibert, M. (2009). Aplicación del modelo LLTM de Fischer al análisis de las fuentes de dificultad de ítems de razonamiento deductivo. *Interdisciplinaria. Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 26(1), 77-93.
- Ceraso, J., & Provitera, A. (1971). Sources of error in syllogistic reasoning. *Cognitive Psychology*, 2(4), 400-410.
- Chapman, L., & Chapman, J. (1959). Atmosphere effect re-examined. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 220-226.
- Dickstein, L. (1975). Effects of instructions and premise order on errors in syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1(4), 376-384.
- Dickstein, L. (1976). Differential difficulty of categorical syllogisms. *Bulletin of Psychonomic Society*, 8(4), 330-332.
- Dickstein, L. (1978). The effect of figure on syllogistic reasoning. *Memory and Cognition*, 6(1), 76-83.
- Dickstein, L. (1980). Inference errors in deductive reasoning. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 16(6), 414-416.
- Dickstein, L. (1981). Conversion and possibility in syllogistic reasoning. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18(5), 229-232.
- Erickson, J. (1974). A set analysis theory of behavior in formal syllogistic reasoning tasks. En R. Solso (ed.), *Theories of cognitive psychology. Loyola symposium on cognition* (vol. 2, pp. 305-330). Nueva Jersey: Erlbaum.
- Erickson, J. (1978). Research on syllogistic reasoning. En R. Revlin & R. Mayer (comps.), *Human Reasoning* (pp. 39-50). Nueva York: Wiley.
- Espino, O., Santamaría, C. & García Madruga, J. (2000). Influencia del número de modelos y de la figura en tareas de razonamiento silogístico. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 53(4), 701-716.
- Espino, O. (2004). *Pensamiento y razonamiento*. Madrid: Pirámide.
- Fischer, G. (1973). The linear logistic test model as an instrument in educational research. *Acta Psychologica*, 37(3), 359-374.
- Fischer, G. (1997). Unidimensional Linear Logistic Rasch Model. En W. Van der Linden & R. Hambleton (eds.), *Handbook of modern item response theory* (pp. 225-244). Nueva York: Springer-Verlag.
- Fischer, G., & Ponocny-Seliger, E. (1997). *LPCM-WIN program*. Groningen: IEE. ProGAMMA.
- Galibert, M., Picón Janeiro, J., Lozzia, G., Abal, F., Blum, D. & Attorresi, H. (2010). Dificultad de ítems de razonamiento deductivo cuando la negación afecta a la disyunción o a la conjunción. *Investigando en Psicología*, 12, 89-105.
- Galibert, M., Picón Janeiro, J., Lozzia, G., Aguerri, M. & Attorresi, H. (2010). Componentes de dificultad de ítems para la evaluación de operaciones lógicas: Una aplicación del modelo LLTM. *SUMMA Psicológica*, 7(1), 3-13.
- Johnson-Laird, P., & Steedman, M. (1978). The psychology of syllogisms. *Cognitive Psychology*, 10, 64-99.
- Picón Janeiro, J., Galibert, M., Abal, F., Lozzia, G., Blum, G. & Attorresi, H. (2010). Efecto de la introducción de negaciones sobre la dificultad de los argumentos condicionales simbólicos. *Anuario de Investigaciones*, 17, 195-202.
- Prieto, G. & Delgado, A. (1999). Medición cognitiva de las aptitudes. En J. Olea, V. Ponsoda y G. Prieto (eds.), *Tests informatizados. Funda-*

- mentos y aplicaciones (pp. 207-226). Madrid: Pirámide.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Coenhagen: Danish Institute for Educational Research.
- Real, E., Olea, J., Ponsoda, V., Revuelta, J. & Abad, F. (1999). Análisis de la dificultad de un test de matemáticas mediante un modelo componencial. *Psicológica*, 20, 121-134.
- Revlín, R., & Leirer, V. (1978). The effect of personal biases on syllogistic reasoning. Rational decisions from personalized representation. En R. Revlín & R. Mayer (comps.) *Human Reasoning*, Washington, D. C.: Winston.
- Revuelta, J. & Ponsoda, V. (1998). Un test adaptativo informatizado de análisis lógico basado en la generación automática de ítems. *Psicothema*, 10(3), 709-716.
- Santamaría, C. (1989). Modelos mentales y razonamiento semántico. El silogismo. *Cognitiva*, 2(2), 21-36.
- Santamaría, C. (1995). *Introducción al razonamiento humano*. Madrid: Alianza.
- Sells, S. (1936). The atmosphere effect. An experimental study of reasoning. *Archives of Psychology*, 29, 3-72.
- SHL (1996). *DA5. Diagramas codificados*. Madrid: Psicólogos Organizaciones.
- Traub, B., & Erickson, J. (1975). *Determinants of difficulty in judging the validity of syllogistic arguments*. Chicago: Midwestern Psychological Association.
- Woodworth, R., & Sells, S. (1935). An atmosphere effect in syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 451-460.