

Razonamiento con condicionales múltiples. La perspectiva de los modelos mentales

Francisco Gutiérrez*
Juan A. García-Madruga*
Philip N. Johnson-Laird**
Nuria Carriedo*
*Facultad de Psicología (UNED)
**Princeton University

Los problemas multi-condicionales permiten contrastar las principales teorías sobre el razonamiento deductivo, la de los «modelos mentales» y la de la «lógica mental», dado que sus predicciones sobre la ejecución son prácticamente opuestas. La primera relaciona la dificultad de un problema con el número de modelos que es necesario construir, mientras que la segunda explica esta dificultad en función del número y complejidad de las reglas de inferencia que deben aplicarse. En un primer experimento comparamos ambas teorías utilizando medidas de precisión y temporales. Los resultados apoyaron la teoría de los modelos mentales, si bien encontramos un efecto techo en las medidas de precisión y algún resultado imprevisto en las medidas temporales. En un segundo experimento se replicaron los resultados y desapareció el efecto techo, confirmándose así la teoría de los modelos mentales. Se discute cuándo es probable que los sujetos construyan los modelos en relación con las limitaciones de procesamiento del sistema cognitivo y su naturaleza estratégica.

Palabras clave: razonamiento condicional, condicionales múltiples, razonamiento deductivo, modelos mentales, lógica mental.

Multi-conditional problems can be used to compare the mental model theory and mental rule theories of deductive reasoning. The two theories make contrasting predictions about performance. The mental model theory relates the difficulty of a problem with the number of models the reasoner has to construct, whereas mental rule theories explain this difficulty in terms of the number and complexity of the rules of inference to be applied. Experiment 1 tested the two theories using multiconditional pro-

La investigación presentada en este trabajo fue financiada en parte por una beca Fulbright del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Científica y Técnica, y en parte por el Ministerio de Educación y Ciencia (PB94-0394). Una primera versión reducida, en inglés, de este trabajo puede encontrarse en García-Madruga, Carriedo y González Labra (Eds.) (2000).

Correspondencia: Francisco Gutiérrez Martínez. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Facultad de Psicología (UNED). Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid.

blems and measured both accuracy and latency. The results supported the mental model theory, but there was a ceiling effect for accuracy and some unexpected time measurements. In experiment 2 the ceiling effect disappeared, and the mental model theory was again corroborated. The paper discusses when reasoners are likely to construct mental models, the limitations of the human cognitive system and its strategic nature.

Key words: Conditional reasoning, multiple conditionals, deductive reasoning, mental models, mental logic.

Las expresiones condicionales atañen a una parte especialmente compleja del lenguaje, ya que no sólo emplean estructuras sintácticas muy dispares («si... entonces», «a menos que», «siempre que», «sólo si», etc.), sino que también sirven a funciones comunicativas de muy distinto orden (indicaciones, peticiones, promesas, advertencias, amenazas, etc.)¹. Hay algo común, sin embargo, en esta diversidad, y es que en todos los casos las expresiones condicionales reflejan nuestra capacidad para trascender lo real situándonos en mundos posibles y razonar a partir de situaciones meramente hipotéticas; lo que, como es bien sabido, resulta crucial para desenvolvemos adecuadamente en la vida cotidiana y es parte esencial del pensamiento y del quehacer científicos. No es de extrañar, por tanto, que las construcciones condicionales y las inferencias que suscitan hayan sido ampliamente estudiadas por los psicólogos cognitivos interesados en la investigación del razonamiento humano.

Actualmente coexisten dos principales líneas de explicación sobre la capacidad de razonamiento deductivo en general y sobre el razonamiento condicional en particular: la teoría de la «lógica mental» y la teoría de los «modelos mentales». Estas propuestas difieren tanto respecto al tipo de conocimiento que se reclama como base de la competencia, como respecto al proceso general que se supone subyace a la ejecución. Veamos brevemente cada planteamiento.

Modelos mentales frente a lógica mental

Los teóricos de la lógica mental defienden la idea de que los adultos han desarrollado un conocimiento de tipo sintáctico, que se concreta como un conjunto de reglas formales de inferencia que pueden aplicarse a los problemas independientemente de los contenidos de referencia (véase Braine y O'Brien, 1991, 1998; Rips, 1993, 1994). Desde este punto de vista, la tarea del razonador consiste en seleccionar y aplicar adecuadamente las reglas requeridas en cada caso. En concreto, el proceso conllevaría tres pasos sucesivos (Évans, Newstead y Byrne, 1993):

1. Para un análisis pormenorizado de este tipo de construcciones desde el punto de vista lingüístico y gramatical, véase Montolio (1999); en este marco, sin embargo, la autora parte del reconocimiento explícito de la necesidad de un acercamiento multidisciplinar, dada la complejidad de un fenómeno que, más allá de lo meramente lingüístico, incorpora aspectos de gran sustancia psicológica y cognitiva.

1. Descubrir la estructura lógica del problema.
 2. Acceder al repertorio de reglas disponibles a fin de derivar mentalmente una conclusión.

3. Traducir la conclusión formal obtenida al contenido del problema.

Por ejemplo, consideremos un argumento condicional válido del tipo:

Si hay un círculo, entonces hay un triángulo.

Hay un círculo.

Por tanto, hay un triángulo.

Para los teóricos de la lógica mental, las personas son capaces de hacer este tipo de inferencias sencillamente porque conocen y aplican una regla que corresponde al *Modus Ponens* (MP en adelante). Dicho de otro modo, este tipo de problemas puede ser resuelto de forma directa y sencilla mediante una derivación mental que únicamente demanda la aplicación de la regla *Modus Ponens*. En contraste, se asume que otros problemas pueden ser más difíciles al requerir la aplicación de varias reglas en varios pasos sucesivos; este sería el caso, por ejemplo, de las inferencias *Modus Tollens* (MT en adelante) que, en efecto, resultan bastante más difíciles que las primeras. Así, aunque se reconoce que otros factores –como, p. ej., la complejidad de las reglas– pueden también afectar la ejecución, la teoría de la lógica mental relaciona principalmente la dificultad de los problemas deductivos con la longitud del proceso mental de derivación de la conclusión: cuanto mayor sea el número de reglas a aplicar y más pasos suponga la derivación lógica, más difícil será el problema.

Frente a este planteamiento, la teoría de los modelos mentales defiende una propuesta alternativa que no apela a ningún conocimiento formal. La idea básica que se propone es que las personas razonan a partir de la *representación* que hacen del «estado de cosas» descrito por las premisas; lo que se concibe como un proceso esencialmente semántico por el que el sujeto construye y manipula modelos alternativos valorando su consistencia (véase Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird y Byrne, 1991, 2000; Johnson-Laird, Byrne y Schaeken, 1992). En concreto, se propone una secuencia general de tres estadios:

1. *Comprensión*: el razonador interpreta las premisas a partir de su conocimiento lingüístico y su conocimiento sobre el contenido de referencia. Esto supone la construcción de un «modelo mental» sobre el estado de cosas descrito por las premisas.

2. *Descripción*: partiendo del modelo construido, el razonador trata de formular una conclusión informativa, esto es, una conclusión que mantiene el contenido semántico de las premisas pero enuncia relaciones no explícitamente establecidas por las mismas.

3. *Validación*: el razonador busca modelos alternativos de las premisas para comprobar si existen contraejemplos, es decir, modelos en los que la conclusión tentativa inicial resulta falsa. Si no los encuentra, decide que la conclusión inicial es válida.

Así pues, como puede apreciarse, la teoría de los modelos mentales no reclama un tipo especial de conocimiento como base del razonamiento; el razonador se sirve más bien de su conocimiento general del mundo y del lenguaje. Y por

otro lado, frente al proceso puramente determinístico –aplicación de las reglas– que defienden los teóricos de las reglas, la teoría de los modelos mentales propone un proceso de carácter semántico que destaca el papel de la representación –construcción y evaluación de modelos mentales– basada en la comprensión.

Modelos mentales y procesamiento estratégico

Dentro de este planteamiento general, uno de los supuestos fundamentales de la teoría de los modelos mentales es el que se refiere a las *limitaciones* del sistema de procesamiento humano y al funcionamiento *estratégico* por el que usualmente tratan de manejarse estas limitaciones. A este respecto, la teoría asume que para minimizar la carga en los limitados recursos de la memoria operativa, las personas al razonar tienden a representar en forma explícita la mínima información posible que les permita responder a la tarea y sus objetivos. Según esta idea, parte de la información se mantiene en «modelos implícitos», entendidos como un tipo particular de representaciones que pueden posteriormente –si se requiere– hacerse explícitas en cuanto al contenido que albergan. En general, los modelos explícitos sólo representan los casos explícitamente mencionados en las premisas, mientras que los modelos implícitos representan situaciones alternativas que no se afirman explícitamente. En este sentido, puede decirse que los razonadores siguen un *principio de economía cognitiva* por el que «... tratan de trabajar solamente con un ejemplo representativo del conjunto de modelos posibles, hasta que se ven obligados a considerar las alternativas» (Johnson-Laird y Byrne, 1991, p.36; la traducción es nuestra).

Las inferencias válidas de los argumentos condicionales, *Modus Ponens* (MP) y *Modus Tollens* (MT), ilustran bien los dos tipos de representación (véase Tabla 1). Según la teoría de los modelos mentales, las inferencias MP se pueden resolver directamente a partir de la representación inicial de la premisa condicional. Como se puede apreciar en la Tabla 1, esta representación incluye dos modelos (dos líneas):

$p \ q$

...

El primero es un modelo explícito sobre la relación entre p y q establecida por la premisa condicional; el segundo –indicado con puntos suspensivos–, es un modelo implícito. El primer modelo explícitamente asocia la existencia del consecuente q , a la existencia del antecedente p , que luego se afirma en la segunda premisa (premisa categórica). Por tanto, este primer modelo ya permite al razonador resolver la inferencia MP afirmando q como conclusión, sin necesidad de especificar el contenido del modelo implícito. Por el contrario, en las inferencias MT el modelo inicial no incluye información acerca de la premisa categórica (*no q*), lo que obliga a «desplegar» la representación implícita. Como puede verse en la Tabla 1, la representación completa y combinada de las dos premisas incluye ahora dos modelos explícitos más acerca del antecedente negado, lo que permite

TABLA 1. INFERENCIAS CONDICIONALES VÁLIDAS Y SU REPRESENTACIÓN SEGÚN LA TEORÍA DE LOS MODELOS MENTALES

| | Argumento | Representación | |
|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| Modus Ponens (MP) | Si p entonces q | $p \rightarrow q$ | modelo explícito |
| | p | q | modelo implícito |
| | Luego q | | |
| Modus Tollens (MT) | Si p entonces q | $p \rightarrow q$ | modelo explícito |
| | no q | $\neg q$ | modelo explícito |
| | Luego no p | $\neg p$ | modelo explícito |

resolver la inferencia; en concreto, el tercer modelo lleva a la conclusión correcta de que el antecedente p no puede ocurrir en ausencia del consecuente q ; es decir, se deduce la negación del antecedente (*no p*) como conclusión.

Sobre la base de este planteamiento, la teoría de los modelos mentales predice la dificultad de los problemas en función del número de modelos explícitos que es necesario construir para resolverlos; cuanto mayor sea este número más difícil será la inferencia por implicar mayor carga en la memoria operativa. De esta forma, la teoría de los modelos mentales también explica apropiadamente la mayor dificultad de las inferencias MT frente a las inferencias MP: sencillamente, como acabamos de ver, las inferencias MT requieren tres modelos explícitos para obtener la conclusión mientras que las inferencias MP se realizan a partir de un solo modelo explícito.

Vemos, pues, cómo en referencia a las inferencias MP y MT, ambas teorías son capaces de explicar de forma sencilla las diferencias encontradas sobre la dificultad de las mismas. Lo interesante, sin embargo, a fin de contrastar los dos tipos de explicación, es encontrar tareas para las que las predicciones de ambas teorías sean diferentes. Este es el caso, precisamente, de los problemas que combinan múltiples premisas condicionales.

Problemas con condicionales múltiples

Como su nombre indica, los problemas con condicionales múltiples (también les llamaremos multi-condicionales para abreviar) se basan en argumentos que incluyen varios condicionales «si, ... entonces», como premisas que pueden conformar distintas relaciones transitivas. El siguiente ejemplo puede considerarse «canónico» por el carácter lineal y continuo de la cadena transitiva formada:

Si e , entonces a

Si a , entonces b

Si b , entonces c

¿Qué se puede deducir sobre la relación entre a y c ?

Como avanzábamos, este tipo de problemas puede utilizarse para evaluar la plausibilidad relativa de las dos teorías en cuestión –la de los modelos mentales y la de las reglas mentales– por cuanto llevan a predicciones diferentes sobre su dificultad.

Para los teóricos de la lógica mental, los multicondicionales pueden resolverse combinando dos esquemas básicos de inferencia: la regla *Modus Ponens* –que, como vimos, permite hacer directamente las inferencias MP– y el esquema de «prueba condicional»; este esquema permitiría derivar un condicional del la forma «*si p, entonces q*» siempre que un supuesto o hipótesis «*p*» lleve a una conclusión «*q*» (véase Braine, 1978; Braine y O'Brien, 1991; Rips, 1983). Así, aplicando estas reglas a nuestro ejemplo, y teniendo en cuenta que la primera premisa es irrelevante –nada implica respecto a la relación por la que se pregunta–, la obtención de la conclusión requerida supondría una derivación mental con los siguientes pasos:

| | |
|------------------|---|
| a | [Hipótesis (H)] |
| b | [<i>Modus Ponens</i> de la 2ª premisa (MP2)] |
| c | [<i>Modus Ponens</i> de la 3ª premisa (MP3)] |
| Si a, entonces c | [Prueba condicional (PC)] |

Como vemos, pues, el proceso postulado por la teoría de la lógica mental supone la aplicación de varias reglas (2) en varios pasos sucesivos (4).

Por su parte la teoría de los modelos mentales propone un proceso diferente. De acuerdo con lo visto, la comprensión de la primera premisa, «*si e, entonces a*», llevaría a la siguiente representación:

e a
...

Sobre esta representación inicial, la segunda premisa puede incorporarse directamente, resultando la siguiente representación conjunta:

e a b
...

De igual modo puede añadirse la tercera premisa, con lo que la representación global inicial quedaría como sigue:

e a b c
...

Así, a partir del primer modelo (primera línea) la conclusión sobre la relación entre «*a*» y «*c*» –esto es, «*si a, entonces c*»– se deriva de forma sencilla sin necesidad de desplegar el modelo implícito (segunda línea).

Pero, consideremos ahora otro problema ligeramente diferente:

Si e, entonces b
Si a, entonces b
Si b, entonces c
¿Qué se puede deducir sobre la relación entre a y c?

En este caso, la teoría de las reglas postula exactamente el mismo proceso que en el caso anterior, dado que también aquí la primera premisa resulta irrele-

vante. Consiguientemente, para ambos casos se predice la misma dificultad. Sin embargo, desde el punto de vista de la teoría de los modelos mentales este nuevo problema se representa de una forma diferente. Como anteriormente, la comprensión de la primera premisa se representa como sigue:

e b
...

En este caso, sin embargo, la segunda premisa no puede integrarse directamente como en el anterior problema, lo que obliga a construir un segundo modelo:

e b
a b
...

Finalmente, la tercera premisa puede añadirse a cada uno de estos modelos previos, generando la siguiente representación global:

e b c
a b c
...

A partir de aquí, el segundo modelo permite derivar la conclusión requerida, «si, a entonces c». Pero puesto que, como vemos, en este caso se requiere la construcción de dos modelos explícitos, la teoría de los modelos mentales predice que este problema será más difícil que el anterior, en el que sólo se requería un modelo.

En definitiva, mientras que para la teoría de la lógica mental ambos tipos de problemas tienen la misma dificultad —se resuelven aplicando las mismas reglas en la misma secuencia—, para la teoría de los modelos mentales la dificultad será distinta porque requieren construir distinto número de modelos.

En lo que sigue, presentamos dos estudios dirigidos a contrastar estas diferentes predicciones. Para ello se utilizaron dos tipos de medidas; una de precisión o corrección —desde el punto de vista lógico— de las conclusiones ofrecidas, y dos medidas temporales: la latencia de la respuesta y la velocidad de lectura de las premisas. Con este segundo tipo de medidas nuestro propósito ha sido el de investigar el *proceso* de razonamiento que tiene lugar; algo sobre lo que las teorías de reglas no hacen predicciones específicas al postular un proceso de razonamiento puramente *determinístico*, relativo a la aplicación de reglas conocidas. En contraste, como hemos visto, desde la óptica de la teoría de los modelos mentales, el proceso tiene un carácter más bien *estratégico* y con algunas implicaciones claras en torno al manejo de las limitaciones de la memoria operativa. A este respecto, y con carácter todavía exploratorio, hemos tratado de indagar sobre el primer estadio de «comprensión» que postula la teoría, viendo cómo puede analizarse a partir de los tiempos de lectura de las premisas. En concreto, pensamos que esta medida puede reflejar las dificultades de la construcción de los modelos —de la representación global del problema—, entendiendo este proceso como una progresiva integración de la información proporcionada por las sucesivas premisas. En este sentido y en general, lo que esperábamos era que la construcción de más de un modelo supondría mayores tiempos de lectura en algún momento del proceso. Evidentemente, el

principal problema aquí estriba en dilucidar las operaciones específicas que tienen lugar al construir cada tipo de representación –más o menos demandantes y, consecuentemente, implicando más o menos tiempo de procesamiento– y en identificar en este proceso los pasos discretos –si existen– asociados a las premisas.

EXPERIMENTO 1

De acuerdo con los planteamientos precedentes, llevamos a cabo un primer estudio a fin de contrastar las predicciones de las teorías de reglas y la teoría de los modelos mentales en relación con la dificultad de los problemas (véase García-Madruga y Johnson-Laird, 1994). Para ello, utilizamos diversos problemas multi-condicionales del tipo descrito a fin de comparar los que requerían sólo un modelo con aquellos que suponían más de un modelo. Todos ellos estaban formados por cuatro premisas condicionales, tras las cuales se preguntaba sobre la posible relación entre dos de los elementos mencionados en las afirmaciones precedentes, pero no explícitamente conectados. Dependiendo de estos elementos de referencia los problemas eran válidos (había una relación transitiva entre ellos) o inválidos (no había relación transitiva entre ellos). En concreto, se construyeron y aplicaron 5 tipos de problemas: uno de un modelo y forma válida y cuatro de múltiples modelos, dos de ellos válidos y dos inválidos. En la Tabla 2 puede verse exactamente la estructura de estos cinco problemas, así como la representación que ambas teorías (la de las reglas mentales y la de los modelos mentales) proponen para cada uno de ellos.

Como puede apreciarse en esta tabla, los tres primeros problemas (1, 2 y 3) eran válidos y, según el análisis de la teoría de los modelos mentales, requerían para su solución la construcción de uno, dos o tres modelos respectivamente (en lo sucesivo los referiremos abreviadamente como problemas de 1M, 2M y 3M, respectivamente). Por tanto se esperaba que los de 1M fuesen más fáciles que el resto, lo que se vería reflejado en los dos tipos de medida utilizados; esto es, tanto en la corrección de las conclusiones dadas (porcentajes de respuestas correctas) como en la rapidez en ofrecerlas (latencias de respuesta). Se esperaba, incluso, un orden de dificultad correlativo (1M, 2M, 3M), si bien, la diferencia crucial debía darse entre los problemas de un modelo (1M) y los de múltiples modelos (2M-3M). En contraste, desde la perspectiva de la lógica mental los dos primeros problemas requieren las mismas cinco líneas de derivación, por lo que tendrían una dificultad semejante; mientras que el tercero debería ser más sencillo puesto que sólo implica cuatro líneas. Siendo así, nótese que las predicciones de ambas teorías son prácticamente opuestas.

Con respecto a los tiempos de lectura de las premisas, las teorías de la lógica mental no hacen predicciones. Sin embargo, desde la teoría de los modelos mentales se predecía que el tiempo de lectura sería mayor en los problemas de múltiples modelos que en los de un modelo, por las mayores dificultades que implicaría en aquellos la integración de la información de las sucesivas premisas. Así, asumiendo que el proceso concluye al final de la serie de premisas, la lectura de la 4ª premisa debía requerir más tiempo en los problemas de múltiples

TABLA 2. PROBLEMAS UTILIZADOS EN LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2

| <i>Problemas</i> | <i>Reglas formales de derivación</i> | <i>Representación de modelos mentales</i> |
|---|---|--|
| PROBLEMA 1 Si e entonces a Si a entonces b Si b entonces c Si c entonces d ¿Cuál es la relación -si existe- entre a y d? Conclusión: Si a entonces d | 5 líneas: (1ª premisa irrelevante) a [H] b [MP2] c [MP3] d [MP4] si a entonces d [PC] | 1 modelo: {[[e] a] b] c] d . . . |
| PROBLEMA 2 Si e entonces b Si a entonces b Si b entonces c Si c entonces d ¿Cuál es la relación -si existe- entre a y d? Conclusión: Si a entonces d | 5 líneas: (1ª premisa irrelevante) a [H] b [MP2] c [MP3] d [MP4] si a entonces d [PC] | 2 modelos {[[e] b] c] d {[a] b] c] d . . . |
| PROBLEMA 3 Si e entonces b Si a entonces b Si c entonces b Si b entonces d ¿Cuál es la relación -si existe- entre a y d? Conclusión: Si a entonces d | 4 líneas: a [H] b [MP2] d [MP4] si a entonces d [PC] | 3 modelos {[[e] b] d {[a] b] d {[c] b] d . . . |
| PROBLEMA 4 (inválido) Si e entonces b Si a entonces b Si b entonces c Si c entonces d ¿Cuál es la relación -si existe- entre a y e? Conclusión: No se deduce nada | 5 líneas: a [H] b [MP2] c [MP3] d [MP4] ? | 2 modelos {[[e] b] c] d {[a] b] c] d . . . |
| PROBLEMA 5 (inválido) Si e entonces b Si a entonces b Si c entonces b Si b entonces d ¿Cuál es la relación -si existe- entre a y e? Conclusión: No se deduce nada | 4 líneas: (1ª y 3ª premisas irrelevantes) a [H] b [MP2] d [MP4] ? | 3 modelos {[[e] b] d {[a] b] d {[c] b] d . . . |

modelos que en los de un modelo. No obstante, puesto que también resulta plausible suponer que los procesos relevantes a la solución pueden llevarse a cabo de distintas formas -estratégicamente- entre la lectura de la 4ª premisa y el momento de ofrecer la respuesta, también contabilizamos conjuntamente estas dos

medidas temporales como otra VD; aunque la predicción, por supuesto, se hacía en el mismo sentido, es decir, esperábamos que esta medida acumulada fuese significativamente menor en los problemas de un modelo comparados con los de múltiples modelos. Para las premisas 2ª y 3ª no había predicciones, mientras que en relación con la 1ª no se esperaba ninguna diferencia entre los problemas, dado que en todos ellos suponía exactamente la misma condición.

Los otros dos problemas (4 y 5), como dijimos, eran problemas inválidos (se pregunta por elementos no conectados) y se utilizaron solamente como distractores.

Método

Participantes

Participaron en el experimento 20 graduados de la Universidad de Princeton que resolvieron un total de 10 problemas (2 casos de cada uno de los 5 tipos). Ninguno de ellos tenía formación o experiencia en el ámbito de la psicología cognitiva. Se les pagó 3\$ por su colaboración que supuso una sesión de aproximadamente 20 minutos. Uno de los sujetos se eliminó de la muestra al comprobar que sus latencias de respuestas eran extremadamente bajas.

Diseño y materiales

El diseño fue intragrupo: cada uno de los sujetos resolvió dos ejemplos de cada problema actuando como su propio control. El contenido de los problemas se refería a comidas e ingredientes culinarios, presentándose como una especie de receta de platos imaginarios. Concretamente, las premisas describían las relaciones condicionales entre 5 componentes de un supuesto plato. El ejemplo que sigue, con la estructura del primer tipo de problema, ilustra el contenido de los problemas utilizados.

Si uso mahonesa, entonces uso limón.

Si uso limón, entonces uso merluza.

Si uso merluza, entonces uso endibias.

Si uso endibias, entonces uso escarola.

¿Cuál es la relación, si existe, entre limón y escarola?

Para elaborar los 10 problemas se crearon 10 conjuntos de este tipo de ingredientes, los cuales fueron asignados al azar a los 5 ($\times 2$) tipos de problema; por tanto, no se repetían ni las premisas ni los ingredientes.

La mitad de los participantes realizaron los problemas en un orden y la otra mitad en el orden inverso.

Finalmente, como ya mencionamos, se obtuvieron tres medidas: el porcentaje de conclusiones correctas, la latencia de respuesta y el tiempo de lectura de cada premisa.

Procedimiento

Los participantes fueron examinados individualmente mediante un programa de ordenador que permite medir latencias (*MacLaboratory-Reaction Time*). Como presentación de la prueba, se les indicaba que tendrían que resolver problemas acerca de los ingredientes utilizados para cocinar distintos platos, dentro del menú de un país imaginario. Situados en este contexto, se les advertía de que, aunque encontrarán semejanzas con platos al uso, debían prescindir de este conocimiento puesto que realmente no conocían nada acerca de los platos imaginarios, excepto lo que explícitamente se precisaba en los problemas. Además, se les anunciaba que se les preguntaría por la posible relación entre dos de los ingredientes mencionados.

A fin de obtener las medidas temporales, cada una de las premisas y la cuestión final iban apareciendo separada y sucesivamente en la pantalla del ordenador, lo que se controlaba presionando una tecla. Específicamente, se les instruyó para que apretaran la tecla «c» una vez que hubieran leído y comprendido cada premisa e igualmente cuando hubieran decidido la respuesta a la cuestión final. Esta última pulsación les permitía activar un campo de texto donde debían escribir, de hecho, su respuesta. Para asegurar la comprensión de las instrucciones y una destreza suficiente en el manejo de la situación, los participantes realizaron tres ensayos de práctica. Los problemas utilizados para ello fueron de 1, 2 y 3 modelos: uno de ellos tenía una conclusión válida en la misma dirección que la pregunta, otro en la dirección opuesta y el tercero era inválido. Después de cada ensayo, se les informaba de la respuesta correcta; esta retroalimentación desaparecía en los ensayos experimentales.

Resultados

Los resultados globales se presentan en las Figuras 1 y 2. Como puede apreciarse en la Figura 1, no se encontraron diferencias significativas en los *porcentajes de respuestas correctas*. Para todos los problemas este porcentaje se sitúa en torno al 100 % (100, 95 y 97 para los problemas de 1M, 2M y 3M, respectivamente), lo que indica un claro efecto techo. Dicho de otro modo, todos los problemas resultaron fáciles para los participantes.

Sin embargo, el patrón observado con respecto a las *latencias de respuesta* sí confirma nuestras hipótesis. Por un lado, se observó el orden esperado: las respuestas fueron más rápidas en los problemas de 1M que en los problemas de 2M y, asimismo, fueron más rápidas en los de 2M que en los de 3M (Page, L = 255, $n = 19$, $z = 2.27$, $p < 0.02$). Por otro, examinamos las posibles diferencias entre los distintos problemas utilizando la prueba de Friedman. Si bien en esta prueba no se alcanzó la significación estándar, arrojó un valor muy cercano a la misma (Friedman, $\chi^2_{19,2} = 5.47$, $p < 0.06$), por lo que decidimos realizar las comparaciones entre las condiciones críticas. Así, encontramos que las respuestas a los problemas de 1M fueron significativamente más rápidas que las dadas a los pro-

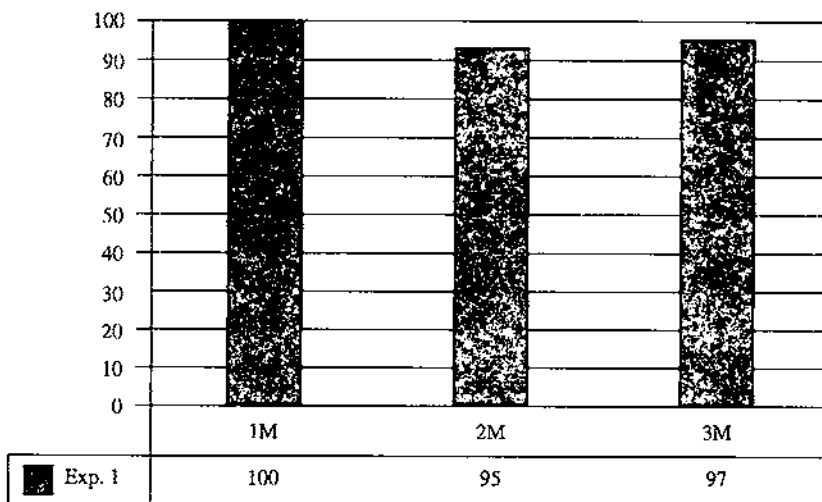


Figura 1. Porcentajes de respuestas correctas (experimento 1).

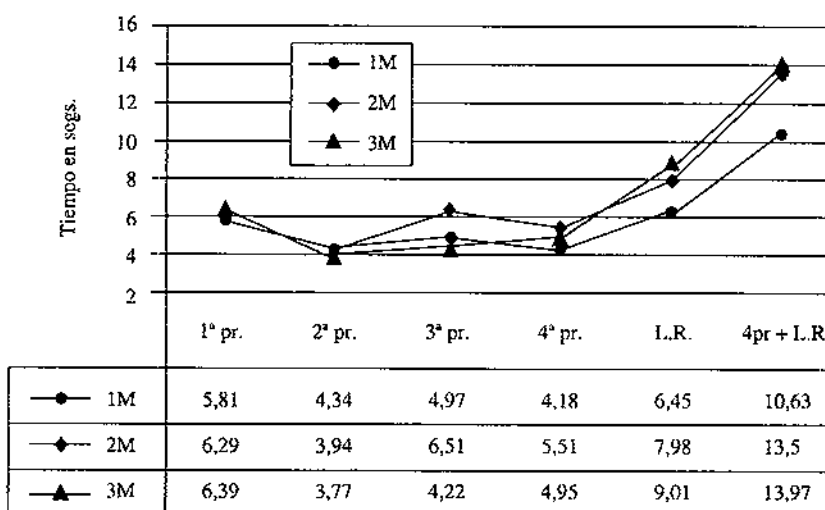


Figura 2. Tiempo de lectura de las premisas y latencias de respuesta (experimento 1).

blemas de múltiples modelos, tanto tomados éstos en conjunto como una única condición (Wilcoxon, $T = 39$, $n = 19$, $p < 0.025$, una cola), como por separado; es decir, con respecto a los problemas de 2M (Wilcoxon, $T = 50$, $n = 19$, $p < 0.05$, una cola) y de 3M (Wilcoxon, $T = 35$, $n = 19$, $p < 0.01$, una cola).

Por lo que se refiere al tiempo de lectura de las premisas, los resultados pueden también apreciarse en la Figura 2. De acuerdo con nuestras predicciones,

no hubo diferencias significativas entre los problemas en el tiempo de lectura de la 1ª premisa. Este mismo resultado se repitió para la 2ª premisa. Sin embargo, las diferencias sí fueron significativas con respecto a la 3ª premisa (Friedman, $\chi^2_{19,2} = 12.31$, $p < 0.002$). En concreto, el tiempo de lectura en los problemas de 2M (6,51) fue mayor que en los de 1M (4,97) y 3M (4,22); es decir, se encontró una diferencia significativa entre los problemas de 2M y 1M y entre los de 2M y 3M (Wilcoxon, $T = 31$, $n = 19$, $p = 0.01$ y Wilcoxon, $T = 10$, $n = 19$, $p < 0.001$, respectivamente, dos colas), siendo no significativa la diferencia entre los de 1M y 3M. Finalmente, con respecto a la 4ª premisa, las diferencias encontradas también resultaron significativas (Friedman, $\chi^2_{19,2} = 8$, $p < 0.018$). Según lo previsto, el tiempo de lectura fue significativamente menor en los problemas de 1M (4,18) que en los de múltiples modelos (5,23) tomados conjuntamente como única condición (Wilcoxon $T = 42$, $n = 19$, $p < 0.025$, una cola). Este resultado se repitió incluso tomados éstos por separado como dos condiciones; esto es, el tiempo de lectura de la 4ª premisa fue significativamente mayor en los problemas de 2M (5,51) y 3M (4,95), comparados con los de 1M (Wilcoxon, $T = 36$, $n = 19$, $p < 0.01$ y $T = 44$, $n = 19$, $p < 0.025$, respectivamente, una cola). Comparados entre sí los problemas de múltiples modelos, la diferencia obtenida no fue significativa. Este mismo patrón de diferencias se encontró igualmente al tomar como VD la suma del tiempo de lectura de la 4ª premisa y la latencia de respuesta (4pr + L.R.); en este nuevo índice, las diferencias (Friedman, $\chi^2_{19,2} = 6.63$, $p < 0.05$) respecto a los problemas de 1M también fueron significativas, tanto respecto al conjunto de problemas de múltiples modelos (Wilcoxon, $T = 30$, $n = 19$, $p < 0.01$), como con respecto a los de 2M y 3M por separado (Wilcoxon, $T = 35$, $n = 19$, $p < 0.01$ y $T = 35$, $n = 19$, $p < 0.01$, respectivamente, una cola).

Discusión

Tomados en conjunto, los resultados encontrados tienden a confirmar las predicciones generales de la teoría de los modelos mentales. Como enseguida comentaremos, los participantes realizaron de forma más rápida los problemas de un modelo que los problemas que implican múltiples modelos. Sin embargo, esta diferencia en las medidas temporales (*proceso*) no se reflejó en el porcentaje de respuestas correctas (*producto*), donde como ya se ha indicado encontramos un efecto techo. De todos modos, este efecto quizá no resulta del todo extraño si tenemos en cuenta las características de la muestra examinada: todos los participantes eran post-graduados con experiencia investigadora en distintos departamentos de la universidad de Princeton y muy familiarizados con el ordenador. En todo caso, lo cierto es que, desde el punto de vista del resultado de la ejecución, la medida de corrección no aportó una información clara en torno a las hipótesis, aunque los datos tampoco fueron inconsistentes con las mismas.

En contraste, la medida temporal –la latencia de la respuesta–, arrojó un resultado acorde con lo esperado. Las diferencias encontradas reflejaron el orden de dificultad previsto por la teoría de los modelos mentales; es decir, las res-

constatar si también en este aspecto se corroboraban los resultados favorables a la teoría de los modelos mentales ya encontrados en relación con las medidas temporales. Así, excepto en lo que atañe al cambio de muestra, y tal y como precisamos en lo que sigue, en este segundo experimento se mantuvieron las mismas condiciones que en el primero: los participantes realizaron los mismos problemas —lógicamente, traducidos al castellano— y se emplearon las mismas medidas. Consecuentemente, este segundo experimento puede considerarse como una réplica del primero.

Método

Participantes

La muestra estaba formada por 20 estudiantes de Tercer Ciclo de la Facultad de Psicología de la UNED. Su participación fue voluntaria en una sesión individual de aproximadamente 20 minutos, en la que realizaron los mismos 10 problemas multicondicionales utilizados en el primer experimento (dos ejemplos de cada tipo). Más allá de su instrucción ordinaria como licenciados en psicología, no tenían una especial formación en psicología cognitiva ni gran experiencia en el manejo de ordenadores.

Diseño y materiales

Como ya hemos indicado, se aplicó un diseño idéntico al del primer experimento con una versión castellana de los mismos problemas. Los contenidos se asignaron al azar a los diez problemas y se presentaron en dos órdenes distintos (uno a cada mitad de la muestra). Asimismo, se utilizó el mismo conjunto de medidas: el porcentaje de respuestas correctas —como medida de «producto»— y la latencia de respuesta y el tiempo de lectura de las premisas —como indicadores de «proceso»—.

Procedimiento

El procedimiento seguido también fue el mismo que el del primer experimento. Los participantes fueron examinados de manera individual mediante el ya citado programa de ordenador (*MacLaboratory-Reaction Time*) y en condiciones semejantes.

Resultados

Los resultados obtenidos se recogen en las Figuras 3 y 4. Como puede apreciarse en la Figura 3 los datos sobre la *corrección de las respuestas* ya no

muestran el «efecto techo» encontrado anteriormente; por el contrario, se aprecian diferencias significativas entre las distintas condiciones (Friedman, $\chi^2_{20,2} = 6,32$, $p < 0.04$), de manera que en esta ocasión sí reflejan claramente el patrón de dificultad previsto: los problemas de 1M resultaron significativamente más fáciles que los de múltiples modelos (90% y 72,5% de respuestas correctas respectivamente; Wilcoxon's $T = 3$, $n = 20$, $p < 0.025$, una cola). Más concretamente, los problemas de 1M fueron más fáciles que los de 2M (Wilcoxon's

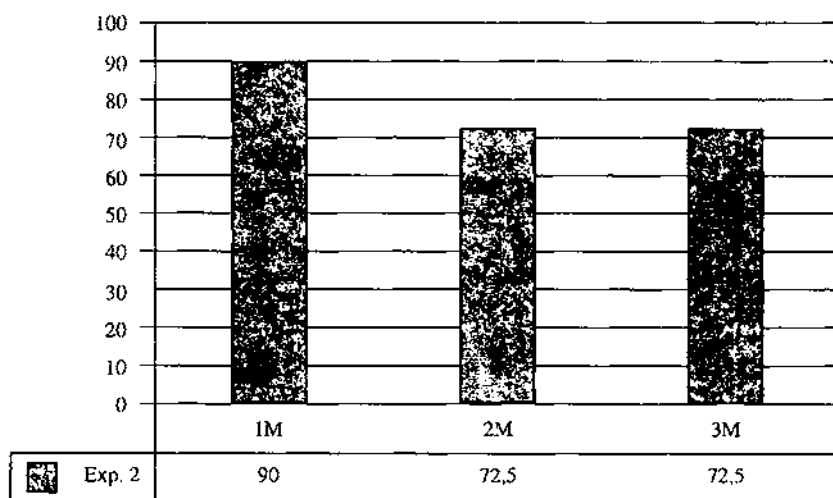


Figura 3. Porcentajes de respuestas correctas (experimento2).

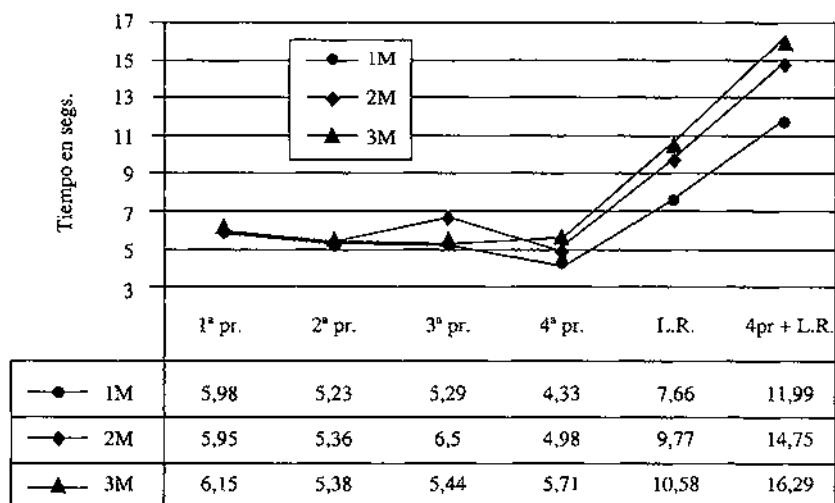


Figura 4. Tiempo de lectura de las premisas y latencias de respuesta (experimento 2).

T = 0, $n = 20$, $p < 0.01$, una cola) y 3M (Wilcoxon's T = 2, $n = 20$, $p < 0.05$, una cola). La diferencia entre estos dos últimos –problemas de múltiples modelos– obviamente no fue significativa.

Por lo que respecta a las *latencias de respuesta* (véase Figura 3) en esta segunda ocasión no se produjeron diferencias significativas en todas las condiciones (Friedman, $\chi^2_{15,2} = 8.93$, $p < 0.34$). No obstante, puesto que el patrón obtenido se ajustó también a lo esperado, realizamos los contrastes entre las condiciones críticas a fin de examinar las diferencias específicas. Así comprobamos que, si bien el orden de dificultad fue el previsto –1M (7,66) < 2M (9,77) < 3M (10,58)–, únicamente fue significativa la diferencia entre los problemas de 1M y 2M (Wilcoxon's T = 22, $n = 15$, $p < 0.025$, una cola); la diferencia entre los problemas de 1M y 3M resultó sólo marginalmente significativa (Wilcoxon's T = 32, $n = 15$, $p = 0.055$, una cola). No obstante, al contabilizar juntos la latencia de respuesta y el tiempo de lectura de la 4ª premisa (4pr + L.R.), todas las diferencias resultaron significativas (Friedman, $\chi^2_{15,2} = 8.4$, $p < 0.015$) en la dirección prevista por nuestra hipótesis: en los problemas de 1M (11,99) encontramos un tiempo significativamente menor que en los problemas de 2M (14,75; Wilcoxon's T = 14, $n = 15$, $p < 0.01$, una cola) y de 3M (16,29; Wilcoxon's T = 20, $n = 15$, $p < 0.025$, una cola).

Finalmente, en relación con la medida sobre el *tiempo de lectura* (véase Figura 4), encontramos de nuevo que el procesamiento de la 3ª premisa en los problemas de 2M requirió más tiempo (6,50) que en los de 1M (5,29) y 3M (5,44); sin embargo, esta vez las diferencias no llegaron a ser significativas. En contraste, los datos relativos a la 4ª premisa se confirmaron plenamente (Friedman, $\chi^2_{15,2} = 8.93$, $p < 0.011$): su lectura fue significativamente más rápida en los problemas de 1M (4,33) que en los de 2M (4,98; Wilcoxon T = 31, $n = 15$, $p < 0.05$, una cola) y 3M (5,71; Wilcoxon T = 8, $n = 15$, $p < 0.01$, una cola). La diferencia entre los problemas de múltiples modelos no fue significativa.

Discusión

Globalmente considerados, los resultados obtenidos en este segundo experimento replican claramente los del primero, confirmando las principales predicciones realizadas desde la teoría de los modelos mentales. Así, la desaparición del efecto techo en la medida de corrección de las respuestas confirma nuestra hipótesis sobre la dificultad de los problemas. No podemos precisar las razones de esta mayor sensibilidad de la medida de precisión en la muestra española, aunque cabe suponer que estarán relacionadas con algún tipo de diferencia cultural que no habíamos previsto. A este respecto podemos señalar que en las medidas temporales los sujetos españoles tienden claramente a ser más lentos, especialmente en la medida de latencia de respuesta que, presumiblemente, no está afectada de modo directo por las diferencias lingüísticas de ambos idiomas. En todo caso, el hecho es que en este segundo experimento los datos sobre corrección de las respuestas vienen a consolidar –con significación estadística– lo que sólo era una tendencia

en el experimento anterior, sustentando así, de manera más clara, las predicciones de la teoría de los modelos mentales. Por otro lado, la mayor complejidad en el proceso que la teoría atribuye a la construcción de múltiples modelos también se ve respaldada por los datos consistentes obtenidos sobre los tiempos de lectura de la 4ª premisa. Sin embargo, sigue habiendo aspectos en los resultados obtenidos que no tienen una explicación directa y sencilla.

En primer lugar, hemos de referirnos de nuevo al tiempo de procesamiento de la 3ª premisa en los problemas de 2M (6,5), ya que de nuevo vuelve a ser superior al encontrado en los problemas de 1M(5,29) y 3M(5,44); y es que, si bien en esta segunda ocasión las diferencias no alcanzan el nivel de significación, este resultado sugiere, al menos, una tendencia consistente que es preciso explicar. Recordemos el planteamiento inicial que ya hicimos en este sentido: cuando el razonador lee la 3ª premisa en los problemas de 2M, se supone que ya ha construido dos modelos mentales en los que debe integrar la nueva información (véase Tabla 3); dicho de otro modo, el proceso en este momento parece implicar una «doble integración», concretamente del elemento «c» en los dos modelos previos. Así, en la medida en que esta «múltiple integración» consume mayores recursos puede explicar el mayor tiempo de procesamiento requerido comparado con la «integración simple» que supone esta 3ª premisa en los problemas de 1M. Pero si esto es así ¿por qué la «triple integración» que parece requerir la 4ª premisa de los problemas de 3M no supone un tiempo de procesamiento semejante o, incluso, significativamente mayor? Para explicar tentativamente esta aparente inconsistencia, entendemos que la naturaleza semántica y estratégica del proceso que postula la teoría de los modelos mentales, ofrece una buena base de interpretación con la que ofrecer una primera respuesta a la cuestión planteada. Nótese que, si se ha ido realizando una lectura comprensiva de las premisas, en el momento de leer la 4ª premisa la carga en la memoria operativa presumiblemente será elevada; y, por otro lado, el razonador sabe que esta 4ª información es la última que se le ofrece antes de la cuestión final. En estas condiciones, una estrategia que parece plausible a fin de minimizar el procesamiento y economizar recursos es la de suspender los procesos de integración a la espera de mayor información acerca de las demandas del problema. Es decir, como ya sugerimos anteriormente, quizá los razonadores en ciertos momentos del proceso pueden mantener la nueva información en una especie de «retén», sin integrarla de hecho en los modelos hasta conocer exactamente cuál de ellos necesita ser completado para responder la cuestión. Este tipo de explicación es claramente compatible con el principio de economía cognitiva que la teoría de los modelos mentales asume y que supone que el razonador siempre tiende a economizar cognitivamente su trabajo a través de un procesamiento estratégico. Recapitulando, pues, el mayor tiempo de procesamiento requerido por la 3ª premisa en los problemas de 2M puede explicarse por la mayor demanda de recursos que implica la «integración múltiple»; y que este efecto no se produzca en la condición semejante que supone la 4ª premisa de los problemas de 3M, puede deberse a la suspensión estratégica de los procesos de integración al ser la última premisa.

De todos modos, hay un segundo aspecto que requiere explicación en los resultados del segundo experimento: la ausencia de diferencias confiables en la latencia de respuesta en los problemas de 1M y 3M. A este respecto, sin em-

bargo, hemos de tener en cuenta que, si aceptamos la interpretación precedente, resulta difícil ser precisos en cuanto al momento exacto en que tiene lugar cada paso en el proceso de construcción de los modelos; puesto que, como indicábamos, puede no ser algo fijo sino gobernado por decisiones estratégicas, particularmente a medida que aumentan las demandas cognitivas de la tarea. En el caso de los problemas de múltiples modelos, el último paso —la integración de la información de la 4ª premisa— quizá sólo sea realizado una vez que el razonador conoce la demanda específica a través de la cuestión final, lo que le permitiría completar sólo la construcción del modelo relevante a la misma. En otras palabras, dada la estructura de la tarea, es posible que algunos razonadores decidan utilizar la estrategia de esperar a conocer la cuestión que se plantea para completar sólo el modelo relevante, mientras que otros pueden decidir no esperar —en función quizá de sus propias posibilidades en cuanto al manejo eficaz de la información— e integrar toda la información al final del conjunto de premisas. Por esta doble posibilidad, entendemos que quizá la medida temporal crítica en orden a evaluar la dificultad del proceso no sea el tiempo de lectura de la 4ª premisa ni la latencia de respuesta, sino la suma de ambos tiempos. De hecho, este nuevo índice, como hemos visto, vuelve a ofrecer las diferencias más consistentes en relación con el número de modelos (véase Figura 4). Es decir, considerando esta medida acumulada (el tiempo de lectura de la 4ª premisa más el tiempo que se tarda en ofrecer la conclusión), otra vez se obtienen diferencias significativas en la dirección que predice la teoría de los modelos mentales: los problemas de 1M se resuelven más rápidamente que los de 2M y 3M.

Conclusiones

La teoría de los modelos mentales pone el acento en la representación final que el razonador construye del problema a fin de hacer predicciones sobre su ejecución. Los dos estudios que aquí hemos presentado indican la necesidad de analizar y ampliar la teoría también en relación con el propio proceso de construcción de los modelos; y en particular, sobre cómo se produce la sucesiva integración de la información proporcionada por las premisas dentro de los modelos que se van construyendo. En este sentido, las medidas temporales en los problemas multicondicionales sugieren algunas ideas relacionadas con el procesamiento estratégico que la teoría asume: 1) la integración completa de la información de las premisas dentro de múltiples modelos puede ser una tarea particularmente demandante en términos cognitivos; 2) a medida que aumenta la carga en los limitados recursos de la memoria operativa, la retención simple de la información en un «retén» temporal puede ser una opción preferible por parte del razonador en la medida en que resulte más económica; y en consecuencia, 3) el razonador tiene la posibilidad de esperar hasta conocer exactamente la demanda de la tarea a fin de completar solamente el modelo que es relevante a la conclusión que se reclama.

Esta línea de explicación nos permite, además, apuntar una primera respuesta tentativa sobre la cuestión central que anteriormente planteábamos acerca

de cuándo se construyen los modelos. ¿Se combinan e integran los significados de las premisas a medida que éstas se leen, o sólo cuando se conoce qué conclusión se pide en la cuestión final? A este respecto, de acuerdo con la naturaleza estratégica del procesamiento que hemos descrito y sobre la base de lo que sugieren los datos obtenidos en los estudios con multicondicionales, podemos proponer provisionalmente un conjunto de hipótesis relacionadas a contrastar en futuros estudios:

– Los razonadores solo integrarán la información nueva de las sucesivas premisas mientras la carga en la memoria operativa no supere cierto límite, por encima del cual el proceso comienza a ser más costoso y difícil de manejar.

– Cuanto mayor sea el número de modelos alternativos construidos tras la lectura de las premisas más demandante será el proceso de integración.

– En estas circunstancias, es decir, cuando se han construido múltiples modelos, la probabilidad de utilizar un «retén» para retener selectivamente la información sin integrarla en los modelos, aumentará a medida que se vayan consumiendo los recursos cognitivos sin conocer cuál de los modelos es relevante a la conclusión que debe obtenerse.

– Globalmente considerado este proceso debe enfocarse y analizarse en términos de la transacción que usualmente se reconoce entre las limitaciones estructurales de la memoria operativa y las posibilidades de ampliación funcional que permite un procesamiento estratégico.

Evidentemente, como ya hemos mencionado, estas propuestas necesitan mayor investigación, si bien ya en otros estudios hemos obtenido resultados que apuntan en la misma dirección (véase García-Madruga, Moreno, Carriedo y Gutiérrez, 2000). En concreto, es necesario establecer y definir con mayor precisión las diferentes operaciones que el razonador puede poner en marcha en los diferentes momentos del proceso, así como la relativa cantidad de recursos que puede consumir según las condiciones. En este sentido, por ejemplo, entendemos que será menos costosa una integración de la información que sólo suponga la simple adición a un modelo previamente construido que cuando implique una completa reconstrucción de la representación previa. En una próxima investigación trataremos de explorar estos planteamientos mediante nuevos experimentos que estamos diseñando a tal efecto.

REFERENCIAS

- Braine, M. D. S. (1990). The «Natural Logic» approach to reasoning. En W. F. Overton (Ed.), *Reasoning, Necessity and Logic: Developmental Perspectives*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Braine, M. D. S. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and the standard logic. *Psychological Review*, 85, 1-21.
- Braine, M. D. S. & O'Brien, D. (Eds.) (1998). *Mental Logic*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Braine, M. D. S. & O'Brien, D. P. (1991). A theory of If: A lexical entry, reasoning program, and pragmatic principles. *Psychological Review*, 98, 182-203.
- Evans, J. St. B. T., Newstead, S. E. & Byrne, R. M. J. (1993). *Human reasoning. The Psychology of deduction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- García Madruga, J. A., Carriedo, N. & González Labra, M. J. (Eds.) (2000). *Mental models in reasoning*. Madrid: UNED.

- García-Madruga, J. A. & Johnson-Laird, P. N. (1994). Multiple conditionals: Rules or models. Paper presented at «Seventh Meeting of European Society for Cognitive Psychology». Lisbon, September, 1994.
- García-Madruga, J. A., Moreno, S., Carriedo, N., Gutiérrez, F. & Johnson-Laird, P. N. (2001). Are conjunctive inferences easier than disjunctive inferences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A (2), 613-632.
- García-Madruga, J. A., Moreno, S., Carriedo, N. & Gutiérrez, F. (2000). Time Measures in Rips's problems. En J. A. García Madruga, N. Carriedo & M.J. González Labra (Eds.), *Mental models in reasoning*. Madrid: UNED.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., Byrne, R. M. J. & Schaeken, W. (1992). Propositional reasoning by model. *Psychological Review*, 99, 418-439.
- Johnson-Laird, P. N. & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hove, East Sussex: LEA.
- Johnson-Laird, P. N. & Byrne, R. M. J. (in press). Conditionals: A theory of meanings, pragmatics, and inference. *Psychological Review*.
- Johnson-Laird, P. N., Savary, F. & Bucciarelli, M. (1998). Strategies and tactics in reasoning. En W. Schaeken, G. De Voogt, A. Vandierendonck & G. D'Ydewalle (Eds.), *Deductive reasoning and strategies*. Mahwah, N. Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Montolio, E. (1999). Las construcciones condicionales. En I. Bosque y V. Demonte (Dir.), *Gramática descriptiva de la lengua española. Vol. 1. Sintaxis básica de las clases de palabras*. Madrid: Espasa Calpe.
- Rips, L. J. (1983). Cognitive processes in propositional reasoning. *Psychological Review*, 90, 38-71.
- Rips, L. J. (1994). *The psychology of proof. Deductive reasoning in human reasoning*. Cambridge, Mass.: MIT Press.