RE.1: Un test computarizado para la evaluación de las relaciones espaciales simples

G. PRIETO, J. CARRO, R. F. PULIDO Y B. ORGAZ
Universidad de Salamanca

Resumen

El test Re.1 es una prueba computarizada construida en el lenguaje Hypertalk con el programa Hypercard, para la evaluación de las Relaciones Espaciales Simples, dimensión específica dentro de la Aptitud Espacial. El diseño, construcción y análisis del test ha sido realizado tanto a partir de los modelos teóricos propuestos por la Psicología Cognitiva y, en concreto, de la teoría del Procesamiento de la Información (P.I.), como desde la perspectiva de la teoría clásica de los tests.

Los resultados presentados en este trabajo, obtenidos con una muestra compuesta por 383 varones y 268 mujeres estudiantes universitarios, han puesto en evidencia que la prueba satisface ampliamente los criterios tanto teóricos, en cuanto que ratifican los modelos explicativos de esta dimensión, como los criterios empíricos de fiabilidad y validez. Así mismo, el test aporta mediciones de los individuos tanto de su nivel aptitudinal como de rapidez y precisión en la ejecución de los procesos cognitivos subyacentes a las tareas de Relaciones Espaciales Simples.

Palabras clave: Aptitud espacial, Tests computarizados, Diseño de test.

RE.1 A COMPUTARIZED TEST FOR THE EVALUATION OF SIMPLE SPATIAL RELATIONS:

Abstract

The Re.1 test is a computerized testing, constructed with HyperCard programme in HyperCard language, in order to measure Simple Spatial Relations, an specific dimension inside Spatial Aptitude. The design, construction and validation of the test have carried out on the basis of theoretical models proposed by the Cognitive Psychology, and more specifically, by the Information Processing Theory, as well as on the basis of the traditional Psychometric Theory.

The results that we present in this work, obtained in a sample made up of 383 males and 268 females university students, allow us to conclude that the testing satisfi considerably the theoretical criteria, since it ratifi the explanatory models of this dimension, as well as the empirical criteria of reliability and validity considerably. Likewise, the testing brings forward measures of the aptitude level of the subjects as well as their speed and accuracy when executing cognitive processes which lie under the tasks of Simple Spatial Relations.

Keywords: Spatial Aptitude, Computerized tests, Test Design.

Agradecimientos: Trabajo financiado por el C.I.D.E., M.º de Educación y Ciencia.

Dirección: Doctor Gerardo Prieto. Departamento de Psicología Básica. Facultad de Psicología. Avenida de la Merced, 109-131. 37005 Salamanca.

© 1992 by Aprendizaje, ISSN: 0214-3550

1. LA APTITUD ESPACIAL

La aptitud espacial sigue siendo una de las habilidades que mayor atención capta entre los investigadores, ello tal vez debido a que, junto con la verbal, son las dos dimensiones que mayor varianza explican en las baterías multifactoriales de la inteligencia (Lohman, 1988). De otro lado, su capacidad para predecir el rendimiento en actividades específicas de tipo técnico (ingeniería, diseño mecánico, pilotaje de aviones, etc.) y artístico (arquitectura, diseño gráfico y visual, etc.) hacen de esta aptitud centro de interés de buena parte de los estudiosos de la inteligencia (Smith, 1964; Yela, 1967; Egan, 1978, 1981, Carro, 1985; Pellegrino, Mumaw y Shute, 1985; Hult y Brous, 1986; Battista, 1990).

Desde su aislamiento como dimensión específica por Kelley (1928) y posteriormente por El Koussy (1935), diferentes estudios aplicando las teorías correlacionales han indagado sobre los componentes y estructura de esta dimensión (Thurstones, 1938a, 1938b, 1944, 1951; Guilford, 1967; Guilford y Lacey, 1947: Yela, 1967; Yen, 1975; Poltrok y Brown, 1984) dando lugar a un amplio número de tests psicométricos que la evalúan (Eliot y Smith, 1983) y también a un cierto confusionismo terminológico que ha tratado de ser resuelto por diversos autores (French, Ekstrom y Price, 1963; Pawlik, 1966; Royce, 1973; Ekstrom, French y Harman, 1979; Lohman, 1979, 1988; Guttman, Epstein, Amir y Guttman, 1990).

Con la década de los setenta, se produjo un cambio sustancial en el estudio de esta aptitud en especial, y de todas en general, con la irrupción de la metodología experimental en el estudio de las aptitudes sustentada por la Psicología Cognitiva y operativizada, más específicamente, por el Procesamiento de la Información (P.I.). Esta perspectiva ha permitido, fundamentalmente, describir no tanto la existencia de diferencias individuales en la aptitud espacial, cuanto *por qué* se producen estas diferencias gracias a la explicación de cuáles son los procesos subyacentes a las ejecuciones y cómo se organizan entre sí para resolver una tarea específica.

El trabajo inaugural es el ya clásico de Shepard y Metzler en el que se apreció la existencia de una relación lineal entre la disparidad angular (DA) o diferencia de orientación entre dos estímulos y el tiempo de reacción (TR) empleado en contestar si las figuras presentadas eran iguales o distintas entre sí (Shepard y Metzler, 1971). A este hallazgo inicial le siguieron una profusión de trabajos corroborando este resultado, proponiendo modelos explicativos de los procesos mentales involucrados tanto en este tipo de tareas como en otras de naturaleza espacial (Shepard y Feng, 1972; Cooper y Shepard, 1973; Pellegrino, Mumaw, Kail y Carter, 1979; Cooper, 1982; Prieto, Carro, González-Tablas, Fernández y Orgaz, 1991; Fernández, Carro, Prieto, González-Tablas y Orgaz, 1992).

Así, actualmente, nos encontramos con una aptitud estudiada tanto desde el punto de vista cognitivo como psicométrico que, siguiendo a Lohman (1988) está compuesto por diez subdimensiones: visualización general (Gv o Vz), orientación espacial (So), rotación rápida o relaciones espaciales (SR), búsqueda espacial (Ss), integración serial (SI), rapidez perceptiva (Ps), memoria visual (Vm) y cinestésico (K), siendo las tres primeras las que de forma más habitual se han detectado en diferentes análisis (Lohman, 1979), aunque sigue siendo poco nítida la diferenciación entre Vz y So (Barrat, 1953; Borich y Bauman, 1972).

De modo general, el factor espacial se caracteriza por requerir unas transformaciones de los estímulos. Estas transformaciones son, a juicio de Lohman

(1988), de dos tipos: de *síntesis* y de *movimiento*. La primera se aplica en quellas tareas que requieren combinar partes separadas de las figuras, tratando de reorganizarlas para obtener una nueva figura que tiene unas propiedades distintas a las iniciales. La segunda, el movimiento mental, incluye transformaciones tales como la rotación o el doblado de los estímulos.

En este trabajo presentamos una prueba evaluadora de la rotación rápida (SR) o relaciones espaciales simples (Lohman, 1979, 1988) donde se estudia pormenorizadamente el proceso de transformación de movimiento característico de esta dimensión, a través de los postulados del procesamiento de la información con el objeto de profundizar en el conocimiento de los mecanismos mentales requeridos para resolver tareas especiales que requieran la rotación mental de figuras, así como la obtención de un instrumento psicométrico que, diseñado desde el P.I., satisfaga los requisitos de fiabilidad y validez que permita evaluar esta aptitud.

2. METODO

2.1. Muestra

Se han empleado dos muestras en el estudio:

Muestra a: formada por 134 alumnos de tercer curso de la Facultad de Psicología de la Universidad de Salamanca según se muestra en la tabla 1. En esta muestra se pusieron a prueba los modelos de procesamiento del test así como los estudios de fiabilidad y validez.

TABLA 1

	Edad		
	Media	D.T.	n
Varones	23.07	2.95	67
Mujeres	22.70	2.04	67

Composición de la muestra

Composition of sample

Muestra b: Para la tipificación de la prueba se ha empleado un total de 651 sujetos pertenecientes a estudios universitarios de primer ciclo. La muestra estaba compuesta por 383 varones y 268 mujeres que incluían los 134 sujetos de la muestra a (muestra piloto).

2.2. Características generales de la prueba

La prueba Relaciones Espaciales Simples (Re.1) es un test de administración por ordenador que ha sido construido con el objeto de registrar de forma estandarizada la precisión de las respuestas de los sujetos en los diferentes ítems así como el tiempo empleado en tal ejecución. Con ello, es posible cuantificar los tiempos empleados por los examinandos en los diferentes procesos cognitivos

involucrados en la resolución de tareas espaciales en las que se requiere girar mentalmente figuras que rotan en un espacio bidimensional. Por consiguiente, las medidas que ofrece esta prueba son tanto las clásicas del nivel de aptitud en función de los aciertos en la tarea como una evaluación de los procesos cognitivos empleados para la correcta resolución de la misma.

La prueba consta de las siguientes partes: Instrucciones, recogida de datos de identificación del sujeto, ejemplos de la tarea, ítems y procedimiento automático de corrección y puntuación.

Las instrucciones están diseñadas para comunicar al sujeto la tarea que le será presentada en los ítems a la vez que le permite adaptarse a las condiciones del ordenador (lectura de pantallas, procedimiento de respuesta, etc.). Estas instrucciones pueden ser representadas tantas veces como el sujeto desee antes de que comience la prueba propiamente dicha; en ellas se comunica al sujeto que se le van a presentar dos figuras simultáneamente (en la misma o distinta posición en el plano) y que éstas pueden ser *iguales* o *diferentes* (ver figura 1), su tarea consiste en elegir una de las dos opciones.

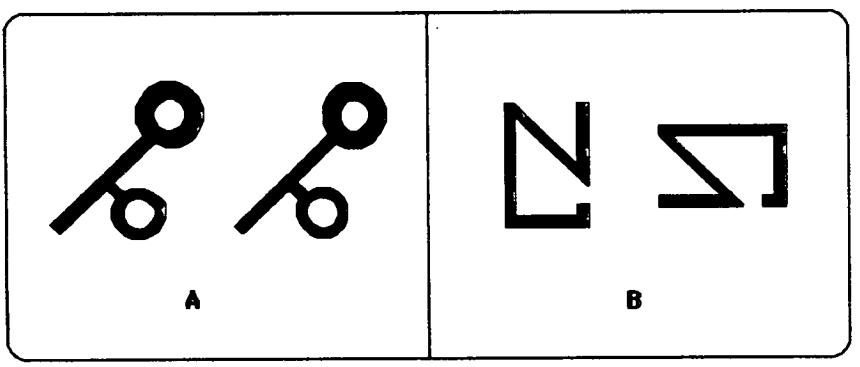


FIGURA 1

Figuras iguales (A) y figuras diferentes (B)

Similar figures (A) and different figures (B)

Una vez que el sujeto ha comprendido las instrucciones, se le presentan una serie de ejemplos similares a los ítems que tendrá que resolver posteriormente. En cada uno de ellos se le comunica al sujeto acerca de la corrección o incorrección de su respuesta a la tarea así como si se ha demorado excesivamente en la misma. Igual que en el caso de las instrucciones, el sujeto puede repetir cuantas veces desee estos ejemplos. Seguidamente, aparecen en pantalla sucesiva y aleatorizadamente los ítems que componen la prueba (un total de 70 como se describirá más abajo) siempre separados por una misma pantalla entre ítems (ver figura 2). El objetivo de la pantalla de preparación es estandarizar la posición del cursor de respuesta. Cada sujeto emite su respuesta pulsando un click en el botón correspondiente. Una descripción más detallada puede consultarse en Prieto (1990).

Finalmente, los resultados del sujeto se almacenan en el fichero de resultados. Se registran tanto la precisión de la respuesta (1 o 0) como la velocidad de ejecución en ticks (unidad equivalente a 1/60 de segundo) tanto en el conjunto de la prueba como en cada uno de sus ítems.

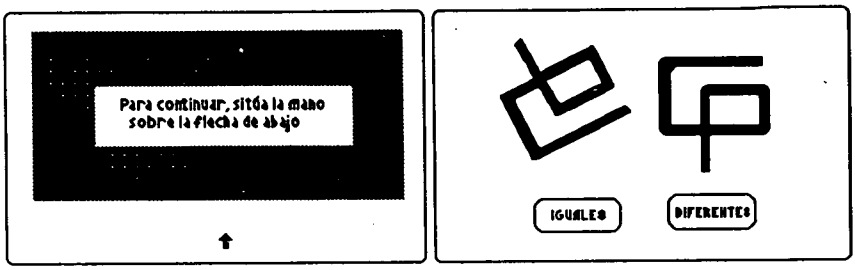


FIGURA 2

Ejemplo de ítem del test Re.1 y de la pantalla previa a cada ítem
Example of one item and previous screen to each item of Re.1 test

2.3. Diseño de los ítems

Los ítems que componen el test Re.1 han sido diseñados a partir de las conclusiones obtenidas en diversos estudios enmarcados dentro del paradigma del Procesamiento de la Información (P.I.), más en concreto a partir de los trabajos de Cooper y Shepard (1973) y Carter, Pazak y Kail (1981).

Básicamente, estos trabajos han delimitado las características físicas que han de tener estos ítems: figuras bidimensionales que rotan en un espacio bidimensional como, por ejemplo, las figuras del test PMA-E (Thurstone y Thurstone, 1949). Puesto que a los sujetos se les presentan dos figuras simultáneamente, éstas pueden encontrarse en la misma posición, con lo que no hay disparidad Angular (DA) entre ellas, o bien en posiciones distintas o DA diferente de cero. En esta prueba se han escogido concretamente las DA que difieren en intervalos de treinta grados a partir de una DA nula o de cero grados hasta una de 180 grados, esto es, un total de siete DA. Para cada una de estas DA se han diseñado cinco figuras de distintas características físicas (denominadas a, e, i, o y u) que, a su vez, también han sido construidas como iguales y diferentes (imágenes en espejo). Por tanto, la prueba se compone de 7 (DA) x 5 (tipos de figuras) x 2 (Igual/diferente) = 70 ítems.

Los ítems con DA igual a cero sirven en la prueba para establecer la línea base correspondiente a los procesos de *codificación, comparación* y *emisión de respuesta* definidos por Cooper y Shepard (1973), Just y Carpenter (1976), Carpenter y Just (1978), mientras que los ítems con DA diferente de cero arrojan información referente al proceso de *rotación* de acuerdo con el modelo de análisis sustractivo de Donders (1868).

2.4. Instrumentos

El test así diseñado se ha construido en el lenguaje Hypertalk (Harvey, 1988), característico del programa Hypercard (Goodman, 1987), e implementado en un ordenador Macintosh SE conectado a una red Appletalk. Cada sujeto emite sus respuestas mediante el manejo de un ratón o «mouse» en cuyo uso fue adiestrado previamente mediante una aplicación computarizada denominada *Entrenamiento con el Ratón* diseñada específicamente para este trabajo.

Además de la prueba computarizada que se ha descrito, se administraron tres tests clásicos de papel y lápiz evaluadores de dimensiones específicas de la aptitud espacial. Estos tests fueron seleccionados de acuerdo con dos princi-

pios: a) Su representatividad como tareas propias del constructo que evalúa, siguiendo el requisito primero del plan de investigación de los componentes cognitivos propuesto por Pellegrino y Kail (1982), y b) su nítida validez fatorial como requieren los estudios psicométricos de validez convergente/discriminante.

En base a estos dos principios, las pruebas seleccionadas fueron el test PMA-E (Thurstone y Thurstone, 1949), una prueba evaluadora de las relaciones espaciales simples donde el componente de rotación es el definitorio de la tarea; el test SR de la batería de Aptitudes Diferenciales de Bennet, Seashore y Wewsman (1947), instrumento clásico de la evaluación de la visualización espacial (Juhel, 1991), y el test B-F (Elliot, J., y Donnelly, J., 1978) prototípica de la Orientación Espacial.

Así mismo se aplicó una adaptación del test DAT-CSA de Bennet, Seashore y Wewsman (1947) evaluadora de la rapidez de respuesta en una tarea simple de tipo perceptivo donde se trata de apreciar la rapidez de percepción, la retención momentánea y la precisión de respuesta. Estas cuatro pruebas se tomaron como «criterios» para el análisis de los correlatos cognitivos.

2.5. Procedimiento de aplicación

Las pruebas fueron administradas en grupos de nueve sujetos. En primer lugar se administraron las pruebas de papel y lápiz y a continuación el test computarizado. Para posibilitar la concentración, los sonidos emitidos por el ordenador eran recibidos mediante auriculares.

3. RESULTADOS

3.1. Fiabilidad y análisis de ítems

La fiabilidad del test Re.1 se ha estimado mediante el procedimiento ANOVA de Medidas repetidas de Hoyt, equivalente a la ecuación «alpha» de Cronbach (Crocker y Algina, 1986).

Se han calculado dichos coeficientes tanto para varones como para mujeres dado que se encontraron diferencias significativas entre ambos sexos en la prueba. No obstante, también se calcularon otros coeficientes para los ítems iguales y diferentes como se muestra en la tabla 2.

TABLA 2

Total del test (varones)	,8148
Total del test (mujeres)	,9011
Items iguales (varones y mujeres)	,7789
Items diferentes (varones y mujeres)	,8350

Coeficientes de fiabilidad del test Re.1

Reliability coefficients of test Re.1

De acuerdo con los datos expuestos en la tabla 2 y teniendo en cuenta que ambas submuestras de varones y mujeres son bastante homogéneas (desviacio-

nes típicas de 5.17 y 8.74, respectivamente) la prueba presenta un coeficiente de fiabilidad muy satisfactorio.

Calculada la dificultad de los ítems (proporción en que son acertados) para cada uno de los sexos, se pudo advertir que el test tiene un nivel de dificultad bajo, puesto que los valores obtenidos son, en el caso de los varones, de un máximo de .99 y un mínimo de .73 y en el de las mujeres de .99 y .58, respectivamente. Aun dada esta poca oscilación, es de destacar que tan sólo un 13% de los ítems en los varones obtiene valores inferiores a .85 y en el caso de las mujeres es del 35%.

3.2. Validez

El test Re.1 ha sido analizado siguiendo las pautas propias del análisis cognitivo propuesto por la Teoría del Procesamiento de la Información (P.I.), más en concreto de acuerdo con los procedimientos propios de los Componentes Cognitivos y de los Correlatos cognitivos propuestos por Pellegrino y Glaser (1979, 1980).

3.2.1. Componentes Cognitivos

Desde este enfoque se analizó el ajuste de los ítems de la prueba al modelo propuesto por Shepard y Metzler (1971) y Cooper y Shepard (1973) y que ya han sido puestos a prueba por nosotros mismos en otros trabajos (Carro, 1985; Prieto, Carro, González-Tablas, Pulido y Orgaz, 1991). Los postulados de este modelo plantean que el proceso cognitivo que produce las diferencias individuales es la *rotación mental de estímulos,* cuando la respuesta «igual» es la correcta. Este proceso de rotación se encuentra incluido dentro de un modelo lineal que consta de los siguientes procesos: codificación, rotación, comparación y respuesta.

De acuerdo con este modelo, los TR a los ítems cuya respuesta correcta es «iguales» se incrementan en función de la DA de los mismos y la relación entre ambos sería lineal. Este supuesto se cumple en nuestro caso para los varones (ver tabla 3) en la ecuación de regresión del TR sobre la DA, mientras que en el caso de las mujeres no llega a ser significativa.

TABLA 3

Sexo		*gl*	R^2	*p*
Varones	TR' = 3.03 + 0.011DA	1/61	,13	,0041
Mujeres	TR' = 5.64 + 0.016DA	1/61	,06	,0561

(Todos los valores están expresados en segundos)

Relación entre los tiempos de reacción y la disparidad angular

Relation between reaction times and angular disparities

De acuerdo con el modelo propuesto por Cooper y Shepard (1973), la ordenada en el origen de la recta de regresión corresponde a los procesos de codifi-

cación, comparación y respuesta, mientras que la pendiente se corresponde al proceso de rotación.

Para verificar la relación de la DA tanto con los TR como con los aciertos (A) en los ítems iguales de la prueba y la significación de los componentes de la educación de regresión se estudiaron separadamente estos aspectos:

a) Relación entre TR y DA

Se tomaron los tiempos de reacción medios (TRm) a los ítems acertados con una misma DA para los grupos de varones y mujeres (ver tabla 4 y figura 3), encontrándose una relación significativa entre ambas variables ($r = .3570$, $p < .01$).

TABLA 4

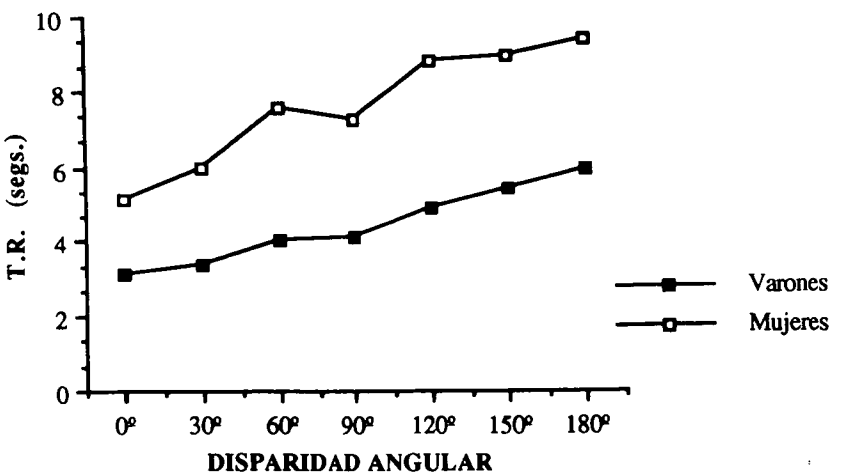
Item (I)	*Varones*		*Mujeres*				
	Media	*Desv. Típ.*	*Media*	*Desv. Típ.*	*t*	*gl*	*Signif.*[1]
TRm0	3.09	1.74	5.13	2.42	—5.57	130	.001
TRm30	3.38	1.92	6.00	3.06	—5.93	130	.001
TRm60	4.05	1.98	7.50	4.52	—5.71	130	.001
TRm90	4.08	1.89	7.20	3.78	—6.06	130	.001
TRm120	4.88	2.00	8.77	4.74	—6.18	130	.001
TRm150	5.39	2.38	8.87	4.40	—5.70	130	.001
TRm80	5.93	2.48	9.37	4.60	—5.39	130	.001

[1]Contraste bilateral

Tiempos de reacción medios en las diferentes disparidades angulares y significación de diferencias entre sexos

Mean reaction times and significant sex differences for each angular disparity

FIGURA 3



Relación entre Tiempo de Reacción y Disparidad Angular
Relation between reaction time and angular disparity

Como se puede apreciar en la tabla 4 y en la figura 3, los TR aumentan en función del incremento en la DA de los ítems. Al constrastar las diferencias de TR entre las distintas DA (ver tabla 5), en varones y mujeres, se ha podido apreciar que, en casi todos los casos, no son significativas entre DA contiguas pero sí entre aquellas que difieren en más de 30°. Ello cabría ser interpretado como que el incremento significativo en los TR se produce cuando el giro requerido para poner en correspondencia dos figuras para comprobar si son iguales o distintas es superior a los 30°.

TABLA 5

VARONES	TRmi30	TRmi60	TRmi90	TRmi120	TRmi150	TRmi180
TRmi0	n.s.	*	*	*	*	*
TRmi30		n.s.	n.s.	*	*	*
TRmi60			n.s.	*	*	*
TRmi90				n.s.	*	*
TRmi120					n.s.	*
TRmi150						n.s.
MUJERES	TRmi30	TRmi60	TRmi90	TRmi120	TRmi150	TRmi180
TRmi0	n.s.	*	*	*	*	*
TRmi30		n.s.	n.s.	*	*	*
TRmi60			n.s.	n.s.	*	*
TRmi90				*	*	*
TRmi120					n.s.	n.s.
TRmi150						n.s.

(Todos los contrastes señalados con * son significativos a $p<.05$)

Contraste entre los TRm en las diferentes DA. (Prueba de Scheffe.)

Sheffe F-test among mean reaction times for each angular disparity

b) Relación entre A y DA

Contrariamente a lo que ocurría con el TR y la DA y, como era previsible, la relación existente entre los A y la DA es inversa ($r = -.3570$, $p<.01$), es decir, a medida que aumenta la DA de estímulos que componen los ítems, se produce un decremento de la tasa de aciertos en los mismos (ver tabla 6 y figura 4).

TABLA 6

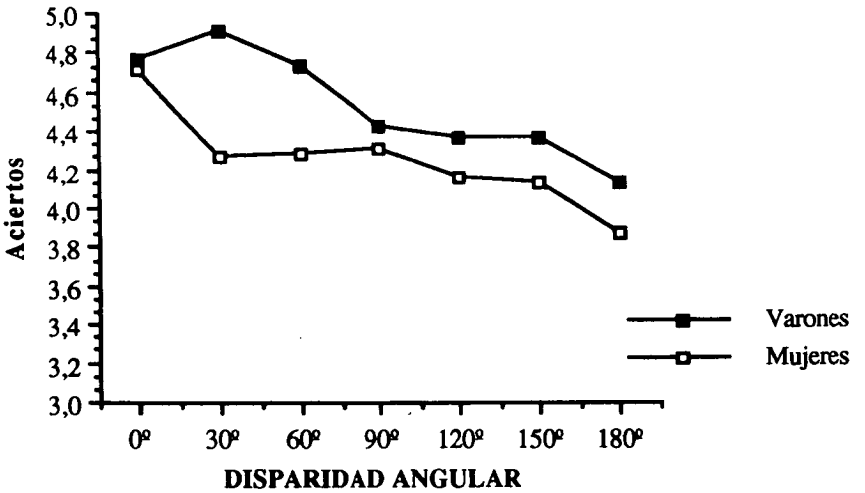
DA	*Varones*		*Mujeres*				
	Media	*Desv. Típ.*	*Media*	*Desv. Típ.*	*t*	*gl*	*Signif.*[1]
0	4.76	.76	4.72	.79	.33	132	n.s.
30	4.91	.42	4.27	1.26	3.95	132	.001
60	4.73	.54	4.28	1.14	2.95	132	.05
90	4.43	.70	4.31	1.00	.80	132	n.s.
120	4.36	.75	4.15	.94	1.46	132	n.s.
150	4.37	.95	4.13	.99	1.38	132	n.s.
180	4.13	1.11	3.87	1.03	1.45	132	n.s.

[1]Contraste bilateral

Aciertos en las diferentes disparidades angulares

Number of right answerts for each angular disparity

FIGURA 4



Relación entre aciertos y las diferentes disparidades angulares
Relation between correct replies and angular disparity

Este resultado es evidente teniendo en cuenta que la DA incide tanto en el TR como en la precisión, cuando incrementa la DA se incrementa el TR y la tasa de error. No obstante, al contrastar las diferencias en las tasas de aciertos entre las distintas DA son mayoritariamente no significativas y para serlo requiere que, al menos, las diferencias en DA sean de 60°.

Igualmente, se ha podido constatar que las diferencias en tasa de aciertos en las distintas DA para varones y mujeres es significativamente mayor para los varones solamente en los casos de 30 y 60 grados (recuérdese que en los TR todas las diferencias eran significativas, indicando un tiempo mayor en las mujeres). No obstante, para el conjunto total de ítems de respuesta correcta «iguales» esta diferencia (véase la tabla 7) es significativa revelando un mayor número de aciertos de los varones con respecto a las mujeres. El mismo resultado aparece para los ítems «diferentes» y para el conjunto total de ítems de la prueba (tabla 7).

Estos resultados caben ser interpretados como que las mujeres tienden a emplear mayor tiempo que los varones en los procesos de codificación, comparación y respuesta (TR más altos para DA de cero grados), así como para el proceso de rotación (TR en las demás DA) y que la precisión en sus respuestas es menor que la de los varones independientemente de que las respuestas correctas sean «igual» o «diferente», lo que se traduce en un nivel aptitucional menor.

c) Significación de los componentes de la ecuación de regresión

Como se ha indicado anteriormente, la ordenada en el origen de la ecuación de regresión se interpreta como el tiempo empleado en la ejecución de los procesos de codificación, comparación y respuesta, mientras que la pendiente ha de ser interpretada como el tiempo empleado en la rotación (Cooper y Shepard, 1973). De acuerdo con el modelo sustractivo de Donders (1868) si tenemos dos

TABLA 7

	Varones		*Mujeres*				
	Media	*Desv. Típ.*	*Media*	*Desv. Típ.*	*t*	*gl*	*Signif.*[1]
A (Iguales)	31.70	2.84	29.73	4.65	2.96	132	.004
A (Diferentes)	32.09	3.10	29.10	5.20	4.04	132	.001
A (Total)	63.79	5.17	58.84	8.74	4.00	132	.001

[1]Contraste bilateral

Diferencias entre sexos en número de aciertos

Differences of success for male and female

tareas que difieren tan sólo en un elemento de los que la componen, el TR requerido en la ejecución de éste será igual a la diferencia entre el empleado en la tarea que incluye todos los elementos y el TR empleado en la otra tarea que carece de ese componente.

Aplicando este método a nuestro caso, se procedió a sustraer de los diferentes grupos de ítems con una DA diferente de cero los TR empleados en la DA igual a cero grados o línea base. Para cada una de estas sustracciones se dividía el valor por la DA correspondiente, teniéndose así una media promedio del TR empleado por grado de DA en cada caso (ver tabla 8) o estimación del proceso de rotación para las diferentes DA.

TABLA 8

	Varones		*Mujeres*	
Rotación para...	*TRm*	*Desv. Típ.*	*TRm*	*Desv. Típ.*
180 grados	.0160	.0138	.0227	.0189
150 grados	.0156	.0153	.0245	.0234
120 grados	.0151	.0176	.0297	.0335
90 grados	.0112	.0152	.0221	.0342
60 grados	.0163	.0261	.0346	.0579
30 grados	.0098	.0098	.0299	.0849

Tiempos de reacción por grado de disparidad angular

Reaction times for each degree of angular disparity

Al contrastar las diferencias entre los distintos valores obtenidos, tanto en el grupo de varones como en el de mujeres, no se han encontrado diferencias significativas al 95% entre los diferentes valores de la tabla 8.

Dada la inexistencia de diferencias significativas entre los diferentes TR obtenidos para cada grado de rotación (esto es, siendo similares los tiempos de rotación), y empleando el correspondiente a los 180 grados, podemos deducir que los TR empleados para los procesos en los que la respuesta correcta es «iguales» son los indicados en la tabla 9.

Como puede apreciarse en la tabla 9, los tiempos promedios empleados por las mujeres en los procesos de codificación, comparación y respuesta son significativamente más altos que los de los varones, implicando una mayor lentitud en los procesos que involucran la apreciación de las características físicas de los estímulos, la disposición entre sus partes, etc., así como la comparación entre

TABLA 9

Procesos	*Varones*	*Mujeres*	*t*	*gl*	*p*
CODIFICACION, COMPARACION Y RESPUESTA	3,086	5,133	—5,57	130	,001
ROTACION (por grado de DA)	,016	,024	—2,53	130	,013

(Todos los valores están expresados en segundos)

Tiempos medios por procesos y sexos

Mean reaction times for male and female in the different processes

la figura modelo y la figura mental rotada y, finalmente, la emisión de la respuesta. Igualmente, aplicando la metodología sustractiva de Donders, vuelve a evidenciarse (como se indicó en el apartado anterior), que las mujeres precisan de un tiempo significativamente mayor que los varones para ejecutar el proceso de rotación mental: 24 milisegundos por término medio por grado de DA frente a los 16 milisegundos de los varones.

De otro lado, comparando estos resultados con los obtenidos en la tabla 3, cabe señalar la práctica coincidencia entre ambos resultados. Si en ésta el tiempo atribuido a los procesos de codificación, comparación y respuesta —ordenadas en el origen de las ecuaciones— por medio de la aplicación de la regresión múltiple a los varones y a las mujeres es de 3,03 y 5,64, respectivamente, en los resultados de la tabla 10 obtenidos por medio del método sustractivo, desde rotaciones de 180 grados, es de 3,086 y 5,133, también respectivamente, son prácticamente idénticos (téngase en cuenta que se tomó aleatoriamente la de 180 al no existir diferencias significativas en ninguna DA). Lo mismo podemos decir del proceso de rotación donde la diferencia entre las pendientes (obtenidas a partir de todas las DA) y los valores obtenidos en la tabla 10 varían tan sólo en 5 milisegundos para los varones y 8 milisegundos para las mujeres. Por tanto, ambas metodologías son prácticamente coincidentes en los resultados en cuanto a la medición de los tiempos empleados en la ejecución de los procesos analizados y corroboran el modelo propuesto por Cooper y Shepard (1973), así como los resultados obtenidos por Pellegrino, Mumaw, Kail y Carter (1979) y Carter, Pazak y Kail (1981), Carro (1985), entre otros.

3.2.2. Correlatos Cognitivos

Un segundo procedimiento que se ha empleado para validar la prueba Re.1 y que es común al concepto de validez convergente/discriminante de la teoría clásica de los tests es la de los Correlatos Cognitivos. De acuerdo con este presupuesto, la prueba ha de covariar altamente con aquellas otras pruebas que requieran los mismos o similares procesos (convergencia), mientras que no manifestará una significativa correlación con aquéllas en los que no intervienen éstos (discriminación).

Previamente a este estudio, se ha comprobado si existían diferencias entre las puntuaciones obtenidas por varones y mujeres en los tests empleados como criterios. Los resultados de tales contrastes son los que se indican en la tabla 10.

Calculados los coeficientes de correlación entre los aciertos en la prueba Re.1, los tests criterios y los tiempos en los procesos en cada sexo, los resultados de los valores y las mujeres son prácticamente coincidentes manteniéndose las ten-

TABLA 10

	Varones		*Mujeres*				
	Media	*Desv. Típ.*	*Media*	*Desv. Típ.*	*t*	*gl*	*Signif.*[1]
DAT.CSA	25,54	6,80	24,10	6,66	1,23	132	n.s.
PMA-E	28,34	9,98	17,60	11,02	5,92	132	.001
B-F	13,67	4,84	7,67	4,23	7,63	132	.001
DAT.SR	17,18	5,69	10,90	4,62	7,02	132	.001

[1]Contraste bilateral

Diferencias entre sexos en tests criterios.
Difference between males and females in criteria-tests

dencias de las correlaciones en todos los casos. Por ello, presentamos los resultados obtenidos para el conjunto total de la muestra (ver tabla 11).

TABLA 11

	Ai	Ad	A	DAT.CSA	PMA-E	B-F	DAT.SR	T.CCR	T.Rot.
Ai	1,0000								
Ad	,5910**	1,0000							
A	,8766**	,9065**	1,0000						
DAT.CSA	,1540	,2010*	,2007*	1,0000					
PMA-E	,4250**	,5030**	,5226**	,1260	1,0000				
B-F	,3490**	,3490**	,3911**	,1720*	,5550*	1,0000			
DAT.SR	,3640**	,4230**	,4427	,2270**	,5920**	,5830**	1,0000		
T.CCR	−,3560**	−,3650	−,4040**	−,0270	−,4140**	−,4110**	−,4130**	1,0000	
T. Rotación	−,1410	−,1730*	−,1781*	−,0801	−,4150**	−,3110**	−,2790**	,0360	1,0000

(** p<,01;* p<,05)

Correlación entre aciertos, tests criterios y tiempos en procesos
Correlation matrix for values in criteria-tests and successes and mean reaction times of process in Re.1

Como puede apreciarse en la tabla 11, tanto la suma total de aciertos (A) como las sumas respectivas para ítems iguales (Ai) y diferentes (Ad) muestran una alta correlación con la prueba PMA-E que, como se indicó en el apartado correspondiente a instrumentos, evalúa la aptitud de Relaciones Espaciales, también, como es lógico, correlaciona con las otras dos pruebas incluidas de Aptitud Espacial como el B-F (orientación espacial) y DAT.SR (visualización) aunque en menor cuantía dado que son subhabilidades dentro del factor general Espacial. De otro lado, la correlación con la prueba DAT.CSA es sensiblemente más baja dado que ambas tienen poco en común.

En cuanto a los tiempos empleados en los procesos, es de resaltar que el tiempo para la codificación, comparación y respuesta (T.CCR) correlaciona altamente con todas las pruebas a excepción del DAT.CSA. Resultado lógico ya que es la única en la que no se requiere del examinando el reconocimiento exhaustivo de las características físicas de los estímulos ni una comparación mental de los mismos una vez transformados. El signo negativo revela que a mayor tiempo empleado en la ejecución de esos procesos, se asocia un menor rendi-

miento en las pruebas. Igualmente, el tiempo en la rotación covaría con los aciertos en los distintos tests criterios, evidenciando que el proceso de rotación está presente en las pruebas evaluadoras de la aptitud espacial en general y no exclusivamente en las de Relaciones Espaciales Simples, e indicando, además, que los tiempos bajos de ejecución se asocian a los valores más altos de rendimiento. Como sucediera con el T.CCR y el test DAT.CSA, el proceso de rotación no se relaciona con las puntuaciones en esta prueba, dado que en ella no se requieren giros en los estímulos. De otro lado, la prácticamente nula relación entre los tiempos empleados en los procesos (T.CCR y T. Rotación) es interpretada como que éstos son independientes entre sí, lo que es congruente con el modelo lineal propuesto para esta tarea.

Por último, si empleamos los tiempos requeridos en los procesos (codificación, comparación y respuesta, de un lado, y, de otro, la rotación) en el test Re.1 como pronosticadores de la ejecución en el PMA-E, advertimos que explican un 33,2% de la varianza de este test (ver tabla 12). Si a esto incluimos la precisión en el test Re.1, se produce un incremento aproximado de un 10% lo que nos sitúa en un 43% de varianza explicada (ver tabla 12). Ello es una evidencia más de que los procesos propuestos en el modelo y las tasas de precisión son las características definitorias tanto del test Re.1 como de la aptitud de relaciones espaciales.

TABLA 12

		p	R^2
PMA-E' =	36,51 — 2,01T.CCR — 260,96T.Rot.	<,001	,332
PMA-E' =	—1,37 — 1,31T.CCR — 223,98T.Rot. + 0,557A	<,001	,430

(Los valores están indicados en segundos)

Predicción de puntuaciones en el test PMA-E

Predicted values in PMA-E test

Por tanto, el test Re.1 satisface tanto la validez de constructo que debe cumplir toda prueba evaluadora de las relaciones espaciales o de rotación rápida (Lohman, 1979, 1988) puesto que verifica los modelos definitorios de esta dimensión (componentes cognitivos) como, también, la validez convergente/discriminante (correlatos cognitivos) puesto que, covariando en general con las pruebas espaciales, lo hace en mayor medida con las de relaciones espaciales simples que con aquellas propias de la visualización o de la orientación espacial, y de forma prácticamente nula con constructos alejados de éstos (como, por ejemplo, la prueba del DAT-CSA).

4. TIPIFICACION

La tipificación del test Re.1 se ha realizado sobre una muestra total de 651 sujetos (383 varones y 268 mujeres). Dadas las diferencias significativas entre ambos sexos en las puntuaciones en precisión en la misma, se ha procedido a elaborar unos baremos distintos para ambos grupos.

La puntuación final en el test se ha obtenido restando al número de aciertos (máximo 70 puntos) el número de errores (dado que sólo existen dos posibles alternativas de respuesta en cada ítem) siendo, por tanto, la fórmula de corrección: PD = A—E.

A la espera de obtener nuevas muestras que cubran más sectores de la población, ofrecemos en la tabla 13 una escala de centiles con los valores descriptivos correspondientes a cada grupo de estos sujetos de nivel universitario.

TABLA 13

Centil	*Varones*	*Mujeres*
95	69	68
90	68	66
75	66	63
50	62	57
25	58	47
10	49	33
5	45	26
Media	60,16	53,29
Desv. Típ.	8,76	14,05
n	383	268

Baremos del test Re.1
Norms of Re.1 test

5. CONCLUSIONES

Como fue expuesto al comienzo de este artículo, la aptitud espacial es y ha sido una de la aptitudes intelectuales más estudiadas y, aunque actualmente existan aún ciertas discrepancias en cuanto a su estructura, lo que no es menos cierto es que la psicología cognitiva ha conseguido introducir luz sobre los procesos mentales requeridos para la ejecución de tareas de esta naturaleza. Los resultados de tales investigaciones han sido retomados desde la psicometría de tal forma que actualmente, y el test que aquí hemos presentado es una aportación adicional a ello, pueden evaluarse los niveles de aptitud en base a esos procesos definitorios, y ello conduce a que, gracias a esta conjunción, las medidas sobre la aptitud espacial son más nítidas en cuanto a lo que realmente evalúan y, por tanto, poseen una mejor validez de constructo.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el test Re.1 es, a nuestro juicio, un instrumento adecuado para la evaluación de la aptitud de relaciones espaciales simples. Desde una perspectiva psicométrica, la prueba satisface notablemente los requisitos de fiabilidad y validez y, desde una perspectia cognitiva, la prueba se ajusta a los modelos de procesamiento de la información que explican la ejecución de este tipo de tareas. Nuestros resultados corroboran la relación lineal entre DA y TR y entre la tasa de aciertos y la DA, además de indicar que la rotación mental produce cambios significativos tanto en los tiempos empleados para su ejecución como en la precisión de los mismos cuando difieren entre sí 60 grados. Por ello, en el diseño de estos tests es aconsejable la inclusión de intervalos de DA de esta cuantía.

Igualmente, también podemos concluir que existen diferencias entre sexos tanto en la precisión en la ejecución de esta tarea de Relaciones Espaciales Simples, como en la ejecución de los procesos específicos involucrados en la misma. Los resultados evidencian un menor nivel de aptitud espacial en las mujeres con respecto a los varones asociado, este menor nivel, a una mayor lentitud en la aplicación de los procesos de codificación, rotación, comparación y respuesta. Este resultado permite concluir que se mantienen las diferencias observadas intersexos en esta aptitud en numerosos estudios (véase a este respecto el texto de Eliot, 1987), lo que contribuye a subrayar la validez de este tipo de instrumentos como lo atestiguan Eliot y Smith (1983).

De otro lado, cabe señalar que la aplicación de la prueba en soporte informático permite la obtención de medidas tanto de nivel de aptitud, propias de los clásicos tests de papel y lápiz, como de rapidez y precisión en la ejecución de los procesos cognitivos involucrados en la resolución de la misma.

Finalmente, se ha de indicar que este tipo de instrumento siendo como es el test Re.1 una aportación inicial, son susceptibles de mejoras ulteriores con la incorporación de nuevos enfoques psicométricos (modelos IRT, tests adaptados al sujeto...) y de nuevos conocimientos sobre los procesos implicados en la ejecución de tareas espaciales.

EXTENDED SUMMARY

The Re.1 is a computerized test which pursues teh evaluation of Simple Spatial Relations, a specific dimension within the frame of Spatial Aptitude. The test has been constructed in Hypertalk language with a Hypercard Programme and applied by means of Macintosh through an Appletalk net. The design, construction and analysis of the test has been carried out having in mind two classic perspectives of the psychological methodology: on the one hand, the cognitivist (experimental) and, on the other, the differentialist (psychometric).

According to the firts one, we have designed and tested those theoretical model proposed by the theory of Information Processing and more specifically, by those models brought forward by Shepard and Metzler, Cooper and Shepard. These models suggest that the mental rotation of images (operationally defined by the angular disparity —AD— with which two stimuli are presented) has an impact on the correct replies rate when answering whether they are similar or different, and on the latency time needed to gire a reply.

From the perspective of the classic theory of tests, we have studied the internal consistency and the validity of the test constructed on the basis of those items generated to test the above-mentioned models.

The data obtained in this research work have been achieved from a sample of 651 subjects (383 males and 268 females) who were all university students.

The results have proved that the test complies with the proposed models since they give support to the lineal relation between AD and response time (RT), and between the correct replies rate and the AD. Furthermore, they indicate that the mental rotations brings about significant changes in both the time consumed when they differ 60 degrees.

From that point of view, we can also conclude that there is a difference between sexes both in the precision of the execution of the Simple Spatial Relation Task and in the execution of the specific processes involved, concerning

the Spatial Aptitude. The results show a lower level in females than in males; we think, this lower level is associated to a higher slowness in the application of processes, such as codification, rotation, comparison and reply. These results allow us to conclude that the intersex difference concerning this aptitude —which was observed in other research studies— is maintained here, and this reinforces the validity of this type of instruments.

Likewise, in a psychometric perspective, the empiric criteria of fiability and validity are satisfied. Accordingly, the test reaches fiability values in the pilot sample of 0,8148 for males and 0,9011 for females, and notable convergent and construct validity values, when using exclusively those tasks which require simple spatial rotations.

In a similar way, the Re.1 test, being a test applied in informatic support, allow us to get simultaneous measures both in aptitude level —peculiar of the classic paper and pencil tests— and in speed and precision in the execution of the cognitive processes involved in the resolution of Simple Spatial Relations Tasks.

Referencias

BARRAT, E. S. (1953). An analysis of verbal reports of solving spatial problems as an aid in defining spatial factors. *Journal of Psychology, 36*, 17-25.

BATTISTA, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Journal for Research in Mathematics Education, 21* (1), 47-60.

BENNET, G.; SEASHORE, H., and WEWSMAN, A. (1947). *Differential Aptitude Test.* Nueva York: Psychological Corporation.

BORICH, G. D., Y BAUMAN, P. M. (1972). Convergent and discriminant validation of the French and Guilford-Zimmerman spatial orientation and spatial visualization factors. *Educational and Psychological Measurement, 32.* 1.029-1.033.

CARPENTER, P. A., Y JUST, M. A. (1978). Eye fixations during mental rotation. En J. Senders, R. Monty y D. Fisher (Eds.). *Eye movements and psychological processes, II.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

CARRO, J. (1985). *Inteligencia espacial y aptitud de vuelo: estudio desde las perspectivas psicométrica y del procesamiento de la información.* Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Salamanca, Salamanca.

CARTER, P.; PAZAK, B. Y KAIL, R. (1981). *Developmental change in spatial information processing.* Manuscrito no publicado. University of Pardue, Pardue.

COOPER, L. A. (1982). Strategies for Visual Comparison and Representation: Individual differences. En R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence, vol. 1. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.*

COOPER, L. A., Y SHEPARD, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation mental images. En W. G. Chase (Ed.), Visual information processing Londres: Academic Press.

CROCKER, L., Y ALGINA, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory.* Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.

DONDERS, F. C. (1868). La vitesse des actes psychiques. Reeditado en *Acta Psychologica*, 1969, 412-431.

EGAN, D. E. (1978). *Characterizing Spatial Ability: Different Mental Processes Reflected in Accuracy and Latency Scores* (Research Report N.º 1.250). Pensacola, FL: Naval Aerospace Medical Research Laboratory.

EGAN, D. E. (1981). An analysis of spatial orientation test performance. *Intelligence, 5*, 85-100.

EKSTROM, R. B.; FRENCH, J. W. Y HARMAN, H. H. (1979). Cognitive factors: their identification and replication, *Multivariate Behavioral Research Monographs, 79-2*, 3-84.

EL KOUSSY, A. A. H. (1935). The visual perception of space. *British Journal of Psychology, Monograph Supplement, 7* (20), 1935.

ELIOT, J. (1987). *Models of psychological space,* Nueva York: Springer-Verlag.

ELIOT, J. Y DONNELLY, J. (1978) *B-F Test.* Maryland: Institute for Child Study, University of Mariland. Eliot, J. y Smith (1983). I. M., *An international directory of spatial tests. Winsor:* NFER-Nelson.

FERNÁNDEZ, R. F.; CARRO, J.; PRIETO, G.; GONZÁLEZ-TABLAS, M. M., Y ORGAZ, B. (1992). Diseño y análisis de un test computarizado de relaciones espaciales complejas (El test RE-II), *Psicológica, 13*, 43-56.

FRENCH, J. W.; EKSTROM, R. B. Y PRICE, L. A. (1963). *Kit of reference tests for cognitive factors.* Princeton, NJ: Educational Testing Service.
GOODMAN, D. (1987). *The complete HyperCard Handbook.* Toronto: Bantam Books.
GUILFORD, J. P. (1967). *The nature of human intelligence.* Nueva York: McGraw-Hill.
GUILFORD, J. P. Y LACEY, J. E. (1974). *Printed classification tests: AAF Aviation Psychology Research Program* (Report N.º 5). Washington, DC: Governement Printing Office.
GUTTMAN, R.; EPSTEIN, E. E.; AMIR, M., Y GUTTMAN, L. (1990). A structural theory of spatial abilities. *Applied Psychological Measurement, 14* (3), 217-236.
HARVEY, G. *HyperTalk Instant Reference.* San Francisco: SYBEX, 1988.
HULT, R. E., Y BROUS, C. W. (1986). Spatial visualization: Athletic skills and sex differences. *Perceptual an motor skills, 63* (1), 163-168.
JUHEL, J. (1991). Spatial abilities and individual differences in visual information processing, *Intelligence, 15,* 117-137.
JUST, M. A. Y CARPENTER, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes, *Cognitive Psychology, 8,* 441-480.
KELLEY, T. L. (1928). *Crossroads int the mind of man.* Stanford. CA: Stanford University Press.
LOHMAN, D. E. (1979). *Spatial ability: a review and reanalysis of the correlational literature (Tech. Rep. N.º 8).* Stanford, CA: Stanford University Press.
LOHMAN, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes and knowledge. En R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the pychology of human intelligence,* vol. 4. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
PAWLIK, K. (1966). Concepts in human cognition and aptitudes. En R. B. Cattell (Ed.), *Handbook of multivariates experimental psychology.* Chicago, II: Rand McNally.
PELLEGRINO, J. W., Y GLASER, R. (1979). Cognitive correlates and components in the analysis of individual differences, *Intelligence, 3,* 187-214.
PELLEGRINO, J. W. Y GLASER, R. (1980). Components of inductive reasoning. En R. E. Snow, P. A. Federico y W. E. Montague (Eds.), *Aptitude, Learning and Instruction. Cognitive Process Analysis, vol. 1.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
PELLEGRINO, J. W. Y KAIL, R. V. (1982). Process analyses o spatial aptitude. En R. J. Sternberg (Ed.) *Advances in the psychology of human intelligence, Vol. 1,* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
PELLEGRINO, J. W.; MUMAW, R. J.; KAIL, R. V., Y CARTER, P. (1979). *Differentes slopes for different floks: Analyses of spatial ability.* Paper Presented at the Psychonomic Society, Phoenix.
PELLEGRINO, J. W.; MUMAW, R. J., Y SHUTE, V. J. (1985). Analyses of spatial aptitude and expertise. En S. E. Embretson (Ed.), *Test design: Developments in psychology and psychometrics.* Orlando, FI: Academic Press.
POLTROCK, S. E., Y BROWN, P. (1984). Individual differences in visual imagery and spatial ability, *Intelligence, 8,* 93-138.
PRIETO, G. (1990). *Construcción de una batería de tests computarizados de inteligencia espacial.* Memoria final, Departamento de Psicología Básica, Psicobiología y Metodología, Salamanca.
PRIETO, G.; CARRO, J.; GONZÁLEZ-TABLAS, M.ª M.; FERNÁNDEZ, R., Y ORGAZ, B. (1991). Diseño de un test computarizado para el análisis y medición de la aptitud de relaciones espaciales, *Qurriculum, Extra 1/2,* 231-258.
ROYCE, J. R. (1973). The conceptual framework for a multi-factor theory of individuality. En J. R. Royce (Ed.). *Multivariate analysis and psyhological theory.* Londres: Academic Press.
SHEPARD, R. N., Y FENG, C. (1972). A chronometric study of mental paper folding. *Cognitive Psychology, 3,* 228-243.
SHEPARD, R. N., Y METZLER, J. (1971). Mental rotation of threedimensional objects. *Science, 171,* 701-703.
SMITH, I. M. (1964). *Spatial ability.* San Diego: Knapp.
THURSTONE, T. G. Y THURSTONE, L. L. (1949). *Mechanical aptitude II; description of group tests* (Report N.º 54). Chicago, II: The University of Chicago, Psychometric Laboratory.
THURSTONE, L. L. (1938a). Primary mental abilities. *Psychometric Monographs, 1.*
THURSTONE, L. L. (1938b). The perceptual factors. *Psychometrika, 3,* 1-12.
THURSTONE, L. L. (1944). *A factorial study of perception.* Chicago, II: University of Chicago Press.
THURSTONE, L. L. (1951). *An analysis of mechanical aptitude* (Tech. Rep. N.º 62). Chicago, II: University of Chicago Press.
YELA, M. (1967). El factor espacial en al estructura factorial de la inteligencia técnica. *Revista de Psicología General y Aplicada, 88-89,* 609-635.
YEN, W. M. (1975). Sex-linked major-gene influences on selected types of spatial performance, *Behavior Genetics, 5,* 127-135.