

# INFLUENCIA DEL NÚMERO DE MODELOS Y DE LA FIGURA EN TAREAS DE RAZONAMIENTO SILOGÍSTICO

ORLANDO ESPINO Y CARLOS SANTAMARÍA  
Universidad de La Laguna. Tenerife.

JUAN A. GARCÍA-MADRUGA  
UNED. Madrid

## Resumen

Se presentan dos experimentos que pretenden comprobar algunos de los principales supuestos de la teoría de los modelos mentales (Johnson-Laird y Byrne, 1991) en el razonamiento silogístico. Para la teoría de modelos la figura del silogismo y el número de modelos son las principales causas de dificultad y sesgo en el razonamiento silogístico. En una tarea de evaluación (experimento 1) hemos encontrado que el tipo de figura silogística (figura I y figura IV) y el número de modelos (silogismos de un modelo y silogismos de múltiples modelos) afectan al tiempo de procesamiento de la segunda premisa. También se ha encontrado que el porcentaje de aciertos está en función del número de modelos de los silogismos. Por otra parte, en una tarea de construcción (experimento 2) se ha encontrado que los aciertos están en función del número de modelos y del tipo de figura. Por último, se ha encontrado que los errores que los participantes cometen en los problemas de múltiples modelos se corresponden con alguno de los modelos iniciales. Estos resultados se explican en términos de modelos mentales (Johnson-Laird y Byrne, 1991).

**Palabras claves:** razonamiento silogístico, modelos mentales, efecto de la figura.

## Abstract

Two experiments check some of the principal predictions of the mental model theory (Johnson-Laird and Byrne, 1991) in syllogistic reasoning. According to the mental model theory the figure of a syllogism and the number of models are the principal causes of difficulty and biases in syllogistic reasoning. In an evaluation task (experiment 1) we found that the type of figure of the syllogism (figure I and figure IV) affected processing time of the second premise. Also, the number of models affected the percentage of correct responses. In a construction task (experiment 2) we found that the number of models and the type of figure affected the percentage of the correct responses. Finally, the majority of erroneous conclusions correspond to conclusions based on a single model of multiple-model syllogisms. These results are explained in terms of the mental model theory (Johnson-Laird and Byrne, 1991).

**Key words:** syllogistic reasoning, mental models, figural effect.

## Introducción

En su forma tradicional el silogismo categórico consiste en la conjunción de dos proposiciones cuantificadas denominadas premisas, y una tercera denominada conclusión. Según la descripción clásica, la primera premisa se denomina mayor y contiene el predicado (A) de la conclusión, la segunda premisa se llama premisa menor y contiene el sujeto (C) de la conclusión. El término que se repite en la premisa mayor y en la premisa menor se llama término medio (B). Existen dos variables formales que determinan la configuración del silogismo: modo y figura. El modo hace referencia a la cantidad (universal y particular) y a la cualidad (afirmativa y negativa) de las premisas. La combinación de cantidad y cualidad da lugar a cuatro tipos de enunciados:

Modo	Ejemplo	Código convencional
Universal - Afirmativa	Todos los A son B	(A)
Universal - Negativa	Ningún A es B	(E)
Particular - Afirmativa	Algunos A son B	(I)
Particular - Negativa	Algunos A no son B	(O)

La figura hace referencia al orden que ocupan los términos en las premisas y en la conclusión. Dependiendo del lugar que ocupen los términos en las premisas, son posibles cuatro figuras:

Figura I	Figura II	Figura III	Figura IV
B - A	A - B	B - A	A - B
C - B	C - B	B - C	B - C

El modo y la figura, además de configurar el aspecto formal del silogismo, generan dificultad y sesgos en el proceso deductivo. Los resultados de numerosas investigaciones han demostrado que cuando los sujetos deben generar una conclusión en una tarea silogística la figura da lugar a un sesgo direccional. Este sesgo es conocido como «efecto de la figura» y hace referencia a la preferencia que tienen las personas por elegir o construir conclusiones en una determinada dirección más que en otra. Este efecto tiene su máxima expresión en los silogismos de la figura I y de la figura IV y en menor medida en las figuras II y III (Dickstein, 1978; Espino, 1995; Ford, 1995; García Madruga, 1982, 1983, 1989; Johnson-Laird, 1975; Johnson-Laird y Steedman, 1978; Johnson-Laird y Bara, 1984; Yule y Stenning, 1992). En estos casos se ha encontrado que cuando las personas deben elaborar la conclusión de los silogismos de la figura IV tienden a dar más conclusiones en el sentido A-C que en el sentido C-A. Asimismo, cuando las personas deben elaborar conclusiones de los silogismos de la figura I, tienden a dar más conclusiones en el sentido C-A que en el sentido A-C. Las principales teorías actuales de razonamiento dan explicaciones diferentes acerca de la naturaleza de este fenómeno. Para algunos teóricos el orden de los términos extremos en la conclusión dependerá de qué parte de la regla está siendo aplicada (Ford, 1995). Otros plantean que el sesgo está en función de la función sintáctica que hayan desempeñado los términos extremos en las premisas (García Madruga, 1989, Wetherick y Gilhooly, 1990; Polk y Newell, 1995). De forma diferente, Yule y Stenning (1992) proponen que el orden de los términos extremos en la conclusión dependerá de qué término extremo ha contribuido a definir la región crítica. Para la teoría de modelos mentales (Johnson-Laird y Bara, 1984), el orden que los términos extremos ocupen en la conclusión va a depender del lugar

que dichos términos ocupen en el modelo mental integrado en la memoria de trabajo y del principio «first in, first out» (lo primero en entrar es lo primero en salir; Broadbent, 1958). En cuanto a que la figura del silogismo pueda afectar a su dificultad sólo algunas teorías han sido explícitas. Así, por ejemplo, la teoría de modelos mentales postula que la dificultad del silogismo está asociada a la formación del modelo mental integrado. Aquellos silogismos en los que el modelo integrado de las premisas se obtiene directamente (figura IV) serán más fáciles que aquellos problemas en que se obtiene indirectamente (por ejemplo, la figura I).

En cuanto al modo, numerosas investigaciones han mostrado que el modo de las premisas afecta al proceso deductivo, bien generando un sesgo de respuesta y/o haciendo más difíciles los silogismos. En cuanto a los sesgos de respuesta, algunos investigadores plantean que el modo de las premisas determina el modo de la conclusión elegida, debido a la actuación de algún tipo de proceso lingüístico superficial o porque crea una «atmósfera» de respuesta (Woodworth y Sells, 1935; Newell, 1981; García Madruga, 1983; Wetherick y Gilhooly, 1990). Asimismo, otros investigadores han postulado que los sujetos convierten erróneamente las premisas A (todos los A son B) y O (algunos de los A no son B), lo que afecta a las conclusiones seleccionadas (Chapman y Chapman, 1959; Revlin, 1975). Para la teoría de modelos mentales el efecto del modo en su versión de efecto superficial o atmósfera, se debe a que los sujetos dan como válida la conclusión que se extrae de los modelos iniciales de las premisas, antes de la fase de comprobación o búsqueda de modelos alternativos. La conversión ilícita se considera que es debida a un descuido u olvido de la información implícita al realizar las operaciones semánticas en la memoria operativa.

En cuanto a la dificultad, algunos autores plantean que el modo genera dificultad porque puede llamar a un menor o mayor número de representaciones eulerianas (Yule y Stenning, 1992) o de diagramas de Venn (Newell, 1981). Cuanto más representaciones eulerianas se requieran más difícil será el problema. Para otros autores, la dificultad se debe a que los modos están asociados a diferentes reglas de inferencia (Braine, 1978; Rips, 1994). Para la teoría de modelos la dificultad se explica a partir del número de modelos que generan los distintos modos de las premisas.

Dado que actualmente se considera que la teoría de modelos mentales es la que explica de forma más exhaustiva la influencia que tienen el modo y la figura sobre el proceso deductivo, pasaremos a comentarla en detalle. La teoría ha ido modificándose a lo largo del tiempo, por lo que nos centraremos en la última versión que ha sido implementada de forma exitosa en un programa de ordenador (Bucciarelli y Johnson-Laird, en prensa). Para la teoría de modelos la resolución de una tarea silogística implica la existencia de cuatro fases o estadios:

1) *Interpretación y representación inicial de las premisas.* Esta etapa corresponde al estadio de la comprensión. En ella los sujetos usan su conocimiento del lenguaje y del mundo para entender las premisas. Ello se lleva a cabo mediante la construcción de modelos mentales, los cuales, en su estructura, recogen el estado de cosas que describen las premisas. Los autores resaltan que lo importante no es la experiencia subjetiva del modelo, sino su estructura. Esta tiene una correspondencia isomórfica con el estado de cosas descrito en las premisas, de forma que las entidades descritas en las premisas están representadas por elementos (“tokens”), las propiedades de estas entidades están representadas por las propiedades de las unidades, y las relaciones entre las entidades están representadas por relaciones entre las unidades. El número de unidades utilizadas para representar las entidades es arbitrario. Por ejemplo, para representar la premisa «todos los atletas son banqueros», se podrían usar dos unidades que darían lugar a un modelo mental inicial como sigue:

[atleta]	banquero
[atleta]	banquero

...

Cada línea representa un individuo. Los corchetes nos indican que el grupo ha sido representado exhaustivamente en el modelo. En nuestro ejemplo, el grupo de los atletas esta representado exhaustivamente en relación al grupo de los banqueros, y por lo tanto no pueden existir atletas que no sean banqueros aunque si pueden existir banqueros que no sean atletas, ya que el grupo de los banqueros no esta representado exhaustivamente. Los tres puntos suspensivos nos indica esta ultima posibilidad. Este modelo mental inicial podría llevar a los sujetos a interpretar la premisa de manera simétrica, y así considerar verdadera la forma conversada (todos los banqueros son atletas). Sin embargo, cuando los sujetos hacen explícito el modelo:

atleta           banquero  
 atleta           banquero  
 -atleta         banquero  
 -atleta         banquero

éste puede refutar dicha interpretación, ya queda explícito que existen banqueros que no son atletas. Aunque el primer modelo pudiera interpretarse erróneamente en el sentido de la conversión, el modelo explícito refutaría esta posibilidad. Esta tendencia a olvidar lo que no está representado explícitamente da lugar a sesgo sistemático de respuestas en tareas de razonamiento silogístico

A continuación comentaremos las representaciones iniciales que la teoría de modelos propone para el resto de los cuantificadores. Una premisa particular afirmativa del tipo "algunos de los atletas son banqueros", daría lugar a la siguiente representación inicial:

atleta           banquero  
 atleta  
                   banquero

Una premisa de la forma "ninguno de los atletas son banqueros", tiene un modelo de la forma:

[atleta]        -banquero  
 [atleta]        -banquero  
                   [banquero]  
                   [banquero]

Una premisa particular negativa del tipo "algunos de los atletas no son banqueros" tiene la siguiente representación inicial:

atleta         -banquero  
 atleta         -banquero  
                   banquero  
                   banquero

2) *Combinación de las interpretaciones en un modelo simple.* Una vez construido el modelo de la primera premisa, los sujetos deben construir el modelo de la segunda premisa e integrarlo con el de la primera. Para construir un modelo integrado de las premisas los sujetos deben hacer coincidir temporalmente los términos medios. Sólo dos operaciones son necesarias para hacer coincidir los «tokens» de los términos medios. Se puede dar el caso de que la integración se dé de forma inmediata, como en el caso de los silogismos de la figura IV, ya que los términos medios mantienen una relación de contigüidad temporal:

Todos los atletas son banqueros  
 Todos los banqueros son cantantes

Para el resto de las figuras silogísticas se hace necesario llevar a cabo determinadas operaciones para que los términos medios sean adyacentes. En el caso de la figura I:

Todos los banqueros son atletas  
 Todos los cantantes son banqueros

al no existir una contigüidad temporal entre los términos medios, los sujetos deben construir un modelo de la segunda premisa (todos los cantantes son banqueros), rehacer la interpretación

de la primera premisa (todos los banqueros son atletas), y añadir la información de ésta a la segunda premisa, quedando la información del modelo mental resultante como sigue:

Todos los cantantes son banqueros

Todos los banqueros son atletas

Para la figura II y III, la formación del modelo mental integrado es mucho más compleja (Johnson-Laird y Bara, 1984).

La operación para combinar modelos es simple ya que consiste en asegurarse que los modelos de las dos premisas contienen el mismo número de elementos correspondientes al término medio. Por ejemplo, las siguientes premisas:

Algunos atletas son banqueros

Todos los banqueros son cantantes

dan lugar a los siguientes modelos:

atleta           banquero

atleta

banquero

...

y

[banquero] cantante

[banquero] cantante

...

Ambos modelos tienen el mismo número de elementos del término medio (banqueros), y por tanto pueden ser directamente combinados:

atleta           [banquero]           cantante

atleta

[banquero]           cantante

...

a partir de este modelo integrado se podría concluir que: «algunos de los atletas son cantantes» o «algunos de los cantantes son atletas». En este caso, y debido a la figura del silogismo es más probable que los sujetos generen la primera conclusión.

La teoría de modelos mentales, postula tres supuestos que afectan el proceso de integración de las premisas: a) Los sujetos para poder integrar las dos premisas deben mantenerlas en memoria, pero las limitaciones de la memoria operativa dificultan el proceso inferencial. b) La primera información en entrar en la memoria operativa será, como hemos dicho, la primera información en salir. c) Se postula una preferencia en la elaboración de un modelo mental a partir de la primera premisa.

3) *Formulación de una conclusión informativa.* Este estadio se corresponde con un proceso normal de descripción verbal. En él los sujetos deben sacar una conclusión parsimoniosa, la cual debe expresar una relación que no está explícita en las premisas. Si no hay tal conclusión, el sujeto concluye que no hay conclusión válida. La formulación de la conclusión se debe atener a los siguientes principios: si no hay tokens negativos, la conclusión que se debe extraer entre los términos extremos (atletas, cantantes) es del siguiente modo: si cada "atleta" es en el modelo un "cantante", entonces se concluye "todo los atletas son cantantes"; si al menos uno de los "atletas" en el modelo es un "cantante", entonces se concluye "algunos de los atletas son cantantes"; en cualquier otra situación, se responde que "no hay conclusión válida". Cuando hay tokens negativos en el modelo, si los "atletas" y los "cantantes" son disyuntivos y ambos son exhaustivos, o uno de ellos y el término medio son exhaustivos, entonces se debe concluir "ninguno de los atletas son cantantes"; si al menos un "atleta" en el modelo es un no "cantante", entonces se concluye que "algunos de los atletas no son cantantes"; de otra forma se respondería que "no hay conclusión válida".

4) *Búsqueda de un modelo alternativo*. Es el proceso inferencial a través del cual los sujetos buscan modelos alternativos que se deriven de las premisas y que hagan falsa la conclusión que los sujetos han elaborado en el segundo estadio. En caso de que no haya una conclusión alternativa, la conclusión putativa es considerada como válida. En caso contrario, los sujetos volverían al segundo estadio e intentarían comprobar si hay una conclusión verdadera para todos los modelos que ellos hayan podido construir. Se proponen tres tipos de operaciones en la búsqueda de contraejemplos:

La primera operación que se llevaría a cabo es la de romper una entidad en dos. Este tipo de operación ocurre en los casos en los que el término medio no está exhaustivamente representado. Por ejemplo, en una representación inicial del tipo:

atleta           banquero           cantante

en la que el término medio (banquero) no está exhaustivamente representado, éste se puede romper en dos unidades separadas. En este caso, el modelo resultante sería del siguiente tipo:

atleta           banquero  
                  banquero           cantante

Otro tipo de operación que se puede llevar a cabo es la de añadir nuevas entidades al modelo. Esta operación se llevaría a cabo cuando los términos extremos no están exhaustivamente representados. Por ejemplo, si tenemos la representación inicial de un par de premisas del siguiente tipo:

atleta           [banquero]           cantante  
atleta           [banquero]           cantante

se pueden añadir nuevos tokens al término final que no está representado exhaustivamente (cantante), lo cual permitiría una representación del tipo:

atleta   banquero   cantante  
atleta   banquero   cantante  
                  cantante

La tercera operación consiste en unir dos entidades separadas formando una sola. Esta operación se aplica cuando los términos extremos no están unidos al término medio. Por ejemplo, en la siguiente representación:

[atletas]           -banquero  
[atletas]           -banquero  
                  [banquero]           -cantante  
                  [banquero]           -cantante  
                                  [cantante]  
                                  [cantante]

en este caso podemos crear un nuevo modelo, moviendo los términos extremos para formar una sola entidad con los otros términos medios. La operación resultante nos daría un modelo del siguiente tipo:

[atleta]           -banquero           [cantante]  
[atleta]           -banquero           [cantante]  
                  [banquero]           -cantante  
                  [banquero]           -cantante

El aspecto más importante en este estadio es el número de modelos mentales que es necesario construir para deducir una conclusión correcta. La teoría predice que cuanto más modelos mentales se requieran para elaborar una conclusión, mayor será su dificultad. Debido a que un modelo mental es algo que el sujeto debe construir, manipular y comparar, y que a su vez existen limitaciones en la memoria operativa, se predice que cuantos más modelos intervengan más difícil será la tarea.

Por ejemplo, un silogismo del tipo AA4:

Todos los atletas son banqueros  
 Todos los banqueros son cantantes

daría lugar a una representación mental de las dos premisas de la siguiente manera:

[atleta]	[banquero]	cantante
[atleta]	[banquero]	cantante

...

En este caso, no es necesario el desarrollo del modelo para sacar la conclusión parsimoniosa: «todos los atletas son cantantes». Aunque se desarrolle el modelo no hay forma de refutar esta conclusión. En este caso sólo se necesita elaborar un modelo para su resolución. Sin embargo, existen otros silogismos en los que la elaboración de la conclusión surge después de un largo proceso. Por ejemplo, en un silogismo del tipo AE3:

Todos los atletas son banqueros  
 Ninguno de los atletas son cantantes

daría lugar a una representación inicial de las dos premisas de la siguiente manera:

banquero	[atleta]	
banquero	[atleta]	
	[cantante]	
	[cantante]	

...

que nos podría llevar a concluir que «ninguno de los cantantes son banqueros» o «ninguno de los banqueros son cantantes». Esto es precisamente lo que suelen responder los sujetos cuando resuelven este silogismo. Sin embargo, al no estar exhaustivamente representado el término extremo “banquero” se pueden añadir nuevos tokens, lo cual daría lugar a un modelo del siguiente tipo:

banquero	[atleta]	-cantante
banquero	[atleta]	-cantante
banquero		[cantante]
		[cantante]

...

a partir de estos modelos podríamos deducir que: «algunos de los cantantes no son banqueros» o «algunos de los banqueros no son cantantes». Estas nuevas conclusiones refutan las anteriores. Sin embargo, todavía es posible construir un tercer modelo compatible con la información de las premisas, y que haría falsa la conclusión anterior. Al igual que antes, el término extremo “banquero” es un término no representado exhaustivamente, y como consecuencia se podrían añadir un nuevo token al modelo. La representación final sería la siguiente:

banquero	[atleta]	-cantante
banquero	[atleta]	-cantante
banquero		[cantante]
banquero		[cantante]

a partir de este modelo se podría concluir que «algunos de los banqueros no son cantantes», y no existe posibilidad de que ningunos de los modelos anteriores lo refute. Sin embargo, es bastante probable que las personas que habían optado por la conclusión “algunos de los cantantes no son banqueros” concluyan ahora erróneamente que este silogismo no tiene conclusión válida, debido a que interpretan que la conversa tampoco es válida.

La teoría de modelos predice que en los problemas de múltiples modelos, el tipo de error más frecuente se corresponde con el modelo inicial de las premisas. Esta forma de concebir los errores nos muestra que los sujetos han intentado resolver los problemas de forma racional, pero debido a una serie de limitaciones cognitivas no han podido completar el proceso.

Por tanto, la teoría de modelos mentales identifica dos determinantes como causa de la dificultad y errores en el razonamiento silogístico: el número de modelos y la figura del silogismo. La figura del silogismo hace que unos sean más fáciles que otros. En este sentido, cuantas más operaciones necesiten hacer los sujetos para obtener un modelo mental integrado, más difícil será el silogismo, y por ende, habrá una mayor proporción de errores. Cuanto más modelos se necesiten para elaborar una conclusión más difícil será el problema.

Los dos experimentos que se presentan en esta investigación pretenden estudiar cuándo y cómo el número de modelos y la figura afectan al proceso deductivo. La primera investigación se ha diseñado con el objeto de comprobar si la formación del modelo mental integrado de las premisas en los silogismos de la figura I y IV se lleva a cabo durante la lectura de la segunda premisa. Aunque la teoría de modelos mentales asume que es durante la lectura de la segunda premisa cuando se lleva a cabo la formación del modelo integrado para estas figuras, no existen datos experimentales que apoyen este supuesto en tareas de razonamiento silogístico, aunque sí en razonamiento relacional (Carreiras y Santamaría, 1997). El primer objetivo de este experimento consistirá en comprobar si existen diferencias en el tiempo de procesamiento de la segunda premisa en función de la figura (figura I frente a figura IV). Como segundo objetivo estudiaremos cómo el número de modelos (problemas de un modelo frente a problemas de múltiples modelos) afecta al tiempo de procesamiento de la segunda premisa (momento en el que se está formando el modelo mental integrado). Como ya hemos comentado, para la teoría de modelos cuanto más modelos tengan un problema más difícil será. Por último, y como tercer objetivo, pretendemos comprobar el efecto que tiene la figura y el número de modelos sobre los aciertos. Para la teoría de modelos en los silogismos de un modelo deberían de haber más aciertos que en los de múltiples modelos y en los silogismos de figura IV debería de haber más aciertos que en los de la figura I.

En la segunda investigación pretendemos comprobar el efecto que la figura y el número de modelos ejerce sobre el proceso deductivo cuando los participantes llevan a cabo una tarea de construcción. Nuestros objetivos se centrarán en comprobar si los silogismos de la figura I y IV generan sesgos de respuestas. Asimismo, queremos confirmar si los errores que los sujetos cometen cuando resuelven problemas de múltiples modelos se ajustan a las predicciones de la teoría de modelos mentales: es decir, si concuerdan con alguno de los modelos posibles. Por último, queremos observar cómo la figura y el número de modelos afectan a los aciertos.

Los experimentos que presentaremos a continuación se enmarcan en un proyecto de investigación más amplio. En investigaciones previas (Espino, 1995; Espino, Santamaría y García Madruga, enviado para publicación) en las que se han usado silogismos con una estructura sintáctica típica o normal (por ejemplo, todos los atletas son banqueros, todos los banqueros son cantantes), hemos encontrado que la disposición de los términos medios (banqueros) afecta al tiempo de procesamiento de la segunda premisa, al porcentaje de aciertos y a la dirección de la respuesta. Los silogismos que se presentan en este artículo aparecerán con una estructura sintáctica atípica (por ejemplo, "son atletas todos los banqueros / son banqueros todos los cantantes"). El objetivo de esta manipulación es comprobar si cuando se modifica la sintaxis, la disposición de contigüidad temporal de los términos medios sigue afectado al procesamiento de la segunda premisa, al porcentaje de aciertos y a la dirección de la respuesta en cada figura, tal y como postula la teoría de modelos.

## **Primer experimento**

La necesidad de disponer de un modelo mental integrado es un requisito que no sólo debe estar presente en las tareas de razonamiento sino en cualquier tarea de comprensión (Johnson-Laird, 1983). Como ya hemos comentado previamente, los partidarios de la teoría de modelos



mentales postulan que para conseguir un modelo mental integrado de las premisas de un silogismo los sujetos deben conseguir primero la transitividad de los términos extremos. Ello se logra haciendo coincidir temporalmente los términos medios de las premisas. En el caso de los silogismos de la figura IV (A-B/B-C), la transitividad se obtiene directamente, mientras que en los silogismos de la figura I (B-A/C-B), las personas han de llevar a cabo operaciones cognitivas adicionales para conseguir que los términos medios sean contiguos. Desde este enfoque, se predice que los participantes emplearán más tiempo en el procesamiento de los silogismos de la figura I que en los de la figura IV. Más concretamente, esta diferencia de procesamiento se debería hacer patente en el tiempo de procesamiento de la segunda premisa, debido a que es durante la integración de ésta cuando se puede llevar a cabo la formación del modelo mental compuesto de ambas premisas. El experimento que se presenta a continuación tiene como uno de sus principales objetivos constatar estas predicciones. También se tratará de comprobar qué efecto tiene sobre el procesamiento de la segunda premisa la dificultad del problema. Para la teoría de modelos mentales, los problemas que tienen mayor número de modelos son más difíciles que los que tienen un sólo modelo, por lo que es predecible que el tiempo de procesamiento de la segunda premisa (que es cuando se forma el modelo mental integrado) será mayor en los problemas más difíciles que en los más fáciles.

## Método

### Participantes

Participaron 31 alumnos de segundo curso de Psicología de la Universidad de La Laguna. Todos ellos recibieron créditos para la nota de una asignatura por su participación.

### Diseño

Se utilizó un diseño intragrupo 2x2. El primer factor hace referencia a la figura del silogismo, y tiene dos niveles: figura I frente a figura IV. El segundo factor hace referencia al número de modelos, y tiene dos niveles: problemas de un modelo mental frente a problemas de múltiples modelos. Las variables dependientes son el tiempo de lectura de la segunda premisa y el porcentaje de aciertos.

### Materiales y procedimiento

El tipo de tarea silogística era de evaluación. Se utilizaron como materiales experimentales ocho silogismos, cuatro de la figura I y cuatro de la figura IV. Los problemas usados en ambas figuras fueron los siguientes:

AA (universal afirmativa, universal afirmativa, por ejemplo: son a todos los b / son b todos los c);

AE (universal afirmativa, universal negativa, por ejemplo: son a todos los b / no es b ningún c);

AI (universal afirmativa, particular afirmativa, por ejemplo: son a todos los b / es b algún c);

AO (universal afirmativa, particular negativa, por ejemplo: son a todo los b / no es b algún c).

De estos, los silogismos AA4, AA1, AI1 y AE4 fueron tomados como problemas de un modelo mental y los silogismos AI4, AO4, AE1 y AO1 fueron tomados como problemas de múltiples modelos (siguiendo el análisis de Johnson-Laird y Byrne, 1991). Los silogismos se presentaron a través de 4 ordenadores, mediante un programa de ventana móvil. Los sujetos recibían cuatro exposiciones por cada silogismo, la primera y la segunda correspondía a la primera y segunda

premisa, la tercera a la conclusión, y por último se les presentaba una pregunta sobre la verdad o falsedad de la conclusión. Puesto que estábamos interesados en medir tiempos en la segunda premisa, se manipularon los problemas de forma que tanto para los silogismos de la figura I como en los de la figura IV, la segunda premisa fuese siempre la misma. Los sujetos se autoadministraban el tiempo de exposición de las premisas.

Antes de iniciar la tarea, los sujetos recibían información por escrito acerca de la naturaleza de la tarea. Posteriormente debían resolver 2 silogismos a modo de práctica. Una vez hechos los ejemplos, ninguno de los cuales aparecía en la sesión experimental, comenzaba la tarea experimental.

En cuanto a las conclusiones que presentaban los silogismos, se emplearon dos tipos: conclusiones que iban en el sentido A-C y conclusiones que iban en el sentido C-A. Las conclusiones A-C son aquellas en las que el término extremo de la primera premisa ocupa el primer lugar en la conclusión, y el término extremo de la segunda premisa ocupa el segundo lugar en la conclusión. En cambio en las conclusiones C-A el término extremo de la primera premisa ocupa el segundo lugar en la conclusión, y el término extremo de la segunda premisa ocupa el primer lugar en la conclusión. El tipo de conclusión fue contrabalanceada para cada silogismo. En la mitad de los silogismos se presentaban conclusiones A-C y en la otra mitad conclusiones C-A.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presenta el tiempo de lectura de la segunda premisa para cada uno de los problemas usados en el experimento 1 según el número de modelos (problemas de un modelo frente a problemas de múltiples modelos) y el tipo de figura (figura I frente a figura IV).

**Tabla 1.- Tiempo medio (en segundos) en la lectura de la segunda premisa y porcentaje de aciertos en paréntesis, según el número de modelos y la figura para los 8 silogismos usados en el experimento 1**

	UN MODELO		MÚLTIPLES MOD
FIGURA IV			
AA	5.93 (74.2)	AI	6.91 (80.6)
AE	7.72 (77.4)	AO	8.21 (82.1)
FIGURA I			
AA	6.81 (80.6)	AE	9.11 (91.1)
AI	5.81 (61.3)	AO	10.11 (101.1)

Se ha realizado un análisis de varianza con el objeto de comprobar si el tiempo de lectura de la segunda premisa se ve afectado por la figura del silogismo y por el número de modelos. Obtuvimos efectos significativos para el tipo de figura del silogismo ( $F(30,1)= 5.47, p<0.026$ ), para el número de modelos ( $F(30,1)= 11.97, p<0.002$ ) y para la interacción ( $F(30,1)= 10.80, p<0.003$ ). En cuanto a la figura, los sujetos leyeron más rápido la segunda premisa de los

silogismos de la figura IV que cuando la premisa era de los silogismos de la figura I. Este resultado no sólo da apoyo experimental al supuesto del modelo mental integrado de las premisas, sino que además nos permite ubicar la formación del modelo integrado durante la lectura de la segunda premisa. Cuando el modelo integrado de ambas premisas se obtiene directamente los sujetos emplean menos tiempo en procesar la segunda premisa (silogismos de la figura IV) que cuando el modelo integrado se obtiene de forma indirecta (silogismos de la figura I).

En cuanto al número de modelos, los resultados obtenidos nos muestran que los sujetos leen más rápido la segunda premisa de los problemas de un modelo que la de los problemas de múltiples modelos. Este resultado corrobora otra de las predicciones fuertes de la teoría de modelos mentales: los problemas de un modelo son más fáciles de procesar que los de múltiples modelos. Ante problemas de múltiples modelos los participantes tienen más dificultad en la formación del modelo integrado de las premisas que cuando el problema es de un sólo modelo.

En cuanto a la interacción, hemos encontrado que esta se ha producido debido a que los participantes tardan más tiempo en procesar la segunda premisa de los silogismos de la figura I cuando son de múltiples modelos (media = 9.61 segundos) que cuando son de la figura IV y de múltiples modelos (media = 7.56 segundos;  $t=3.38$ ,  $p< 0.002$ ). No se han encontrado diferencias entre los silogismos de la figura I de un modelo (media = 6.31 segundos) y los silogismos de la figura IV de un modelo (media= 6.83;  $t= 1.31$ ,  $p=0.19$ ).

En la Tabla 1 se presenta también el porcentaje de aciertos para cada problema en función de la figura y del número de modelos. Los participantes dieron más respuestas correctas en los problemas de un solo modelo mental (73.5%) que en los problemas de múltiples modelos (28.7%; prueba de Wilcoxon;  $z= 3.95$ ,  $p< 0.0001$ ). Este resultado nos muestra que los problemas de un modelo son más fáciles que los de múltiples modelos: una de las predicciones centrales de la teoría. Cuando los silogismos eran de la figura IV el porcentaje de aciertos fue de 51.5% mientras que cuando el silogismo era de la figura I fue de un 50.7% (prueba de Wilcoxon;  $z=0.32$ ,  $p=0.74$ ).

Los resultados encontrados en este experimento nos permiten concluir que el número de modelos afecta tanto a la formación del modelo mental integrado como al porcentaje de aciertos. Sin embargo, en el caso de la figura ésta sólo afecta a la formación del modelo mental integrado, pero no al porcentaje de aciertos. Es posible que esta ausencia de efectos sea una consecuencia del propio procedimiento: presentación por ordenador y tarea de evaluación. Para comprobarlo llevamos a cabo el segundo experimento.

## Experimento 2

Este experimento tiene varios objetivos. En el primero de ellos trataremos de comprobar si el tipo de figura (figura I frente a figura IV) genera el sesgo de respuesta (A-C frente a C-A) predicho por las principales teorías del razonamiento silogístico (Ford, 1995; García Madruga, 1982, 1983, 1989; Johnson-Laird, 1975; Johnson-Laird y Steedman, 1978; Johnson-Laird y Bara, 1984; Polk y Newell, 1990; Yule y Stenning, 1992). El segundo objetivo va destinado a comprobar si las predicciones de la teoría de modelos acerca del número de modelos y la figura afectan al porcentaje de aciertos. El tercer objetivo de esta investigación consistirá en comprobar si el tipo de respuesta errónea que los sujetos cometen en los problemas de múltiples modelos se ajusta a las predicciones de la teoría de modelos mentales.

## Método

### Participantes

Participaron 25 alumnos de la Facultad de Pedagogía de la Universidad de La Laguna.

## Diseño

Se utilizó el mismo diseño experimental que en el Experimento 1. La variable dependiente fue el tipo de conclusión que los sujetos daban a cada uno de los silogismos.

## Materiales y procedimiento

La recogida de datos se llevó a cabo en el aula de clase a la que habitualmente asisten los alumnos. El material se administró a través de un cuadernillo en el cual estaba aleatorizado el orden de los silogismos de ocho formas distintas. Se usó el mismo material que en el experimento 1. Las instrucciones se dieron por escrito, aunque una vez leídas, el experimentador explicó a grandes rasgos el objetivo de la tarea, así como las características de ésta.

Para evitar respuestas extrañas e incatalogables se presentó el siguiente formato cerrado de respuesta.

- son ..... todos los.....
- son ..... algunos .....
- no son..... algunos .....
- no es ..... ningún .....
- No hay conclusión .....

Los sujetos debían contestar en una de las cinco líneas. Los problemas se repartieron de forma aleatoria en el aula y los sujetos dispusieron del tiempo que consideraron oportuno para resolverlos.

## Resultados y discusión

En cuanto a la dirección de la respuesta, hemos encontrado que en los silogismos de la figura IV, los participantes dan un 66% de respuestas en la dirección A-C y un 18% de respuestas en la dirección C-A (Wilcoxon test,  $z=3.61$ ,  $p<0.0003$ ). Por el contrario, en los silogismos de la figura I, los participantes dan un 36% de respuestas en la dirección C-A y un 37% en la dirección A-C (Wilcoxon test,  $z=0.09$ ,  $p=0.92$ ).

En la tabla 2 se presentan el porcentaje de aciertos para cada problema según el número de modelos (problemas de un modelo y problemas de múltiples modelos) y el tipo de figura (figura I y figura IV). Los participantes dan más respuestas correctas en los silogismos de un modelo (59%) que en los silogismos múltiples modelos (10%; Willcoxon test;  $z=3.89$ ,  $p<0.0001$ ). Asimismo dan más respuestas correctas en los silogismos de la figura IV (41%) que en los silogismos de la figura I (28%; Willcoxon test,  $z=2.27$ ,  $p<0.023$ ).

**Tabla 2.- Porcentajes de aciertos según el número de modelos y el tipo de figura para los 8 silogismos usados en el experimento 2**

	UN MODELO	MÚLTIPLES MODELOS	
FIGURA IV			
AA	60	AI	8
AE	88	AO	8
FIGURA I			
AA	28	AE	4
AI	60	AO	20

**Tabla 3.- Modelos mentales para los cuatro problemas de múltiples modelos, tipo de respuestas erróneas que la teoría de modelos mentales predice y respuesta correcta (en mayúsculas y negrita) en el experimento 2. NCV denota que el silogismo no tiene conclusión válida**

						son B todos los A
						son C algunos B
[a]	b	c	[a]	b		
[a]	b		[a]	b	c	
		c	[a]	b		c
Es c algun A						48%
Es A algún C						28%
<b>NCV</b>						<b>4%</b>

						son B todos los A
						no son C algunos B
[a]	b	-c	[a]	b	c	
[a]	b	-c	[a]	b	c	
		c		b	-c	
		c		b	-c	
No es C algún A						12%
No es A algún C						32%
<b>NCV</b>						<b>20%</b>

						son A todos los B
						no es B ningún C
a	[b]		[a]	[b]	[a]	[b]
a	[b]		[a]	[b]	[a]	[b]
	-b	[c]	a	-b	[c]	a
	-b	[c]	a	-b	[c]	a
No es C ningún A						8%
No es A ningún C						12%
No es A algún C						12%
<b>NO ES C ALGÚN A</b>						<b>8%</b>

						son A todos los B
						no son B algunos C
a	[b]		a	[b]	c	
a	[b]		a	[b]	c	
	-b	c	a	-b	c	
	-b	c	a	-b	c	
No es A algún C						48%
No es C algún A						4%
<b>NCV</b>						<b>8%</b>

En la tabla 3, se presentan los modelos mentales para los cuatro problemas de múltiples modelos, el tipo de respuestas erróneas que la teoría de modelos mentales predice y respuesta correcta. Esta tabla recoge la última revisión de la teoría de modelos aplicada al razonamiento silogístico hasta la fecha. Los errores predichos corresponden con los casos en que los participantes aceptan como válida una de las posibles conclusiones de los modelos iniciales. Los resultados obtenidos nos muestran que de los errores que los participantes cometieron, son más los errores predichos por la teoría de modelos (61%) que cualquier otro tipo de error (23%; Wilcoxon test,  $z=3.52$ ,  $p < 0.0004$ ). En general, estos resultados dan apoyo empírico a la predicción que la teoría de modelos mentales hace acerca del tipo de error que los sujetos cometen en cada silogismo (hemos de tener en cuenta además, que la probabilidad de que los errores no predichos sean resultado del azar es mucho mayor que en el caso de los errores predichos, puesto que en cada problema se predice un mínimo porcentaje de las respuestas posibles).

## Discusión General

Como ya hemos comentado en la introducción, la teoría de modelos identifica dos causas de dificultad y error en el razonamiento silogístico: la figura del silogismo y el número de modelos que las personas han de construir para dar con la conclusión correcta (véase, Johnson-Laird y Byrne, 1991, pág. 124). La figura no sólo hace que unos silogismos sean más difíciles que otros sino que además, da lugar a un sesgo de respuesta conocido como "efecto de la figura" (Johnson-Laird y Bara, 1984). El número de modelos no sólo explica por qué unos problemas son más fáciles que otros, sino que además, y a diferencia de las teorías formales de inferencia (Braine, 1978; Rips, 1994), nos explica por qué las personas dan un determinado tipo de respuestas erróneas en los problemas de múltiples modelos. Los resultados que hemos encontrado en las dos investigaciones que aquí se presentan confirman estas predicciones.

En cuanto a la figura, en el Experimento 1 hemos encontrado que los participantes emplean más tiempo en la lectura de la segunda premisa de los silogismos de la figura I (B-A / C-B) que en la de los silogismos de la figura IV (A-B / B-C). Este mayor tiempo en procesamiento apoya la idea de que cuando los participantes no pueden formar el modelo mental integrado de las premisas de forma directa (como es el caso de la figura I), debido a que los términos medios (B) no están contiguos, emplean más tiempo en procesar el problema que cuando pueden formar el modelo mental integrado de forma directa (figura IV). Este dato indica que el efecto de la figura es resultado de un mayor esfuerzo de procesamiento en la figura I que en la 4. Esta predicción es exclusiva de la teoría de modelos mentales, puesto que aquellos que consideran que el efecto de la figura se debe al distinto papel sintáctico de los términos en una y otra figura (García Madruga, 1989; Polk y Newell, 1995; Wheterick y Gilhooly, 1990), predecirían que dar una respuesta A-C en la figura IV es igual de difícil que dar una respuesta C-A en la figura I. Este resultado nos permite ubicar la formación del modelo mental integrado durante el procesamiento de la segunda premisa. No obstante, esto podría ser una consecuencia de la metodología (de ventana móvil no acumulativa) empleada. De hecho, en la presentación tradicional de los silogismos los participantes tienen la posibilidad de volver atrás, y es posible que en algunos casos integren el modelo con la información de la primera premisa después de haber leído la segunda. Sin embargo, si se desprende de nuestros datos que en esta tarea las personas parecen integrar el modelo en cuanto les es posible. La aportación principal de este trabajo creemos que consiste en el uso de medidas tomadas en el curso de la resolución de los problemas («on-line»), lo que permite obtener resultados de medidas directas sobre el curso de la formación del modelo mental integrado. Otro dato importante en relación a la figura en el experimento 1, es que ésta no afecta al porcentaje de aciertos. Pensamos que esta

ausencia es debida a que en una tarea de evaluación el nivel de dificultad es menor que en una tarea de construcción.

En cuanto al número de modelos, hemos encontrado que los participantes emplean más tiempo en procesar la segunda premisa cuando los silogismos son múltiples modelos que cuando son de un modelo. Para la teoría de modelos, ésto se debe a que a la hora de encontrar una relación entre los términos extremos de las premisas, en los problemas de múltiples modelos existen más estados de indeterminación entre dichos términos que en los problemas de un modelo (Bucciarelli y Johnson-Laird, en prensa). Estos resultados son consistentes con los encontrados por Espino, Santamaría y García-Madruga (enviado para su publicación), así como por los obtenidos por Carreiras y Santamaría (1997) en el razonamiento relacional. También hemos encontrado que el número de modelos incide sobre el porcentaje de aciertos. En los silogismos de un modelo el porcentaje de aciertos es mayor que en los silogismos de múltiples modelos.

Creemos que los resultados obtenidos en esta primera investigación tienen una gran relevancia para la teoría de modelos. Nuestros datos nos permiten situar el "locus" de la formación del modelo mental integrado durante el procesamiento de la segunda premisa

El experimento 2 confirma que el número de modelos y la figura afectan de forma significativa al porcentaje de aciertos. Los participantes dan más respuestas correctas cuando los silogismos son de un modelo que cuando son de múltiples modelos. A diferencia del experimento 1, hemos encontrado que en el experimento 2 los participantes dan más respuestas correctas cuando los silogismos son de la figura IV que cuando son de la figura I. Como algunos investigadores señalan (Evans, 1989), la elaboración de una conclusión (experimento 2) es un proceso más complejo que la evaluación de la conclusión (experimento 1). Esta mayor complejidad es la que permite que la figura del silogismo afecte al proceso deductivo.

También hemos encontrado que el patrón de errores que los participantes cometen cuando resuelven problemas de múltiples modelos se adecua a las predicciones de la teoría de modelos mentales. Los errores que los participantes generan en los problemas de múltiples modelos se ajustan en su mayor parte a algunos de los posibles modelos que se pueden elaborar de las premisas. La predicción de respuestas erróneas hace que la teoría de modelos mentales goce de un privilegio que ninguna otra teoría de razonamiento tiene hasta la actualidad: no sólo es capaz de explicar la conducta racional de los participantes, sino que además predice qué posibles errores pueden cometer éstos para cada problema, y por qué se cometen esos errores. Desde las principales teorías de reglas formales de inferencia (Braine, 1978; Rips, 1994), los errores se deben a que las personas aplican de forma inadecuada la regla o a que han fracasado a la hora de encontrar una derivación. Estas teorías predicen que los errores deben ser más azarosos que sistemáticos. Los resultados obtenidos por nosotros cuestionan esta alternativa.

Por último, en el Experimento 2 hemos encontrado que en los silogismos de la figura IV hay una mayor tendencia a contestar en la dirección A-C que en la dirección C-A. Sin embargo, no se ha encontrado el efecto contrario en los silogismos de la figura I. Pensamos que esto puede ser debido a la complejidad de la tarea más la propia dificultad asociada a estos silogismos: cualquier dificultad adicional deberá afectar en mayor medida a la figura I (ya de por sí más compleja y demandante de operaciones extra) que a la 4 (un efecto similar ha sido encontrado con tareas de dobles condicionales: Santamaría, García Madruga y Johnson-Laird, 1998).

En general, los resultados encontrados en nuestros experimentos coinciden con los encontrados en una investigación previa en la que los silogismos tenían una estructura sintáctica distinta (Espino, 1995; Espino, Santamaría y García Madruga, enviado para publicación). A pesar de haber variado la sintaxis de las premisas de los silogismos, hemos encontrado que la disposición de contigüidad temporal de los términos medios sigue afectando de la misma forma al procesamiento de la segunda premisa, al porcentaje de aciertos y a la dirección de la respuesta, tal y como postula la teoría de modelos.

## Referencias

- Carreiras, M. y Santamaría C. (1997). Reasoning about relations: spatial and nonspatial problems. *Thinking and reasoning*, 3 (3), 161-240.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1959). Atmosphere effect re-examined. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 220-226. Traducción castellana: Nuevo examen del efecto atmósfera. En J.A. Delval (comp.), *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid, Alianza Universidad, 1977.
- Braine, M. D. S. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic. *Psychological Review*, 85, 1-21.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon Press. Traducción castellana: *Percepción y comunicación*. Madrid, Debate, 1985.
- Buciarelli, M. y Johnson-Laird, P. N. (en prensa). Strategies in syllogistic reasoning. *Cognitive Psychology*.
- Dickstein, L. S. (1978). The effect of figure on syllogistic reasoning. *Memory and Cognition*, 6, 76-83.
- Espino, O. (1995). *Factores estructurales y semánticos en el razonamiento silogístico*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna. Tenerife.
- Espino, O., Santamaría, C. y García Madruga, J.A. (enviado para su publicación). Figure and difficulty in syllogistic reasoning.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning. Causes and consequences*. Lea.
- Ford, M. (1995). Two modes of mental representation and problem solution in syllogistic reasoning. *Cognition*, 54, 1-71.
- García Madruga, J. A. (1982). Un estudio sobre el efecto de la figura en el razonamiento silogístico. *Estudios de Psicología*, 11, 23-32.
- García Madruga, J. A. (1983). Un modelo general sobre el razonamiento silogístico: doble procesamiento y fase de comprobación con verificación. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 38, 439-466.
- García Madruga, J. A. (1989). Inferencia y comprensión en el razonamiento silogístico. *Cognitiva*, 2, 323-350.
- Johnson-Laird, P. N. (1975). Models of deduction. R. J. Falmagne (Comp.), *Reasoning: Representation and Process*, Wiley: New York.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models. Towards a Cognitive Science on Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., & Bara, B. G. (1984). Syllogistic Inference. *Cognition*, 16, 1-62.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, New Jersey: LEA.
- Johnson-Laird, P. N., & Steedman, M. (1978). The psychology of syllogisms. *Cognitive Psychology*, 10, 64-98.
- Newell, A. (1981). Reasoning, problem solving and decision processes: the problem space as a fundamental category. En R. Nickerson (Ed.): *Attention and performance*, Vol. 8. Hillsdale, NJ.:LEA, Inc:
- Polk, T. A., & Newell, A. (1995). Deduction as verbal reasoning. *Psychological Review*, 102, 533-566.
- Revis, R. (1975). Two models of syllogistic reasoning: Feature Selection and Conversion. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 180-95.
- Rips, L. J. (1994). *The psychology of proof: Deductive reasoning in human thinking*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, Bradford Books.
- Santamaría, C. (1989). Modelos mentales y razonamiento semántico: el silogismo. *Cognitiva*, 2 (2), 21-36.
- Santamaría, C., García Madruga, J.A. y Johnson-Laird, P. N. (1998). Reasoning from double conditionals: the effects of logical structure and believability. *Thinking and Reasoning*, 4, 97-112.
- Wetherick, N., & Gilhooly, K. (1990). Syllogistic reasoning: effects of premise order. En K. Gilhooly, M. T. G. Keane, R. Logie, & G. Erdos, *Lines of thought: reflections on the psychology of thinking* Vol. 1, London: Wiley.
- Woodworth, R. S., & Sells, S. B. (1935). An atmosphere effect in syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 451-60.
- Yule, P., & Stenning, K. (1992). The figural effect and a graphical algorithm for syllogistic reasoning. *Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Bloomington, Indiana. Hillsdale, NJ: LEA.