

EL NIVEL DE ABSTRACCIÓN EN LAS ANALOGÍAS GEOMÉTRICAS

M. J. GONZÁLEZ LABRA

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

Resumen

El rendimiento en los problemas de analogías geométricas se estudió a través del análisis de los efectos del número y tipo de figuras geométricas y de sus transformaciones. El objetivo principal de los dos experimentos que comprenden este trabajo se ha centrado en la identificación del papel que desempeñan estas variables a medida que se incrementa el nivel de dificultad con el fin de aumentar el nivel de abstracción de los problemas. Los resultados experimentales indicaron que el determinante principal en este tipo de analogías era la complejidad de las transformaciones (cambios dimensionales) que constituyen las reglas que han de inferirse. Sin embargo, a medida que el nivel de dificultad se incrementa por la manipulación sistemática de las variables que conforman los problemas, la interacción que se produce entre los efectos del tipo de transformación y el número de figuras atenúa el peso de la información dimensional. El rendimiento en los problemas más complejos se explica por las limitaciones impuestas en la memoria de trabajo con el fin de crear una estructura relacional que controle tanto la identificación y número de figuras geométricas como el tipo de transformación correspondiente a cada figura. El nivel de complejidad de las analogías geométricas, entendido éste como un nivel de abstracción mayor, se encuentra relacionado con el tiempo de procesamiento necesario para un control efectivo de la información en la memoria de trabajo.

Abstract

Geometric analogy performance was studied as a function of systematic variations in the number and type of transformations and figures. The main objective behind the two experiments was aimed toward the identification of the effects of these variables as problem complexity increases in order to increase the level of abstraction. The results obtained indicated that one of the major determinants of performance involves the transformational complexity of the rules to be inferred. However, item complexity has to consider the interactive effects between type of dimensional changes as well as number of geometric figures. The dimensional effects are overshadowed by the interaction between both variables. Performance on difficult problems requires a complex relational structure in working memory that controls number of figures, and type of dimensional changes applied to them. Item complexity in terms of a greater level of abstraction seems to be tapping time for information management in working memory.

El nivel de abstracción en las analogías geométricas

La analogía ha desempeñado un papel fundamental en la conceptualización de la inteligencia de las principales teorías factorialistas, piagetianas y del pro-

cesamiento de la información. Todas parecen estar de acuerdo en calificar al razonamiento analógico como uno de los aspectos dignos de consideración en el análisis del comportamiento inteligente, y, por tanto, han sido múltiples los esfuerzos realizados con el fin de delimitar qué se entiende por analogía o por razonamiento analógico.

Los problemas de analogías se han considerado representativos del razonamiento inductivo dado que ejemplifican el proceso de generación de reglas por enumeración, cuyas conclusiones presentan la misma necesidad inferencial que las conclusiones de las tareas de razonamiento deductivo. La aproximación al estudio de la inducción de reglas, desde la perspectiva del procesamiento de la información, parte del análisis de estos problemas en términos de la configuración de los procesos necesarios para su solución. La inducción de reglas ha sido clasificada como uno de los componentes críticos en la solución de problemas, y los problemas de estructura inductiva se han definido como aquellos cuyo objetivo fundamental es la identificación del patrón de relaciones que puedan darse entre los elementos presentados (Greeno, 1978).

Las investigaciones sobre los problemas de analogías, considerados como uno de los problemas más representativos del razonamiento inductivo, se han centrado en el análisis teórico y empírico del rendimiento en estas tareas, de modo que sea posible desarrollar modelos de procesamiento que caractericen los procesos necesarios para alcanzar su solución (Evans, 1968; Mulholland, Pellegrino y Glaser, 1980; Sternberg, 1977). La identificación experimental de dichos procesos se realiza a través de la manipulación del nivel de dificultad de los problemas, y su presunta relación con el rendimiento en términos de latencia de solución y/o número de errores. A pesar de las diferencias existentes entre los modelos de procesamiento propuestos, todos parecen coincidir en que el nivel de dificultad se encuentra estrechamente relacionado con la cantidad de información que presenta el problema. A su vez, la cantidad de información representa el número de veces que es necesario ejecutar las distintas operaciones comprendidas en los modelos, de forma que cuanto mayor sea su número tanto mayor será la latencia de solución y la probabilidad de errores.

El estudio experimental de la analogía se ha realizado principalmente a través de su formulación en una serie proporcional del tipo $A:B :: C:D$. Este formato constituye una expresión de la correspondencia entre las relaciones del primer y segundo par de términos. Las analogías geométricas se han considerado como uno de los mejores ejemplos de este tipo de problemas porque su contenido se encuentra libre de influencias culturales. De esta forma, la manipulación experimental del nivel de dificultad se define en función de las características físicas de los términos y de sus cambios o atributos, o bien a través de la estimación subjetiva de la distancia entre los términos, o bien a través del cómputo del número de atributos entre los mismos. En el caso de la estimación subjetiva se parte del supuesto de que cuanto mayor sea esta distancia tanto mayor es la cantidad de información contenida en los problemas (Sternberg, 1977), mientras que en el caso de la manipulación objetiva se asume que el nivel de dificultad de los problemas se define por el número de figuras geométricas y el número de transformaciones

que se establecen entre las mismas (Gardner, 1982; Mulholland, Pellegrino y Glaser, 1980).

Por tanto, podríamos decir que el peso de los modelos de procesamiento recae sobre los procesos desvinculados del contenido sobre el cual han de realizarse las operaciones. El tiempo de solución de los problemas de analogías se predice de acuerdo con un modelo de procesamiento lineal en el que la latencia es igual a la suma de la cantidad de tiempo empleado en la ejecución de cada uno de los procesos multiplicado por el número de veces que es necesario realizar cada operación, y dicho número viene determinado por el cómputo del nivel de dificultad.

Sin embargo, estudios más recientes han señalado que en la manipulación del nivel de dificultad de los problemas no sólo ha de considerarse la cantidad de información, sino además el tipo de información sobre el que se han de aplicar las operaciones de los modelos (Bethell-Fox, Lohman y Snow, 1984; Whitely y Schneider, 1981). Los resultados de estos trabajos ponen de manifiesto que los problemas que contienen la misma cantidad de información podían presentar latencias distintas en función de su contenido. Más aún, las analogías que combinaban un número de dos o tres cambios dimensionales presentaban tiempos de solución que se aproximaban a los tiempos encontrados en el cambio dimensional que aisladamente presentaba mayor dificultad (González Labra, 1987). Las conclusiones de estos trabajos sugieren que el criterio que se ha utilizado para manipular el nivel de dificultad de los problemas enmascara el peso de la información estimular, y sobre todo cuestiona la supuesta equiparación entre cantidad de información y número de ejecuciones de las operaciones.

Por otra parte, Carpenter y Just (1986) han señalado que las analogías geométricas reflejan tanto relaciones perceptuales como lógicas, pero que a medida que los problemas aumentan en dificultad se requiere un nivel de abstracción mayor que atenúa la naturaleza espacial de la tarea. De esta forma, se podría pensar que la elaboración de la información, con el fin de maximizar las semejanzas y minimizar las diferencias entre los atributos dimensionales de los términos del problema, disipa el peso de las características perceptivas de este tipo de analogías.

A pesar de que últimamente la naturaleza de los cambios dimensionales se ha reconocido como uno de los componentes críticos en la explicación de las diferencias del rendimiento de las analogías geométricas, el papel que desempeñan las figuras geométricas presenta ciertas polémicas. Por lo general, se asume que el tipo de figura que constituye los términos del problema no contribuye a explicar el patrón de dificultad encontrado en la tarea. No obstante, el número de figuras constituye una variable de mayor importancia que el número de transformaciones en el trabajo de Bethell-Fox y cols. (1984), mientras que Mulholland y cols. (1980) obtienen lo contrario, e incluso Whitely y cols. (1981) encuentran que el efecto de esta variable no es significativo.

El objetivo que persigue este trabajo se centra en analizar las variables de la tarea que constituyen los problemas de analogías geométricas con el fin de delimitar su peso en los niveles de dificultad, tan estrechamente vinculados con las operaciones de los modelos de procesamiento. Teniendo en cuenta que la estructura de los problemas viene determinada por el número y tipo de figuras geométricas y sus cambios dimensionales, se intentará determinar cómo varían los efectos de estas variables a medida que se incrementa la complejidad, y qué es lo que se entiende por un nivel mayor de abstracción cuando los problemas aumentan en su dificultad. Con el fin de alcanzar dicho objetivo, se diseñaron dos experimentos encaminados al análisis sistemático de la graduación de la complejidad de los problemas en términos de sus elementos constituyentes: número y tipo de transformaciones y figuras geométricas.

EXPERIMENTO 1

Este primer experimento se diseñó con el fin de analizar los efectos de las variables de la tarea en un conjunto de analogías geométricas de baja complejidad. En función de los resultados de trabajos anteriores (González Labra, 1987), se esperaba confirmar la hipótesis de que los efectos del tipo de transformación establecían el criterio adecuado para la graduación del índice de dificultad en los problemas constituidos por una sola figura geométrica. Además, la manipulación del tipo de figura geométrica utilizada en la generación de los términos del problema buscaba comprobar el supuesto seguido hasta la fecha de que esta variable no contribuye en la explicación de la complejidad de la tarea.

Método

Sujetos

En la realización del experimento participaron 26 sujetos, estudiantes de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid (14 hombres y 12 mujeres con una edad media de 20 años). La participación de los sujetos fue completamente voluntaria.

Material

El diseño de la tarea experimental se realizó en función de cuatro tipos de figuras geométricas (triángulo, cuadrado, pentágono y hexágono) y tres tipos de dimensiones (tamaño, ángulo de rotación y color). El nivel de complejidad se controló sólo en función del número y tipo de cambios dimensionales, manteniendo constante el número de figuras geométricas. De esta forma, se obtuvieron siete tipos de cambios dimensionales producto de la generación de problemas con una, dos y tres transformaciones (cambios de tamaño, rotación, color, tamaño \times rotación, rotación \times color, tamaño \times color y tamaño \times rotación \times color). Se obtuvieron nueve observaciones por cada

tipo de problema, que comprendía el mismo tipo y número de transformaciones y el mismo par de figuras geométricas. En la figura 1 se presenta un ejemplo de los problemas de analogías geométricas que fueron generados para este experimento. Las figuras geométricas que se asignaban al segundo par de términos se contrabalancearon de modo que cada figura que se presentara en el primer par de términos se combinara el mismo número de veces con el resto de las figuras. Como resultado de este procedimiento se obtuvieron 252 problemas de analogías verdaderas.

Teniendo en cuenta que el formato de presentación era del tipo verdadero/falso, cada una de las versiones del problema verdadero tenía una versión falsa. Los problemas falsos se generaron mediante la aplicación de una transformación errónea en los problemas de una transformación, y por la falta de aplicación de una de las transformaciones en el resto de los problemas. Por tanto, la tarea experimental completa comprendía 504 problemas (252 verdaderos y 252 falsos).



Figura 1. Un ejemplo de los problemas de analogías geométricas del experimento 1 (1 figura con dos transformaciones: rotación \times color en su versión verdadera).

Procedimiento

Para la realización de la tarea experimental el sujeto se sentaba delante del visor de un taquistoscopio (Campden 610), de forma que la llave de respuesta vocal quedara situada a la altura de la boca, y el dedo índice de la mano dominante sobre el interruptor para la presentación de estímulos. La presentación de estímulos se iniciaba presionando dicho interruptor, y simultáneamente a la presentación se iniciaba la puesta en marcha de un cronómetro. Ante la respuesta verbal del sujeto, la pantalla cambiaba a un fondo blanco y se detenía el cronómetro.

En cada uno de los ensayos el experimentador registraba la respuesta dada (verdadero o falso), los tiempos de solución e introducía la próxima tarjeta en el taquistoscopio. Sin embargo, la presentación de los problemas era controlada por el propio sujeto, a quien se le daban las instrucciones de resolver los problemas en la cantidad de tiempo que necesitara, pero procurando hacerlo lo más rápidamente posible y sin cometer errores.

Antes de empezar la tarea experimental, se familiarizaba a los sujetos con el procedimiento y se administraban doce problemas como entrenamiento. Una vez finalizada la sesión de entrenamiento, se pedía a los sujetos que no emitieran ningún tipo de manifestación oral porque cualquier tipo de comentario sería registrado por la llave de respuesta oral y se invalidaría el problema. Cada sesión experimental

constaba de la aplicación de dos bloques homogéneos de problemas con una duración media de 150 minutos. A cada bloque se le asignó aleatoriamente la mitad de los problemas, pero contrabalanceando el valor de verdad y tipo de problema. Los dos bloques de problemas se administraron en dos órdenes (1-2 y 2-1) con un descanso de cinco minutos entre cada uno.

Resultados y discusión

Los tiempos de solución de los problemas verdaderos y falsos se analizaron de acuerdo con un diseño factorial 7 (tipo de transformaciones) \times 4 (tipo de figuras) con medidas repetidas en todos los factores. En el cuadro 1 se presentan las medias y desviaciones típicas de los distintos tipos de problemas.

CUADRO 1
Medias y desviaciones típicas en centésimas de segundo por cada tipo de problema

	Triángulo		Cuadrado		Pentágono		Hexágono	
	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	D.T.
PROBLEMAS VERDADEROS								
Tamaño	122	28	135	33	137	33	140	37
Rotación	156	36	166	47	171	45	162	63
Color	123	30	121	26	140	47	146	29
Tamaño \times rotación	149	42	175	48	181	66	174	42
Rotación \times color	148	45	158	42	152	70	155	55
Tamaño \times color	131	27	129	31	144	35	141	38
Tamaño \times rotación \times color	172	51	157	35	177	67	175	69
PROBLEMAS FALSOS								
Tamaño	99	22	100	22	158	55	125	37
Rotación	132	32	113	33	176	67	177	58
Color	98	23	97	30	111	31	130	53
Tamaño \times rotación	157	39	132	42	144	37	157	95
Rotación \times color	143	58	119	25	178	68	192	70
Tamaño \times color	132	38	100	21	128	30	146	64
Tamaño \times rotación \times color	129	48	139	57	174	61	207	74

Los efectos de las variables de la tarea presentaron diferencias significativas en los tiempos de solución de los problemas verdaderos: tipos de transformación $F(6, 150) = 23,69$, $p < 0,001$, y tipo de figura $F(3, 75) = 8,87$, $p < 0,001$, no siendo significativa la interacción entre ambas variables, $F(8, 450) = 1,23$, $p > 0,05$. En los problemas falsos se encontraron efectos similares: tipo de transformación $F(6, 150) = 18,39$, $p < 0,001$; tipo de figura $F(3, 75) = 45,57$, $p < 0,001$, siendo significativa la interacción entre ambas variables, $F(18, 450) = 3,46$, $p < 0,001$.

Estos resultados confirman la hipótesis general de que el rendimiento en los problemas de analogías geométricas puede explicarse por los efectos de las variables de la tarea que se manipulan en la generación de estos problemas. Sin embargo, los resultados de la comparación de medias a través de la prueba Newman-Keuls pusieron de manifiesto que existía un patrón diferenciado entre los efectos encontrados en los problemas verdaderos y los falsos. Las diferencias entre los problemas verdaderos que contenían diferentes figuras geométricas bajo el

mismo tipo de transformación (triángulo \times cambio en tamaño comparado con cuadrado \times cambio de tamaño, ...) fueron significativas sólo en el 7 por 100 de los casos, mientras que el 54 por 100 de las diferencias fueron significativas entre los problemas con la misma figura geométrica bajo distintos tipos de transformaciones (triángulo \times cambio de tamaño comparado con triángulo \times cambio en rotación, ...). En el caso de los problemas falsos se encontró que el 43 por 100 y el 61 por 100 de las comparaciones fueron significativas en los problemas con diferentes figuras bajo la misma transformación y en los problemas con la misma figura bajo distintas transformaciones, respectivamente.

Como puede verse en las figuras 2 y 3, el tipo de contenido constituye la variable de mayor peso tanto en los problemas verdaderos como en los falsos. Contrariamente a lo que sostiene Mulholland y cols. (1980), los diferentes tipos de analogías comprendidos en los conjuntos de problemas de una y dos transformaciones no presentan el mismo nivel de complejidad. En líneas generales y de acuerdo con los resultados obtenidos en trabajos anteriores

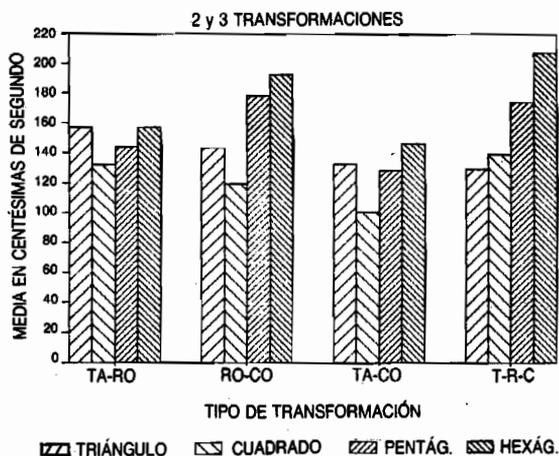
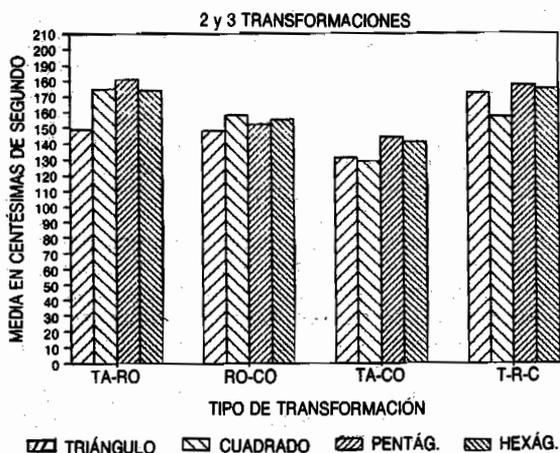
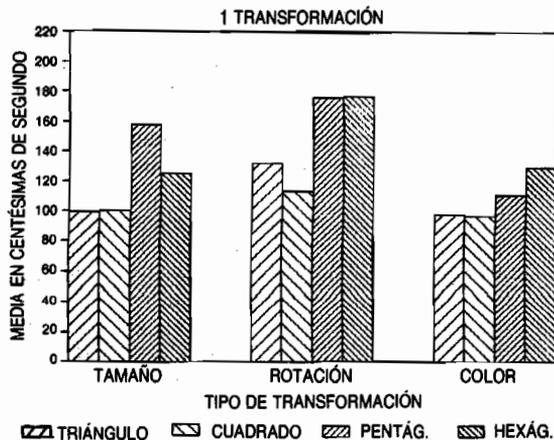
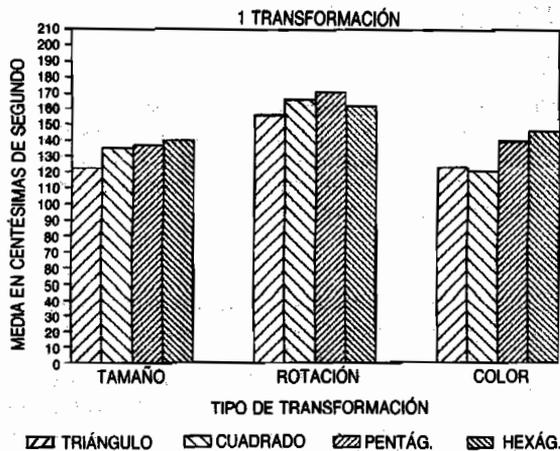


Figura 2. Media de los tiempos de solución (en centésimas de segundo) para los problemas verdaderos en función del tipo de transformación (cambios de tamaño, rotación, color, tamaño-color, rotación-color, tamaño-color y tamaño-rotación-color) y tipo de figura (triángulo, cuadrado, pentágono y hexágono).

Figura 3. Media de los tiempos de solución (en centésimas de segundo) para los problemas falsos en función del tipo de transformación (cambios de tamaño, rotación, color, tamaño-color, rotación-color, tamaño-color y tamaño-rotación-color) y tipo de figura (triángulo, cuadrado, pentágono y hexágono).

(González Labra, 1987), los problemas constituidos por una sola transformación presentan tiempos de solución más largos cuando las figuras cambian de rotación que cuando cambian de tamaño o de color. Al combinar estos cambios dimensionales con el fin de generar problemas de dos y tres transformaciones, los tiempos de solución se aproximan al cambio dimensional que aisladamente presentaba el nivel de dificultad mayor. Consecuentemente, los trabajos anteriores que consideraban la media de estos problemas en función sólo del número obviaron drásticamente los efectos que ejercen los cambios dimensionales sobre la complejidad de los problemas.

A pesar de que Garner (1974) sostiene que para cada par de estímulos existe una dimensión que

proporciona el criterio de máxima diferenciación, y que esta dimensión puede cambiar dependiendo del par de estímulos, los tipos de cambios dimensionales en los problemas verdaderos presentaron la misma tendencia en el nivel de dificultad, cualquiera que fuera la figura contenida en el problema. De esta forma, se confirma el supuesto bajo el cual se han generado las analogías, el cual asume que el tipo de figura geométrica no constituye una variable relevante en la explicación del nivel de dificultad de estos problemas. Sin embargo, la interacción entre el tipo de figura y tipo de transformación ejerce efectos significativos sobre los tiempos de solución de las analogías falsas. Teniendo en cuenta que los problemas verdaderos y falsos se diferencian en el segundo par de términos, entonces se podría sos-

pechar que los efectos de estas variables probablemente puedan localizarse en las operaciones que se ejecutan sobre la estructura informativa de la segunda parte del problema. La falta de detección de esta interacción en estudios anteriores puede deberse a que en la generación de los problemas falsos se ha obviado la asimetría entre los dos pares de términos.

De esta forma, las analogías geométricas se pueden concebir como estructuradas en relación con la información que contienen en los dos pares de figuras con determinados cambios dimensionales. Las diferencias que se han encontrado en la graduación del nivel de dificultad en función del tipo de transformación se podrían explicar de acuerdo con los diferentes niveles de máxima diferenciación que exhiben los cambios dimensionales. Cuando se combinan varios cambios dimensionales, el nivel de dificultad se aproximará al cambio dimensional que presente el mínimo criterio de diferenciación. Sin embargo, la complejidad de los problemas falsos ha de considerar tanto el criterio de máxima diferenciación como el tipo de figura geométrica sobre la que se aplica dicho cambio debido a que las dos partes del problema no son simétricas.

EXPERIMENTO 2

Una de las limitaciones inherentes al experimento anterior es la sencillez de las analogías geométricas, y el rendimiento en los problemas más fáciles presenta correlaciones altas con pruebas que requieren comparaciones perceptuales (Carpenter y Just, 1986). Algunos trabajos anteriores han indicado que los componentes de procesamiento en la detección de la transformación de atributos no presentan relaciones significativas con la velocidad perceptiva (Gardner, 1982; Sternberg, 1977; Sternberg y Gardner, 1983). Sin embargo, la correlación entre estos componentes y el rendimiento en pruebas de razonamiento aumenta a medida que los problemas analógicos incrementan en el nivel de complejidad. Esta graduación en el nivel de dificultad parece incidir sobre la naturaleza de la tarea, y, como han sugerido Carpenter y Just, en los problemas más difíciles puede que sea necesario un nivel de elaboración mayor que obvie la naturaleza espacial de la tarea.

Por tanto, el objetivo de este segundo experimento intenta determinar si los efectos dimensionales obtenidos en los problemas más sencillos persisten a medida que los problemas aumentan en su nivel de dificultad. Si se obtiene un patrón distinto cuando las variables de la tarea se manipulan en función de su número y tipo, entonces la solución de analogías geométricas con diferentes niveles de complejidad podrían dar cuenta de componentes de procesamiento distintos.

Método

Sujetos

En el experimento participaron veinte estudiantes (10 hombres y 10 mujeres, con una edad media de 20 años) de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid. Su cooperación fue completamente voluntaria.

Material

Con el fin de generar las analogías geométricas, los componentes básicos de los problemas se mantuvieron constantes y se manipuló la complejidad variando el número de transformaciones y figuras. Al igual que en el experimento anterior, los problemas se generaron sistemáticamente a partir de cuatro figuras geométricas y siete tipos de transformaciones. Pero los problemas requerían que las transformaciones se aplicaran sobre una, dos o tres figuras en cada uno de los términos del problema. Por tanto, los problemas constituidos por una sola figura geométrica podían sufrir una de las siete transformaciones. Los problemas con dos figuras podían requerir que una de las transformaciones se aplicara a una de las figuras en los problemas con una transformación, que se aplicara una transformación a cada una de las figuras en los problemas con dos transformaciones, y que se aplicaran dos transformaciones a una misma figura en los problemas con tres transformaciones. Se siguió el mismo procedimiento en los problemas con tres transformaciones, y en este caso ninguna de las figuras se transformaba más de una vez.

Se obtuvieron 21 tipos de problemas, y se generaron 10 observaciones por cada tipo. Las figuras geométricas se asignaron aleatoriamente al primer o segundo par de términos. Las transformaciones que se aplicaban sobre las figuras se contrabalancearon en los tipos de problemas con el fin de que no se pudiera asociar ninguna figura con un tipo determinado de transformación. En la figura 4 se presenta un ejemplo de este conjunto de analogías geométricas.

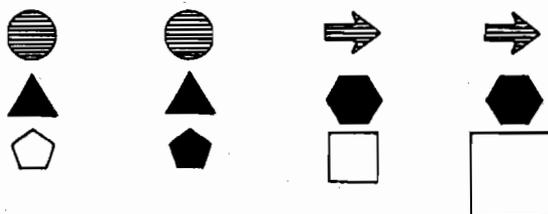


Figura 4. Un ejemplo de los problemas de analogías geométricas del experimento 2 (3 figuras con una transformación: cambio de color en su versión falsa).

Las analogías se presentaron en un formato verdadero/falso, y la tarea experimental completa comprendía 210 problemas verdaderos y 210 falsos. Los problemas falsos se generaron de la misma for-

ma que en el primer experimento. Se mantuvo constante el número de figuras entre los problemas del mismo tipo, y la falsación de los problemas se realizó de forma que la diferencia entre el último término verdadero y el último falso fuese de dos atributos en los problemas con una transformación, y de un atributo en los problemas con dos o tres transformaciones.

Procedimiento

El procedimiento experimental fue similar al del experimento anterior, y la duración de las sesiones fue aproximadamente de tres horas. Los problemas se presentaron a través de un taquistoscopio que incorporaba una llave de presentación de estímulos y una llave de respuesta oral.

Con el fin de contrabalancear los posibles efectos debidos a la fatiga y/o aprendizaje, los problemas también se asignaron aleatoriamente a dos bloques homogéneos en cuanto al valor de verdad y tipo de problema. A la mitad de los sujetos se les administró el primer y segundo bloque en este orden, y a la otra mitad en el orden inverso.

Resultados y discusión

Los datos se analizaron de acuerdo con las técnicas del análisis de varianza para diseños factoriales con medidas repetidas en todos los factores: 3 (número de figuras) \times 7 (tipo de transformaciones). Los efectos de estas variables fueron significativos tanto en los problemas verdaderos como en los falsos: se obtuvieron diferencias significativas en los tiempos de solución de los problemas verdaderos que variaban en el número de figuras $F(2, 38) = 31,60$, $p < 0,001$, y en los problemas falsos $F(2, 38) = 33,27$, $p < 0,001$; en los tipos de transformaciones verdaderas $F(6, 114) = 11,36$, $p < 0,001$, y sus versiones falsas $F(6, 114) = 6,11$, $p < 0,001$; y la interacción entre ambas variables también fue significativa en las analogías verdaderas y falsas, $F(12, 228) = 5,57$, $p < 0,001$, y $F(12, 228) = 4,63$, $p < 0,001$, respectivamente. En el cuadro 2 se presentan las medidas y las desviaciones típicas de los tiempos de solución en función del tipo de problema.

CUADRO 2

Medias y desviaciones típicas en centésimas de segundo por cada tipo de problema

	1 figura		2 figuras		3 figuras	
	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	D.T.
PROBLEMAS VERDADEROS						
Tamaño	234	142	452	164	595	263
Rotación	661	102	491	153	567	278
Color	246	145	414	109	584	261
Tamaño \times rotación	473	110	637	215	995	315
Rotación \times color	283	153	558	213	532	199
Tamaño \times color	233	104	434	133	627	257
Tamaño \times rotación \times color	340	171	754	321	799	235
PROBLEMAS FALSOS						
Tamaño	325	151	311	168	430	158
Rotación	448	298	410	210	444	140
Color	232	147	383	145	510	220
Tamaño \times rotación	285	107	387	193	894	317
Rotación \times color	294	179	422	186	481	145
Tamaño \times color	256	178	326	135	583	145
Tamaño \times rotación \times color	330	151	611	264	619	256

Los resultados de la comparación de medias de la prueba Newman-Keuls pusieron de manifiesto que las diferencias entre los problemas verdaderos que presentaban el mismo número de figuras bajo diferentes transformaciones (1 figura \times cambio de tamaño comparada con 1 figura \times cambio de rotación, ...) eran significativas en el 22,22 por 100 de los casos, mientras que el 38,09 por 100 de las diferencias en-

tre los problemas con la misma transformación bajo un número distinto de figuras (1 figura \times cambio de tamaño comparada con 2 figuras \times cambio de tamaño, ...) fueron significativas. En los problemas falsos, el 11,11 por 100 de las comparaciones fueron significativas cuando el número de figuras se mantuvo constante y se variaba el tipo de transformación, y el 33,33 por 100 en los problemas que man-

tuvieron constante la transformación y variaban el número de figuras geométricas.

Estos resultados indicaron que el nivel de complejidad de las analogías geométricas está en función tanto de los aspectos cuantitativos como de los cualitativos que se utilizan en la generación de los problemas. Como puede verse en las figuras 5 y 6, los efectos de estas variables interactúan en ambos tipos de analogías.

En líneas generales, los tiempos de solución aumentaban sistemáticamente a medida que se incrementaba el número de figuras, mientras que el número de transformaciones no presenta este efecto cuantitativo. Esto puede apreciarse claramente, por ejemplo, en los problemas de una transformación: si la transformación se mantiene constante, entonces

las diferencias entre los problemas con un número diferente de figuras son significativas, pero si las comparaciones se invierten (diferentes transformaciones con el mismo número de figuras), entonces las diferencias no alcanzan estos niveles de significación. Dicho resultado concuerda con el trabajo de Bethell-Fox y cols. (1984), donde el número de figuras constituye una faceta del rendimiento más importante que la del número de transformaciones. Además, los efectos de los cambios dimensionales que se obtuvieron en el experimento anterior y que se han replicado en los problemas con una transformación, se atenúan por los efectos cuantitativos de las figuras, aunque la tendencia en el nivel de dificultad se mantenga. A pesar de que la naturaleza de las transformaciones incida sobre los tiempos de so-

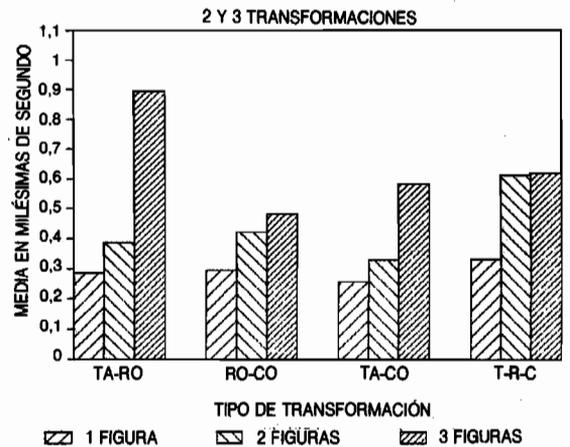
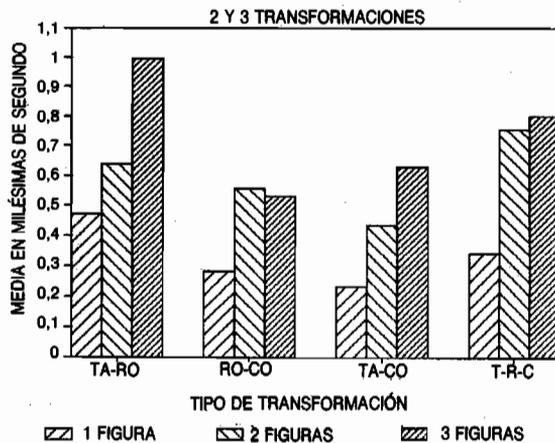
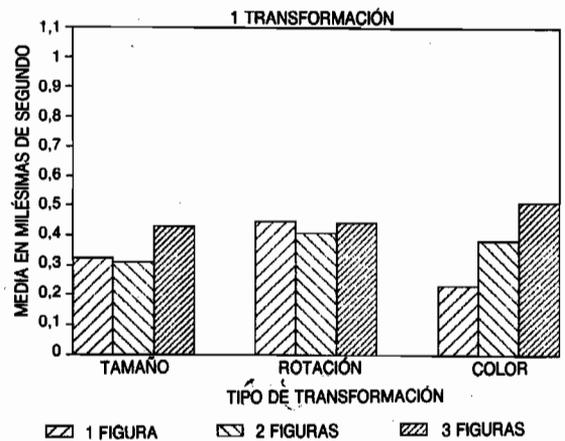
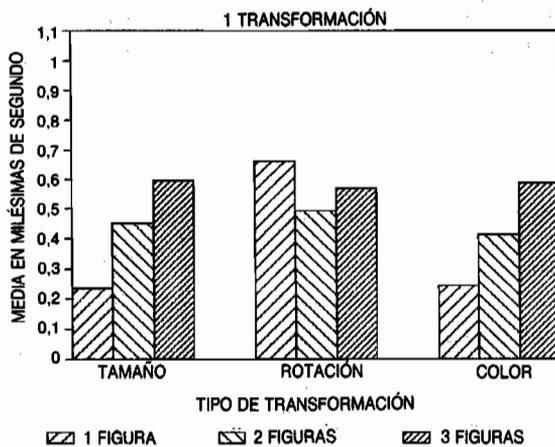


Figura 5. Media de los tiempos de solución (en milésimas de segundo) para los problemas verdaderos en función del tipo de transformación (cambios de tamaño, rotación, color, tamaño-color, rotación-color, tamaño-color y tamaño-rotación-color) y número de figuras (uno, dos y tres).

Figura 6. Media de los tiempos de solución (en milésimas de segundo) para los problemas falsos en función del tipo de transformación (cambios de tamaño, rotación, color, tamaño-color, rotación-color, tamaño-color y tamaño-rotación-color) y número de figuras (uno, dos y tres).

lución, la interacción entre ambas variables decreta el peso del nivel de dificultad transformacional a medida que aumenta el número de figuras, aun en el caso de que éstas no sufran cambios dimensionales.

La carga sobre la memoria de trabajo puede ejercer una influencia crítica sobre el rendimiento en los problemas más complejos, siendo la información en términos de número de figuras más difícil de retener. Sin embargo, el factor determinante en el rendimiento de estos problemas no es una u otra variable, sino la contribución conjunta de los efectos de ambas. Por tanto, las correlaciones que se han encontrado entre el nivel de dificultad y el rendimiento en pruebas de razonamiento podrían estar poniendo de manifiesto las estrategias que desarrollan los sujetos con el fin de controlar de forma efectiva la sobrecarga de la memoria de trabajo.

Conclusiones generales

Con el fin de analizar cuáles son las características que determinan el nivel de dificultad de las analogías geométricas, en este trabajo se examinaron los tiempos de solución de estos problemas en función de variaciones sistemáticas sobre la estructura informativa de los términos analógicos. Los resultados que se obtuvieron ponen de manifiesto dos aspectos distintivos que inciden en la explicación de la graduación de la complejidad.

En primer lugar, se podría concluir que uno de los factores principales en la generación del nivel de dificultad es la complejidad de los cambios dimensionales que constituyen las reglas que han de inferirse para resolver el problema. La importancia del contenido relacional en el patrón de complejidad de los diferentes tipos de problemas también se ha confirmado en otros trabajos sobre distintos tipos de tareas inductivas (Holzman, Pellegrino y Glaser, 1983; Kotovsky y Simon, 1973; LeFevre y Bisanz, 1986). La influencia de las variables que conforman las analogías geométricas se encuentra determinada por los cambios dimensionales entre los términos del problema, y los tiempos de solución aumentan en función del tipo de cambio, y no de su número. Sin embargo, la graduación del índice de dificultad también ha de considerar el número de figuras geométricas que constituyen los términos del problema. De esta forma, a medida que el número de figuras aumenta, se transformen o no estas figuras, los efectos dimensionales se atenuarán por la interacción entre ambas variables.

En relación con los posibles niveles de abstracción asociados con un nivel mayor de complejidad, la conclusión de este trabajo señala que los problemas de analogías geométricas reflejan relaciones lógicas siempre en términos de información espacial. Por tanto, la solución de estos problemas requiere una etapa de abstracción intermedia, en la cual se obtenga una reducción de la información irrelevante en la descripción dimensional de los términos. El nivel óptimo de abstracción sería aquel en el que las

similitudes se maximicen y las diferencias se minimicen (Gick y Holyoak, 1980), entendiéndose por abstracción el acto de separar o poner aparte las cualidades o propiedades inherentes de los términos con el fin de resaltar lo que tienen de común. Por tanto, a la hora de intentar explicar los niveles mayores de complejidad de estos problemas se tendría que aludir al control que ejerce la memoria de trabajo sobre la cantidad de información, sin descartar el peso de la información espacial que constituye la esencia del proceso inferencial. El rendimiento en los problemas más complejos requiere que se cree una estructura relacional mayor en la memoria de trabajo para que se pueda controlar tanto el número de figuras, como el tipo de cambios dimensionales a los que son sometidas o no. La dificultad de los problemas puede definirse en función de las estrategias de la memoria de trabajo para controlar la información, en lugar de estar en función de un supuesto cambio en la naturaleza de la tarea asociado a un número y tipo distinto de operaciones de procesamiento.

Referencias

- Bethell-Fox, S. E.; Lohman, D. F., y Snow, R. (1984): Adaptive reasoning: Componential and eye movement analysis of geometric analogy performance, *Intelligence*, 8, 205-238.
- Carpenter, P. A., y Just, M. A. (1986): Spatial ability: An information processing approach to psychometrics. En R. J. Sternberg (ed.): *Advances in the psychology of human intelligence*, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, T. G. (1968): A program for the solution of geometric analogy intelligence test questions. En M. Minsky (ed.): *Semantic information processing*, Cambridge, MIT Press.
- Gardner, M. K. (1982): Some remaining puzzles concerning analogical reasoning and human abilities. Ph. D., Yale University.
- Garner, W. R. (1974): *The processing of information and structure*, Potomac, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gick, M. L., y Holyoak, K. (1980): Analogical problem solving, *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- González Labra, M. J. (1987): Analogías Geométricas: Un estudio de los efectos de las dimensiones estímulares y de algunas de las alternativas metodológicas. Ph. D., Universidad Nacional de Educación a Distancia (Madrid).
- Greeno, J. G. (1978): Nature of problem-solving abilities. En W. K. Estes (Ed.): *Handbook of learning and cognitive processes (Vol. 5)*, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Associates.
- Holzman, T. G.; Pellegrino, J. W., y Glaser, R. (1983): Cognitive variables in series completion, *Journal of Educational Psychology*, 75, 605-618.
- Kotovsky, K., y Simon, H. A. (1973): Empirical tests of a theory of human acquisition of concepts for sequential pattern, *Cognitive Psychology*, 4, 399-424.
- LeFevre, J., y Bisanz, J. (1986): A cognitive analysis of number series problems: Sources of individual differences in performance, *Memory and Cognition*, 14 (4), 287-298.
- Mulholland, T. M.; Pellegrino, J. W., y Glaser, R. (1980): Components of geometric analogy solution, *Cognitive Psychology*, 12, 252-284.

Sternberg, R. J. (1977): *Intelligence, information processing and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities*, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Associates.

Sternberg, R. J., y Gardner, M. K. (1983): Unities in inducti-

ve reasoning, *Journal of Experimental Psychology: General*, 112 (1), 80-116.

Whitely, S. E., y Schneider, L. M. (1981): Information structure for geometric analogies: A test theory approach, *Applied Psychological Measurement*, 5 (3), 383-397.