

## Series de tres términos y modelos de representación

Roberto Colom, M<sup>a</sup> José Contreras, Isabel Arend, Juan Botella y José Santacreu  
Universidad Autónoma de Madrid

El razonamiento permite sacar conclusiones a partir de una serie de percepciones, ideas o declaraciones. El razonamiento deductivo produce conclusiones válidas si las premisas son válidas. Algunas deducciones dependen del análisis de relaciones. Por ejemplo, «Ana es mejor que Petra : Julia es peor que Petra: ¿Quién es peor?». Los primeros estudios de laboratorio sugerían que las personas construyen diagramas mentales al razonar sobre este tipo de relaciones (modelo espacial), aunque el análisis lingüístico de las premisas de la serie también parecía poseer un papel relevante (modelo lingüístico). Posteriormente se propusieron otros dos modelos, el mixto y el de niveles, basados en el uso combinado de imágenes mentales y del análisis lingüístico. Según los procesos cognitivos postulados por los modelos señalados se predice el tiempo y la dificultad en la resolución de 32 series de tres términos con solución única, 16 de las cuales incluyen comparativas de superioridad y 16 de igualdad negada. En el presente estudio se calculan los tiempos de resolución y los niveles de dificultad asociados a las estructuras formales de esas 32 series, evaluando a una muestra de 980 personas. Para cada modelo se calcula un análisis de regresión para predecir los tiempos de resolución y los niveles de dificultad observados. Los resultados indican que el modelo espacial es el que mejor predice tanto el tiempo de resolución como el nivel de dificultad de las series. Este hallazgo contradice la investigación previamente publicada. Se discuten algunas implicaciones.

*Three-term series and representational models.* Reasoning yields a conclusion from percepts, ideas, or assertions. Deduction yields valid conclusions if the premises are true. Some deductions depend on reasoning about relations. For example, «Anne is better than Sue: Julia is worse than Sue.: Who is worst?» Early laboratory studies suggested that reasoners construct mental diagrams (spatial model) although linguistic analyses are also involved (linguistic model). Two additional processing models were proposed some years later: the mixed and the levels of representation models. These models are based on a combination of mental images and linguistic processing. The processing time and the difficulty level of 32 three-term series of single solution (16 positive comparative and 16 negative equatives) are predicted from the specific cognitive processes postulated by the models. The present study assesses 980 participants to compute the processing time and the difficulty level of 32 three-term series. A regression analysis is computed to predict processing time and difficulty level. The spatial model is the better predictor of both processing time and difficulty level. This finding is the just opposite of the observed in previous research. Some implications are discussed.

La Psicología ha estudiado los procesos de razonamiento durante más de un siglo (Markman y Gentner, 2001). El razonamiento permite extraer conclusiones a partir de una determinada información. Entre los procesos de razonamiento más estudiados se encuentran los deductivos (Johnson-Laird, 1999). La deducción permite extraer conclusiones válidas si las premisas de las que se parte son también válidas.

En la actualidad existen tres grandes teorías sobre el razonamiento deductivo (Falmagne y Gonsalves, 1995). La primera sostiene que la mente humana usa reglas condicionales de contenido específico para hacer inferencias. Se basa en el ACT de Anderson

(1993) y en el SOAR de Newell (1990). La segunda mantiene que la deducción depende de una serie de reglas formales de inferencia. Braine (1998), por ejemplo, propuso que las personas extraen las formas lógicas de las premisas y usan reglas para sacar conclusiones. La tercera propone que la deducción se basa en la manipulación de modelos mentales que representan situaciones (Johnson-Laird y Byrne, 1991). Los modelos mentales pueden producir inferencias deductivas (Oakhill y Garnham, 1996).

Se pueden identificar varios campos en la investigación del razonamiento deductivo: el razonamiento con conectivas (Rips, 1994; Madruga, Moreno, Carriedo y Gutiérrez, 1999), el razonamiento condicional (Evans, Clibbens y Rood, 1995; Evans, Legrenzi y Girotto, 1999; Richardson y Omerod, 1997), el razonamiento con cuantificadores (Stenning y Yule, 1997; Polk y Newell, 1995) o el razonamiento sobre relaciones (Klauer; Stegmaier y Meiser, 1997; Schaeken, Johnson-Laird y d'Ydewalle, 1996; Vandierendonck y De Vooght, 1996, 1997) constituyen algunos ejemplos.

Las series de tres términos son un tipo de problema perteneciente al ámbito del razonamiento deductivo sobre relaciones. En la investigación de laboratorio llevada a cabo entre las décadas de los 60 y los 80 se estudiaron extensamente 32 series de tres términos con solución única. 16 de estos problemas contienen dos premisas comparativas de superioridad (José es *mejor que* Pedro : Pedro es *mejor que* Luis: ¿Quién es peor?) y los otros 16 incluyen dos premisas de igualdad negada (José *no es mejor que* Pedro : Pedro *no es mejor que* Luis: ¿Quién es mejor?). Los problemas pueden definirse por el carácter marcado o no del adjetivo de la primera premisa, de la segunda premisa y de la pregunta, por tener las dos premisas de superioridad o igualdad negada y por incluir la solución en la primera o en la segunda premisa. 16 series contienen comparativas de superioridad (mejor que) y 16 de igualdad negada (no es mejor que). La persona debe inferir la relación entre dos elementos (A-p.e. Juan y C-p.e. Pedro) a partir de la que tienen ambos con un tercero (B-p.e. Luis) sobre la base del carácter transitivo de dicha relación. El término A es el superior, el C el inferior y el B, o pivote, es el intermedio. Cuando las dos premisas contienen la misma relación (mejor : mejor) para que la serie esté determinada B debe ser sujeto de una premisa y objeto de la otra premisa. En cambio, cuando las premisas contienen distintas relaciones (mejor : peor) la serie está determinada cuando B es bien sujeto bien objeto de las dos premisas. La combinación de estas condiciones produce las estructuras de la Tabla 1.

Esta investigación de laboratorio permitió contrastar una serie de modelos sobre el procesamiento humano de información que tiene lugar al resolver las 32 series de tres términos. El modelo espacial propone que las personas integran la información de las premisas en un diagrama mental en el que se sitúan en su orden adecuado los elementos de la serie descrita por las premisas (De Soto, London y Handel; 1965; Handel, De Soto y London, 1968). El modelo espacial postula los siguientes procesos: dirección no-preferida (intra-premisas), tratamiento de la negación, búsqueda del pivote y dirección no preferida (inter-premisas). El modelo lingüístico sostiene que razonar es lo mismo que comprender y comprender consiste en abstraer las proposiciones incluidas en las frases-premisas de la serie (Clark, 1969, a y b). Los procesos que postula este modelo son: marcado léxico, tratamiento de la negación, incongruencia y recuperación del pivote. El modelo mixto sugiere que las personas deben codificar las oraciones de las premisas en estructuras abstractas de significados para luego integrar espacialmente esa información proposicional y encontrar la respuesta a la pregunta de la serie (Sternberg, 1980). Los procesos que postula son: marcado léxico, tratamiento de la negación, búsqueda del pivote, búsqueda de la respuesta y congruencia. Finalmente, el modelo de niveles se basa en la idea de que las personas usan inteligentemente los códigos de representación mental de la información de la serie. La persona opta en cada momento por representar de un modo adecuado lo que se sabe sobre algo. Así, se seleccionarían representaciones de la información (espaciales y/o lingüísticas) que minimizaran la cantidad de computación necesaria para encontrar la solución a la serie. Ello resulta especialmente relevante cuando se deben superar las limitaciones de la memoria de trabajo. Los procesos que postula el modelo de niveles son: marcado léxico, análisis del tema, tratamiento de la negación, localización del pivote, análisis de adjetivos antónimos y búsqueda de la solución en la memoria de trabajo (Rivière, 1986). Un análisis detallado de los procesos postulados por los modelos enumerados está fuera del alcance de este trabajo. Una excelente revisión puede encontrarse en Rivière (1986).

Las predicciones de los modelos alternativos se basan en asignar códigos a cada una de las 32 series de tres términos dependiendo de los procesos postulados. Cada proceso puede aplicarse o no aplicarse a una serie. Si se aplica, puede aplicarse una o más veces en cada serie. Las predicciones específicas se presentan en el Anexo (0= no se aplica, 1= se aplica una vez, 2= se aplica dos veces y así sucesivamente). La aplicación de un mayor número de procesos debería reflejarse en mayores tiempos de resolución y mayores niveles de dificultad.

La investigación previa indica que al predecir la dificultad de las series, el modelo de niveles es el más eficaz, mientras que el modelo espacial es el menos eficaz. Al predecir tiempos de resolución, el modelo de niveles sigue siendo el más eficaz, mientras que el modelo lingüístico es el menos eficaz (Rivière, 1986).

Sin embargo, los estudios realizados por diferentes investigadores no ordenan del mismo modo la eficacia predictiva de los modelos alternativos. Rivière (1986) señaló que las diferencias observadas de un estudio a otro podían atribuirse al tamaño de las muestras. Atendiendo a esta posibilidad, en el presente estudio se evalúa a 980 personas en una tarea que incluye las 32 series de tres términos descritas previamente. Nunca se ha evaluado a una muestra tan numerosa con las series consideradas aquí. A partir de los resultados obtenidos por cada una de las personas evaluadas en cada una de las series, se calcula el tiempo de resolución y el nivel de dificultad. El principal objetivo es comprobar si el éxito en la predicción de la dificultad y el tiempo se ajusta a los resultados publicados previamente.

## Método

### Participantes

La muestra comprende 980 licenciados universitarios, 490 son mujeres y 490 son varones. La media de edad de las mujeres es de 27.62 (DT= 3.99) y la media de edad de los varones es de 28.37 (DT= 4.74). Los participantes en el estudio son candidatos a un proceso de selección para ingresar en un curso de formación para una ocupación laboral de alta complejidad técnica. Las licenciaturas de los candidatos son heterogéneas: humanidades, ciencias sociales, ciencias naturales e ingenierías.

### Medidas y procedimiento

Las 32 series de la Tabla 1 se presentan por ordenador y en una secuencia: primera premisa, segunda premisa, pregunta y alternativas de respuesta. Se registra el tiempo de lectura de la primera premisa, de la segunda y de la pregunta, así como el tiempo de elección de la respuesta. La persona pulsa con el ratón dentro del recuadro en el que aparece la información para que el programa presente la siguiente parte de la serie. La persona decide, por tanto, cuándo presentarse las partes de la serie. La consigna experimental es procurar responder correctamente, tardando el menor tiempo posible. A partir de esta información se calcula el tiempo total que cada persona invierte en extraer la información de la serie y responder. También se registra si la respuesta es correcta.

La evaluación se realiza en una sala con 60 ordenadores. El proceso de aplicación es automatizado.

### Análisis

Primero, se calculan los tiempos de resolución a partir del tiempo medio que le supone a la muestra evaluada resolver cada una de

las series de tres términos. Los niveles de dificultad se calculan según la proporción de personas que resuelve correctamente cada una de las series.

Segundo, se realizan una serie de análisis de regresión. Se trata de predecir el tiempo de resolución y el nivel de dificultad a partir de las predicciones de cada uno de los modelos para cada una de las series, tal y como se detalla en el Anexo.

Resultados

La Tabla 1 presenta los tiempos de resolución y los niveles de dificultad para cada una de las series de tres términos. Son éstos los valores que se intentan predecir a partir de los modelos de procesamiento alternativos.

La Tabla 2 presenta los coeficientes de regresión de los modelos, tanto para el tiempo de resolución como para el nivel de dificultad.

En la predicción del tiempo de resolución, los modelos se ordenan del siguiente modo, de mayor a menor validez predictiva: modelo espacial, modelo lingüístico, modelo mixto y modelo de niveles. El coeficiente de regresión corregido correspondiente al modelo de niveles no resulta significativo.

En la predicción del nivel de dificultad, los modelos se ordenan del siguiente modo, de mayor a menor validez predictiva: modelo espacial, modelo mixto, modelo lingüístico y modelo de niveles.

*Tabla 1*

Tiempo de resolución y niveles de dificultad para cada serie. El tiempo se consigna en segundos, mientras que el nivel de dificultad se calcula según la proporción de la muestra de personas que resuelve correctamente la serie (el índice varía entre 0 y 1). Se omiten las series con estructura 8, 18 y 24 perdidos por el programa de recuperación de datos de carácter automatizado

| Estructuras        | Tiempo de resolución | Nivel de dificultad |
|--------------------|----------------------|---------------------|
| 1/ A>B:B>C:>       | 9,86                 | ,05                 |
| 2/ A>B:B>C:<       | 9,26                 | ,07                 |
| 3/ B>C:A>B:>       | 10,85                | ,15                 |
| 4/ B>C:A>B:<       | 10,90                | ,13                 |
| 5/ C<B:B<A:>       | 12,45                | ,21                 |
| 6/ C<B:B<A:<       | 12,48                | ,18                 |
| 7/ B<A:C<B:>       | 15,75                | ,32                 |
| 8/ B<A:C<B:<       |                      |                     |
| 9/ A>B:C<B:>       | 9,62                 | ,13                 |
| 10/ A>B:C<B:<      | 9,25                 | ,11                 |
| 11/ C<B:A>B:>      | 10,82                | ,20                 |
| 12/ C<B:A>B:<      | 11,48                | ,11                 |
| 13/ B<A:B>C:>      | 13,91                | ,43                 |
| 14/ B<A:B>C:<      | 16,33                | ,41                 |
| 15/ B>C:B<A:>      | 12,87                | ,26                 |
| 16/ B>C:B<A:<      | 12,49                | ,31                 |
| 17/ A<B:B<C:> neg. | 13,60                | ,30                 |
| 18/ A<B:B<C:< neg. |                      |                     |
| 19/ B<C:A<B:> neg. | 13,21                | ,37                 |
| 20/ B<C:A<B:< neg. | 13,59                | ,32                 |
| 21/ C>B:B>A:> neg. | 12,47                | ,14                 |
| 22/ C>B:B>A:< neg. | 13,07                | ,27                 |
| 23/ B>A:C>B:> neg. | 12,33                | ,18                 |
| 24/ B>A:C>B:< neg. |                      |                     |
| 25/ A<B:C>B:> neg. | 14,73                | ,53                 |
| 26/ A<B:C>B:< neg. | 13,96                | ,39                 |
| 27/ C>B:A<B:> neg. | 15,79                | ,48                 |
| 28/ C>B:A<B:< neg. | 17,11                | ,41                 |
| 29/ B>A:B<C:> neg. | 13,09                | ,19                 |
| 30/ B>A:B<C:< neg. | 13,45                | ,16                 |
| 31/ B<C:B>A:> neg. | 13,23                | ,16                 |
| 32/ B<C:B>A:< neg. | 13,01                | ,25                 |

Por tanto, el modelo espacial es el que mejor predice tanto el tiempo de resolución como el nivel de dificultad. El modelo de niveles es el que peor predice tanto el tiempo como la dificultad.

La Tabla 3 presenta los coeficientes beta estandarizados para los procesos específicos postulados por cada modelo.

*Tabla 2*

Coeficientes de regresión para el tiempo de resolución y el nivel de dificultad según las predicciones de los modelos sobre el procesamiento humano de información que tiene lugar al resolver las 32 series de tres términos. Todos los coeficientes son significativos ( $p < .01$ ) excepto el coeficiente corregido del modelo de niveles al predecir el tiempo de resolución

| Modelos                   | Tiempo de resolución | Nivel de dificultad |
|---------------------------|----------------------|---------------------|
| <i>Modelo espacial</i>    |                      |                     |
| R                         | .785                 | .841                |
| R <sup>2</sup>            | .616                 | .708                |
| R <sup>2</sup> corregida  | .552                 | .659                |
| <i>Modelo lingüístico</i> |                      |                     |
| R                         | .750                 | .780                |
| R <sup>2</sup>            | .563                 | .609                |
| R <sup>2</sup> corregida  | .490                 | .544                |
| <i>Modelo mixto</i>       |                      |                     |
| R                         | .724                 | .815                |
| R <sup>2</sup>            | .524                 | .664                |
| R <sup>2</sup> corregida  | .420                 | .591                |
| <i>Modelo de niveles</i>  |                      |                     |
| R                         | .635                 | .714                |
| R <sup>2</sup>            | .404                 | .509                |
| R <sup>2</sup> corregida  | .241                 | .375                |

*Tabla 3*

Coeficientes beta estandarizados para el tiempo de resolución y el nivel de dificultad, según los procesos específicos postulados por los modelos de procesamiento (\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ )

| Procesos específicos        | Tiempo de resolución | Nivel de dificultad |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| <i>Modelo espacial</i>      |                      |                     |
| Dirección no-prefeida intra | .319*                | .286*               |
| Negación                    | .465**               | .361**              |
| Búsqueda del pivote         | .542**               | .703**              |
| Dirección no-prefeida intro | -.015                | -.066               |
| <i>Modelo lingüístico</i>   |                      |                     |
| Marcado                     | .277                 | .206                |
| Negación                    | .466**               | .369**              |
| Incongruencia               | .422**               | .596**              |
| Recuperación pivote         | -.217                | -.172               |
| <i>Modelo mixto</i>         |                      |                     |
| Marcado                     | .237                 | .153                |
| Negación                    | .434*                | .162                |
| Búsqueda del pivote         | .075                 | .367                |
| Búsqueda de respuesta       | .052                 | .058                |
| Congruencia                 | .433**               | .535**              |
| <i>Modelo de niveles</i>    |                      |                     |
| Marcado                     | .245                 | .124                |
| Tema                        | .003                 | .169                |
| Negación                    | .481**               | .379*               |
| Localización pivote         | .292                 | .519**              |
| Adjetivos antónimos         | .115                 | .253                |
| Búsqueda solución           | .008                 | .113                |

En el modelo espacial son significativos la búsqueda del pivote, el tratamiento de la negación y el tratamiento de la dirección no-preferida intra-premisas. En el modelo lingüístico son significativos la resolución de la incongruencia y el tratamiento de la negación. En el modelo mixto son significativos el tratamiento de la negación y la búsqueda de congruencia al predecir tiempo, mientras que son significativos la búsqueda de congruencia y la búsqueda del pivote al predecir dificultad. Finalmente, en el modelo de niveles es significativo el tratamiento de la negación al predecir tiempo, mientras que son significativos la localización del pivote y el tratamiento de la negación al predecir dificultad.

Los resultados sobre los procesos específicos concuerdan sólo parcialmente con la investigación previa. Así, por ejemplo, en la predicción de la dificultad, Rivière (1986) observó que el tratamiento de la negación y la búsqueda del pivote eran significativos en el modelo espacial; el tratamiento de la negación, la recuperación del pivote y la incongruencia eran significativos en el modelo lingüístico; el marcado léxico, la búsqueda del pivote y la congruencia eran significativos en el modelo mixto; finalmente, la localización del pivote y el análisis de antónimos eran significativos en el modelo de niveles. Las discrepancias se observan especialmente en el modelo mixto y en el modelo de niveles.

### Discusión

Los resultados indican que el modelo que mejor predice tiempo y dificultad es, precisamente, el que la investigación previa consideró como el menos ajustado a los datos: el modelo espacial. Además, los resultados llevan a la conclusión de que el modelo que peor predice tiempo y dificultad es, precisamente, el que la investigación previa consideró como el más ajustado a los datos: el modelo de niveles.

El modelo espacial mantiene que las personas tratan las series de tres términos convirtiendo la información verbal de la serie en un diagrama mental que se explora para encontrar la solución. El modelo de niveles propone que las personas emplean inteligentemente sus recursos adecuando el tipo de representación a la serie que se debe resolver. Las evidencias observadas en el presente estudio contradicen al modelo de niveles y avalan el modelo espacial.

¿Qué sucede con el modelo lingüístico y con el modelo mixto? Ambos predicen mejor que el modelo de niveles, pero también predicen peor que el modelo espacial. Por tanto, cuando se comparan los modelos alternativos, se concluye que el modelo espacial presenta más éxito al predecir tanto el tiempo empleado en la resolución de las series como el nivel de dificultad asociado a cada una de ellas.

A nivel teórico, los resultados observados sugieren que la propuesta según la cual las personas emplean imágenes mentales al resolver las series es verosímil (De Soto, London y Handel, 1965; Handel, De Soto y Lonson, 1968). Las tesis de que las personas razonan con series como si se comprendiese un mensaje lingüístico cualesquiera (Clark, 1969, a y b), combinando el análisis lingüístico y las imágenes mentales (Sternberg, 1980) o que pueden emplear imágenes o procesos de pura comprensión lingüística dependiendo de las exigencias concretas de la serie (Rivière, 1986) se adecúan peor a las evidencias observadas en el presente estudio.

El mayor apoyo que recibe el modelo espacial sería congruente con una de las tres grandes teorías actuales sobre el razonamiento deductivo: los modelos mentales. La construcción de un diagrama mental es similar a la construcción de un modelo mental (Johnson-Laird, 1999). Las deducciones que dependen de un solo modelo

mental son más sencillas que las deducciones que dependen de más de un modelo mental (Byrne y Johnson-Laird, 1989). Las variaciones en los niveles de dificultad que predice el modelo espacial pueden ser interpretadas según la necesidad mayor o menor de generar modelos únicos que deben ser integrados en un modelo de orden superior que permita localizar la solución al problema. Esto es especialmente plausible cuando se pone a prueba la capacidad de la memoria de trabajo. En el presente estudio, la serie se presenta por partes, de modo que la persona debe conservar la información en su memoria de trabajo a medida que se va presentando la nueva información. Las evidencias observadas serían congruentes con el estudio de Vandierendonck y De Vooght (1997).

¿Por qué la discrepancia entre los resultados previos y los hallados en el presente estudio? Una posible respuesta fue ya señalada por Rivière (1986): «Clark realizó un experimento con 100 sujetos y Sternberg con 18. En el experimento actual —del propio Rivière— los sujetos eran 449. Ello permite suponer que el conflicto anterior entre los niveles predictivos definido por los experimentos de Clark y Sternberg podría deberse a la falta de sensibilidad de las medidas empleadas» (p. 327). Rivière (1986) propone, por tanto, que las discrepancias que él observa entre sus propios resultados al comparar los modelos previos y los resultados de las investigaciones previas puede atribuirse a las diferencias de fiabilidad de las estimaciones de tiempo y dificultad derivadas del uso de distintos tamaños de muestra.

El análisis de muestras con pocos participantes ha sido una tónica general en la investigación de las series de tres términos. Sternberg (1980), por ejemplo, empleó 16 personas en su primer estudio, 18 en sus estudios segundo y tercero y 54 en su cuarto estudio. Este hecho puede dar cuenta, al menos en parte, de las discrepancias observadas entre las predicciones realizadas por los modelos alternativos. También puede contribuir a explicar la discrepancia observada entre los resultados previos y los hallados en el presente estudio.

Las denominadas «nuevas tecnologías» deben ayudar a reducir la publicación de estudios con muestras compuestas por menos de 100 participantes. Detterman (1989) ha denunciado este hecho de un modo contundente: «tamaños de muestra por debajo de 100 son pequeños (...), pero las discriminaciones finas requieren un amplio número de participantes. Dados los tamaños de muestra usualmente empleados en la investigación, es sorprendente que seamos capaces de sacar alguna conclusión» (pp. 200-201; véase también Colom y Andrés-Pueyo, 1999).

Un revisor anónimo ha sugerido que las características de la muestra o el modo de presentación de las series puede contribuir a explicar las discrepancias con los resultados de investigaciones previas. En respuesta se puede comentar que los participantes considerados en estudios previos son mayoritaria, sino exclusivamente, universitarios (Rivière, 1986). Además, en varios de los estudios previos, las series se presentan por partes, tomándose el rendimiento de los participantes como criterio de validación de los modelos (Sternberg, 1980). Por tanto, ni las características de la muestra, ni el modo de presentación, constituyen explicaciones verosímiles de los resultados observados. Las evidencias descritas pueden considerarse sólidas: el modelo espacial constituye el mejor predictor del rendimiento mostrado al resolver series de tres términos.

### Agradecimiento

La investigación descrita en este artículo ha sido posible por el apoyo derivado del proyecto AENA-UAM / 78501.

## ANEXO

Predicciones de los modelos sobre el procesamiento humano de información al resolver las 32 series de tres términos analizadas en el presente estudio

## A.1. Predicciones del modelo espacial

| <b>Series</b>      | <b>Dirección no-preferida<br/>Intra-premisas</b> | <b>Negación</b> | <b>Búsqueda del pivote</b> | <b>Dirección no-preferencia<br/>Inter-premisas</b> |
|--------------------|--|-----------------|----------------------------|--|
| 1/ A>B:B>C:>       | 0  | 0               | 1                          | 0  |
| 2/ A>B:B>C:<       | 1  | 0               | 1                          | 0  |
| 3/ B>C:A>B:>       | 0  | 0               | 1                          | 1  |
| 4/ B>C:A>B:<       | 1  | 0               | 1                          | 1  |
| 5/ C<B:B<A:>       | 2  | 0               | 1                          | 1  |
| 6/ C<B:B<A:<       | 3  | 0               | 1                          | 1  |
| 7/ B<A:C<B:>       | 2  | 0               | 1                          | 0  |
| 8/ B<A:C<B:<       | 3  | 0               | 1                          | 0  |
| 9/ A>B:C<B:>       | 1  | 0               | 0                          | 0  |
| 10/ A>B:C<B:<      | 2  | 0               | 0                          | 0  |
| 11/ C<B:A>B:>      | 1  | 0               | 0                          | 1  |
| 12/ C<B:A>B:<      | 2  | 0               | 0                          | 1  |
| 13/ B<A:B>C:>      | 1  | 0               | 2                          | 0  |
| 14/ B<A:B>C:<      | 2  | 0               | 2                          | 0  |
| 15/ B>C:B<A:>      | 1  | 0               | 2                          | 1  |
| 16/ B>C:B<A:<      | 2  | 0               | 2                          | 1  |
| 17/ A<B:B<C:> neg. | 2  | 2               | 1                          | 0  |
| 18/ A<B:B<C:< neg. | 3  | 2               | 1                          | 0  |
| 19/ B<C:A<B:> neg. | 2  | 2               | 1                          | 1  |
| 20/ B<C:A<B:< neg. | 3  | 2               | 1                          | 1  |
| 21/ C>B:B>A:> neg. | 0  | 2               | 1                          | 1  |
| 22/ C>B:B>A:< neg. | 1  | 2               | 1                          | 1  |
| 23/ B>A:C>B:> neg. | 0  | 2               | 1                          | 0  |
| 24/ B>A:C>B:< neg. | 1  | 2               | 2                          | 0  |
| 25/ A<B:C>B:> neg. | 1  | 2               | 2                          | 0  |
| 26/ A<B:C>B:< neg. | 2  | 2               | 2                          | 0  |
| 27/ C>B:A<B:> neg. | 1  | 2               | 2                          | 1  |
| 28/ C>B:A<B:< neg. | 2  | 2               | 2                          | 1  |
| 29/ B>A:B<C:> neg. | 1  | 2               | 0                          | 0  |
| 30/ B>A:B<C:< neg. | 2  | 2               | 0                          | 0  |
| 31/ B<C:B>A:> neg. | 1  | 2               | 0                          | 1  |
| 32/ B<C:B>A:< neg. | 2  | 2               | 0                          | 1  |

## A.2. Predicciones del modelo lingüístico

| <b>Series</b> | <b>Marcado léxico</b> | <b>Negación</b> | <b>Incongruencia</b> | <b>Recuperación pivote</b> |
|---------------|-----------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| 1/ A>B:B>C:>  | 0                     | 0               | 0                    | 1                          |
| 2/ A>B:B>C:<  | 1                     | 0               | 1                    | 1                          |
| 3/ B>C:A>B:>  | 0                     | 0               | 0                    | 0                          |
| 4/ B>C:A>B:<  | 1                     | 0               | 1                    | 0                          |
| 5/ C<B:B<A:>  | 2                     | 0               | 1                    | 1                          |
| 6/ C<B:B<A:<  | 3                     | 0               | 0                    | 1                          |
| 7/ B<A:C<B:>  | 2                     | 0               | 1                    | 0                          |
| 8/ B<A:C<B:<  | 3                     | 0               | 0                    | 0                          |
| 9/ A>B:C<B:>  | 1                     | 0               | 0                    | 0                          |
| 10/ A>B:C<B:< | 2                     | 0               | 0                    | 0                          |
| 11/ C<B:A>B:> | 1                     | 0               | 0                    | 0                          |
| 12/ C<B:A>B:< | 2                     | 0               | 0                    | 0                          |

## A.2. Predicciones del modelo lingüístico (continuación)

| Series             | Marcado léxico | Negación | Incongruencia | Recuperación pivote |
|--------------------|----------------|----------|---------------|---------------------|
| 13/ B<A:B>C:>      | 1              | 0        | 1             | 0                   |
| 14/ B<A:B>C:<      | 2              | 0        | 1             | 0                   |
| 15/ B>C:B<A:>      | 1              | 0        | 1             | 0                   |
| 16/ B>C:B<A:<      | 2              | 0        | 1             | 0                   |
| 17/ A<B:B<C:> neg. | 2              | 2        | 1             | 0                   |
| 18/ A<B:B<C:< neg. | 3              | 2        | 0             | 0                   |
| 19/ B<C:A<B:> neg. | 2              | 2        | 1             | 1                   |
| 20/ B<C:A<B:< neg. | 3              | 2        | 0             | 1                   |
| 21/ C>B:B>A:> neg. | 0              | 2        | 0             | 0                   |
| 22/ C>B:B>A:< neg. | 1              | 2        | 1             | 0                   |
| 23/ B>A:C>B:> neg. | 0              | 2        | 0             | 1                   |
| 24/ B>A:C>B:< neg. | 1              | 2        | 1             | 1                   |
| 25/ A<B:C>B:> neg. | 1              | 2        | 1             | 0                   |
| 26/ A<B:C>B:< neg. | 2              | 2        | 1             | 0                   |
| 27/ C>B:A<B:> neg. | 1              | 2        | 1             | 0                   |
| 28/ C>B:A<B:< neg. | 2              | 2        | 1             | 0                   |
| 29/ B>A:B<C:> neg. | 1              | 2        | 0             | 0                   |
| 30/ B>A:B<C:< neg. | 2              | 2        | 0             | 0                   |
| 31/ B<C:B>A:> neg. | 1              | 2        | 0             | 0                   |
| 32/ B<C:B>A:< neg. | 2              | 2        | 0             | 0                   |

## A.3. Predicciones del modelo mixto

| Series             | Marcado | Negación | Búsqueda del pivote | Búsqueda de la respuesta | Congruencia |
|--------------------|---------|----------|---------------------|--------------------------|-------------|
| 1/ A>B:B>C:>       | 0       | 0        | 0                   | 1                        | 0           |
| 2/ A>B:B>C:<       | 1       | 0        | 0                   | 0                        | 1           |
| 3/ B>C:A>B:>       | 0       | 0        | 0                   | 0                        | 0           |
| 4/ B>C:A>B:<       | 1       | 0        | 0                   | 1                        | 1           |
| 5/ C<B:B<A:>       | 2       | 0        | 0                   | 0                        | 1           |
| 6/ C<B:B<A:<       | 3       | 0        | 0                   | 1                        | 0           |
| 7/ B<A:C<B:>       | 2       | 0        | 0                   | 1                        | 1           |
| 8/ B<A:C<B:<       | 3       | 0        | 0                   | 0                        | 0           |
| 9/ A>B:C<B:>       | 1       | 0        | 0                   | 1                        | 0           |
| 10/ A>B:C<B:<      | 2       | 0        | 0                   | 0                        | 0           |
| 11/ C<B:A>B:>      | 1       | 0        | 0                   | 0                        | 0           |
| 12/ C<B:A>B:<      | 2       | 0        | 0                   | 1                        | 0           |
| 13/ B<A:B>C:>      | 1       | 0        | 0                   | 1                        | 1           |
| 14/ B<A:B>C:<      | 2       | 0        | 0                   | 0                        | 1           |
| 15/ B>C:B<A:>      | 1       | 0        | 0                   | 0                        | 1           |
| 16/ B>C:B<A:<      | 2       | 0        | 0                   | 1                        | 1           |
| 17/ A<B:B<C:> neg. | 2       | 2        | 0                   | 1                        | 1           |
| 18/ A<B:B<C:< neg. | 3       | 2        | 0                   | 0                        | 0           |
| 19/ B<C:A<B:> neg. | 2       | 2        | 1                   | 0                        | 1           |
| 20/ B<C:A<B:< neg. | 3       | 2        | 1                   | 1                        | 0           |
| 21/ C>B:B>A:> neg. | 0       | 2        | 0                   | 0                        | 0           |
| 22/ C>B:B>A:< neg. | 1       | 2        | 0                   | 1                        | 1           |
| 23/ B>A:C>B:> neg. | 0       | 2        | 1                   | 1                        | 0           |
| 24/ B>A:C>B:< neg. | 1       | 2        | 1                   | 0                        | 1           |
| 25/ A<B:C>B:> neg. | 1       | 2        | 1                   | 1                        | 1           |
| 26/ A<B:C>B:< neg. | 2       | 2        | 1                   | 0                        | 1           |
| 27/ C>B:A<B:> neg. | 1       | 2        | 1                   | 0                        | 1           |
| 28/ C>B:A<B:< neg. | 2       | 2        | 1                   | 1                        | 1           |
| 29/ B>A:B<C:> neg. | 1       | 2        | 0                   | 1                        | 0           |
| 30/ B>A:B<C:< neg. | 2       | 2        | 0                   | 0                        | 0           |
| 31/ B<C:B>A:> neg. | 1       | 2        | 0                   | 0                        | 0           |
| 32/ B<C:B>A:< neg. | 2       | 2        | 0                   | 1                        | 0           |

A.4. Predicciones del modelo de niveles

| Series             | Marcado | Tema | Negación | Localización pivote | Antónimos | Búsqueda solución |
|--------------------|---------|------|----------|---------------------|-----------|-------------------|
| 1/ A>B:B>C:>       | 0       | 0    | 0        | 1                   | 0         | 2                 |
| 2/ A>B:B>C:<       | 1       | 0    | 0        | 1                   | 2         | 0                 |
| 3/ B>C:A>B:>       | 0       | 1    | 0        | 0                   | 0         | 1                 |
| 4/ B>C:A>B:<       | 1       | 1    | 0        | 0                   | 2         | 2                 |
| 5/ C<B:B<A:>       | 2       | 0    | 0        | 1                   | 2         | 0                 |
| 6/ C<B:B<A:<       | 3       | 0    | 0        | 1                   | 0         | 2                 |
| 7/ B<A:C<B:>       | 2       | 1    | 0        | 0                   | 2         | 2                 |
| 8/ B<A:C<B:<       | 3       | 1    | 0        | 0                   | 0         | 1                 |
| 9/ A>B:C<B:>       | 1       | 1    | 0        | 0                   | 1         | 2                 |
| 10/ A>B:C<B:<      | 2       | 1    | 0        | 0                   | 1         | 1                 |
| 11/ C<B:A>B:>      | 1       | 1    | 0        | 0                   | 1         | 1                 |
| 12/ C<B:A>B:<      | 2       | 1    | 0        | 0                   | 1         | 2                 |
| 13/ B<A:B>C:>      | 1       | 0    | 0        | 1                   | 1         | 2                 |
| 14/ B<A:B>C:<      | 2       | 0    | 0        | 1                   | 1         | 0                 |
| 15/ B>C:B<A:>      | 1       | 0    | 0        | 1                   | 1         | 0                 |
| 16/ B>C:B<A:<      | 2       | 0    | 0        | 1                   | 1         | 2                 |
| 17/ A<B:B<C:> neg. | 2       | 0    | 2        | 0                   | 2         | 2                 |
| 18/ A<B:B<C:< neg. | 3       | 0    | 2        | 0                   | 0         | 0                 |
| 19/ B<C:A<B:> neg. | 2       | 1    | 2        | 1                   | 2         | 1                 |
| 20/ B<C:A<B:< neg. | 3       | 1    | 2        | 1                   | 0         | 2                 |
| 21/ C>B:B>A:> neg. | 0       | 0    | 2        | 0                   | 0         | 0                 |
| 22/ C>B:B>A:< neg. | 1       | 0    | 2        | 0                   | 2         | 2                 |
| 23/ B>A:C>B:> neg. | 0       | 1    | 2        | 1                   | 0         | 2                 |
| 24/ B>A:C>B:< neg. | 1       | 1    | 2        | 1                   | 2         | 1                 |
| 25/ A<B:C>B:> neg. | 1       | 1    | 2        | 1                   | 1         | 2                 |
| 26/ A<B:C>B:< neg. | 2       | 1    | 2        | 1                   | 1         | 1                 |
| 27/ C>B:A<B:> neg. | 1       | 1    | 2        | 1                   | 1         | 1                 |
| 28/ C>B:A<B:< neg. | 2       | 1    | 2        | 1                   | 1         | 2                 |
| 29/ B>A:B<C:> neg. | 1       | 0    | 2        | 0                   | 1         | 2                 |
| 30/ B>A:B<C:< neg. | 2       | 0    | 2        | 0                   | 1         | 0                 |
| 31/ B<C:B>A:> neg. | 1       | 0    | 2        | 0                   | 1         | 0                 |
| 32/ B<C:B>A:< neg. | 2       | 0    | 2        | 0                   | 1         | 2                 |

Referencias

Anderson, J.R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Braine, M.D.S. (1998). Steps towards a mental predictive logic. En Braine, M.D.S. & O'Brien, D.P. (Eds.), *Mental Logic*. Mahwah, NJ : Erlbaum.

Clark, H. (1969 a). Linguistic processes in deductive reasoning. *Psychological Review*, 76, 378-404.

Clark, H. (1969 b). The influence language in solving three series problems. *Journal of Experimental Psychology*, 82, 205-215.

Colom, R. & Andrés-Pueyo, A. (1999). El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema*, 11, 3, 453-476.

De Soto, C.B.; London, M. & Handel, S. (1965). Social reasoning and spatial paralogic. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2, 513-521.

Detterman, D.K. (1989). The future of intelligence research. *Intelligence*, 13, 199-203.

Evans, JStBT; Clibbens, J. & Rood, B. (1995). Bias in conditional inference: implications for mental models and mental logic. *Q.J. Experimental Psychology*, 48A: 644-670.

Evans, JStBT; Legrenzi, P. & Girotto, V (1999). The influence of linguistic form on reasoning: the case of matching bias. *Q.J. Experimental Psychology*, 52A (1), 185-216.

Falmagne, R.J. & Gonsalves, J. (1995). Deductive inference. *Annual Review of Psychology*, 46, 525-559.

Handel, S.; De Soto, C.B. & London, M. (1968). Reasoning and spatial representation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 7, 351-357.

Johnson-Laird, P. (1999). Deductive reasoning. *Annual Review of Psychology*, 50, 109-135.

Johnson-Laird, P. & Byrne, R.M.J. (1991). *Deduction*. Hillsdale ; NJ : Erlbaum.

Klauer, K.C.; Stegmaier, R. & Meiser, T. (1997). Working memory involvement in propositional and spatial reasoning. *Thinking and Reasoning*, 3, 9-47.

Madruga, J.A.; Moreno, S.; Carriedo, N. & Gutiérrez, F. (1999). Task, premise order and strategies in Rips's conjunction-disjunction and conditional problems. En W. Schaecken, G. De Vooght et al. (Ed): *Deductive Reasoning and Strategies*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Markman, A. & Gentner, D. (2001). Thinking. *Annual Review of Psychology*, 52, 223-247.

Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Oakhill, J. & Gamham, A. (1996). *Mental Models in Cognitive Science*. Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Polk, T.A. & Newell, A. (1995). Deduction as verbal reasoning. *Psychological Review*, 102, 533-566.
- Richardson, J. & Omerod, T.C. (1997). Rephrasing between disjunctives and conditionals: mental models and the effects of thematic content. *Q.J. Experimental Psychology*, 50A, 358-385.
- Rips, L.J. (1994). *The Psychology of Proof*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rivière, A. (1986). *Razonamiento y representación*. Madrid: Siglo XXI.
- Schaecken, W.S.; Jonson-Laird, P. & d'Ydewalle, G. (1996). Mental models and temporal reasoning. *Cognition*, 60, 205-234.
- Stenning, K. & Yule, P. (1997). Image and language in human reasoning: a syllogistic illustration. *Cognitive Psychology*, 34, 109-159.
- Sternberg, R. (1980). Representation and process in linear syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 119-159.
- Vandirendonck, A. & De Vooght, G. (1996). Evidence for mental-model-based reasoning: a comparison of reasoning with time and space concepts. *Thinking and Reasoning*, 2, 249-272.
- Vandirendonck, A. & De Vooght, G. (1997). Working memory constraints on linear reasoning with spatial and temporal contents. *Q.J. Experimental Psychology*, 50A, 803-820.