

Línea de investigación
CAPACIDAD ESPACIAL Y EDUCACION MATEMATICA

Modesto Arrieta
Didáctica de la Matemática

Matematikaren irakaskuntzaren helburuenetako bat hezkuntz-maila guztietan ikasleen ahalmen intelektualen garapena da. Ahalmen espazialaren trataera eskolan urria izan da, bereziki zenbakizko ahalmenak edota arrazonamenduko ahalmenak izan duten trataerarekin konparatzen badugu.

Hezkuntz-Matematikan egindako berrikusketek ahalmen espazialaren azterketaren garrantzia azpimarratzen dute nahiz eta erreferentzi-markoen ezak sakabanatu eta zailtzen duten emaitzen lorpena, behin betikoak izateko erreplikagarriak izan behar dutela jakinik.

Ondoren proposatzen den ikerketa-lerroak ahalmen espaziala alderdi hirukoitz batetik abiatu aztertu nahi du: egitura, garapena eta hobetze-proposamenak kontutan harturik, hiru arlo horietan proposaturiko ereduak bermatuko baitute diagnostiko zuzen bat ikasleen ahalmen espaziala hobetzeko.

Ezagupen arloa: 200

UNESCO-ren kodeak: 589900 - 610401

Hitz gakoak: Ahalmen espaziala, irudikapena, orientazio espaziala, geometria..

Una de las finalidades de la enseñanza de la Matemática en todos los niveles educativos es el desarrollo de las capacidades intelectuales de los alumnos. La capacidad espacial ha tenido un déficit de tratamiento en la Escuela si lo comparamos con el tratamiento dado a la capacidad numérica o a la capacidad de razonamiento.

Las revisiones hechas desde la Educación Matemática revelan la importancia de su estudio aunque la falta de marcos de referencia dispersan y dificultan enormemente la obtención de resultados que para ser concluyentes han de ser replicables.

De ahí que la línea de investigación propuesta analice el problema de la capacidad espacial desde una triple vertiente: la estructura, el desarrollo y las propuestas de mejora ya que proponiendo modelos contrastados en esas tres vertientes es la única forma de garantizar un diagnóstico correcto que posibilite pautas para mejorar la capacidad espacial de los alumnos.

Area de conocimiento: 200

Códigos de la UNESCO: 589900 - 610401

Palabras clave: Capacidad espacial, visualización, orientación espacial, geometría.

One of the purposes of the teaching of the Mathematics in all the educational levels is the development of the intellectual capacities of the pupils. The spatial ability has had a treatment deficit in the School if we compare it with the treatment given to the numerical ability or to the reasoning ability.

The reviews made from the Mathematics Education reveal the importance of their study though the lack of reference frameworks disperse and hinder enormously the results obtainment that to be conclusive have of be replied.

From there that the investigation line proposed analyze the problem of the spatial ability from three points of view: the structure, the development and the improvement proposals since proposing models contrasted is the only one form of guaranteeing a correct diagnosis that make possible standards to improve the spatial ability of the pupils.

Key words: Spatial ability, visualization, spatial orientation, geometry.

ESTADO DE LA CUESTION

No es necesario destacar la importancia de la Matemática en la sociedad actual. Como botón de muestra basta citar que el 9 de Febrero de 1999 la Comisión Mixta de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, reunida en el Congreso de los Diputados aprobó por unanimidad la Proposición no de Ley sobre el Año Mundial de las Matemáticas 2000 que la Unión Matemática Internacional proclamó en la Declaración de Río de Janeiro de 1992 y que la UNESCO decidió respaldar en su 29ª Conferencia General de 1997.

Además las matemáticas siempre han tenido un destacado lugar como disciplina escolar, debido a su papel de herramienta universal y a su potencia en la formación intelectual de los alumnos.

Todas las áreas aportan su grano de arena para el desarrollo de capacidades intelectuales como la capacidad de comprensión, de reflexión, de comunicación,... pero hay áreas, las consideradas instrumentales, que posibilitan de una forma más directa o explícita el acceso a esa mejora. Así hay otro nivel menos general de capacidades donde se le asocia a Lengua la posibilidad de un trabajo más específico en el desarrollo de la capacidad verbal o la comprensión lectora y al área de Matemáticas el desarrollo de las capacidades numéricas, espaciales o de razonamiento sin que ello presuponga la exclusividad en dicho desarrollo.

Ya en los Programas Renovados para el Ciclo Medio (MEC,1985) se decía:

“El estudio de las finalidades de la EGB nos aboca a pensar en una Matemática básica para todos, matemática del sentido común y de la vida práctica, sin olvidar el objetivo formativo que supone la organización de las estructuras mentales, la adquisición de un vocabulario básico y el desarrollo de las capacidades intelectuales, del pensamiento y de la creatividad”.

En los niveles de Educación Primaria y Secundaria Obligatoria (DEGV,1992^a,b) se le reconoce a la Matemática un doble carácter o finalidad:

Carácter formativo: Se contempla el desarrollo de distintas capacidades intelectuales: razonamiento lógico, intuición espacial, ... El trabajar adecuadamente con estas capacidades contribuye a la creación de estructuras mentales, métodos de trabajo y actitudes cuya utilidad no se enmarca solamente en el ámbito de la Matemática.

Carácter instrumental: Se contempla el desarrollo de herramientas, técnicas y destrezas básicas para ser usadas en aplicaciones y en conexión con otras áreas. Todo ello con un marcado uso del razonamiento inductivo e intuitivo.

En el nivel de Bachillerato, estas dos finalidades se completan con una tercera que es complementaria de las dos anteriores (DEGV, 1994):

Se contempla la necesidad de iniciar, sin abandonar los métodos anteriores, el uso, de forma gradual, del razonamiento deductivo, con definiciones, demostraciones y razonamientos lógicos más elaborados.

Centrándonos en el desarrollo de las capacidades, no hay duda que el desarrollo de la capacidad numérica ha sido impulsado en todos los programas de todos los niveles educativos sin distinción ya que el Bloque Temático dedicado a los números y a sus operaciones nunca ha sido puesto en entredicho.

El desarrollo de la capacidad de razonamiento lógico tampoco se ha puesto nunca en duda y ha tenido un lugar preponderante en los diferentes niveles educativos, aunque su tratamiento siempre ha tenido el problema de la falta de explicitación como contenido matemático, a pesar de haberse impulsado un mayor uso de estrategias en la Resolución de Problemas con la implantación de los últimos planes de estudio.

En cambio la capacidad espacial es la que presenta un mayor déficit de tratamiento en todos los niveles, aunque actualmente y con la revisión de los planes de estudio parece otorgársele el lugar que nunca debía haber perdido en el currículum. En los años de implantación de la EGB, años 60-70, prácticamente desapareció de los planes de estudio debido al impulso de la llamada “Matemática moderna”, a su formalismo y a la algebrización de la geometría.

Como botón de muestra basta citar el libro que Brueckner y Bond escribieron en 1955 (9^a edición española de 1981. Rialp) “Diagnóstico y tratamiento de las dificultades en el aprendizaje”, todo un clásico que trata del diagnóstico y tratamiento de las dificultades de lenguaje en su vertiente lectora, escritora,..y en lo que a las matemáticas se refiere sólo trata las dificultades aritméticas y las de la resolución de problemas asociados.

Para Wheatley (1977) nuestra sociedad enfatiza y recompensa las actividades levohemisféricas. En la escuela se prima la capacidad para expresar ideas mediante palabras, para operar con reglas y tal énfasis va en detrimento del desarrollo dextrohemisférico.

También Herskowitz, Parzysy y Van Dormolen (1996) destacan este hecho señalando que la educación visual es a menudo descuidada en el currículum.

En el Manual de IGF-Inteligencia general y Factorial (Yuste,1997) la correlación de la Aptitud Espacial con las áreas de Geografía, Informática, Lengua, Matemáticas, Física y Latín (IGF-S) o con Lengua, Inglés, Matemáticas, Naturales y Sociales (IGF-M) es la menor de las correlaciones de entre todas las Aptitudes consideradas.

De ahí que de las cuatro capacidades primarias: Razonamiento abstracto, Aptitud Espacial, Razonamiento verbal y Aptitud Numérica, la Aptitud Espacial es la que menos relación tiene con todas y cada una de las áreas del currículum, incluida la Matemática, aunque, de entre todas ellas la mayor correlación corresponde, como era de esperar, al área de Matemáticas. Esto nos indica la menor relación del área de Matemáticas con la Aptitud Espacial y justifica el empeño de dedicar nuestro tiempo y esfuerzo al análisis de dicha capacidad y paliar en lo posible este déficit.

A partir de los Programas Renovados de 1985 vuelve a adquirir una importancia análoga al resto de las capacidades el tratamiento dado a la capacidad espacial, tratamiento que se confirma en los actuales planes de estudio.

También interesa destacar que últimamente se está detectando una mejora en la aptitud espacial de los alumnos debido, seguramente, a la “cultura” de la TV y al uso de máquinas electrónicas, ordenadores, juegos electrónicos tipo “tetris”, calculadoras gráficas,...con mayor presencia de lo viso-espacial, pero también se detecta en este factor un menor aprovechamiento escolar en Matemáticas debido, seguramente, a la menor presencia de todo lo espacial y geométrico en los programas escolares (Hidalgo, Maroto, Palacios, 1999)

El pensamiento espacial es esencial para el pensamiento científico y se utiliza para representar y manipular información en el aprendizaje y en la resolución de problemas (Clements y Battista, 1992). Nuestra sociedad valora positivamente una habilidad viso-espacial suficientemente aguda. Además, en algunas profesiones esta habilidad es imprescindible: por ejemplo, para un escultor, un dibujante, un ingeniero, un arquitecto, un topógrafo,..... ya que es difícil imaginar el progreso en estos dominios sin una habilidad viso-espacial especialmente desarrollada.

Queda así nuevamente de manifiesto que dos de las facetas de las matemáticas, representadas por una parte por el lenguaje y los símbolos, y por otra, por las representaciones espaciales, son enteramente complementarias en su naturaleza y que una y otra deberían recibir una razonable cuota de atención en todo programa de matemáticas.

TRADICION INVESTIGADORA

A la Educación Matemática le corresponde el análisis de todo lo que haga referencia a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Matemática. Tradicionalmente ha echado mano de las aportaciones de la psicología para sus análisis. Estas aportaciones han ido encaminadas a la obtención de propuestas para los procesos de aprendizaje de los alumnos y a la elaboración de pautas para los profesores preocupados de su enseñanza.

Pero no debemos olvidar que la intencionalidad última del proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática va dirigida al conocimiento y a la mejora de las capacidades numéricas, espaciales, de razonamiento tanto inductivo como deductivo, y en cursos más avanzados, de las capacidades de tipo algebraico, probabilístico,... y, en definitiva, de la capacidad que integra a todas, como es la de resolución de problemas.

Esas capacidades generales ligadas directamente al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática y ajustadas a un determinado nivel de escolaridad han de ser la pauta en la que ha de

moverse la investigación en Educación Matemática. Además, un conocimiento exhaustivo de esas capacidades, su desarrollo, evolución, ... nos permitirá conocer el mapa cognitivo de los alumnos cuyo diagnóstico facilitaría el aprendizaje.

Hay muchos grupos de trabajo investigando en todos estos aspectos pero se echa en falta, sin querer ser excluyente con otras líneas de investigación, una línea de investigación ligada al análisis y estudio de estas capacidades, porque una de las finalidades del estudio de la Matemática es la posibilidad que otorga al individuo de progresar y mejorar en su capacidad instrumental, amén de considerarse junto a la Lengua herramienta instrumental básica en la educación. Se echa en falta un plan de acción conjunto que posibilite el intercambio de investigaciones, el contraste e incluso la réplica pero todo ello encaminado a un objetivo común: conocer, desarrollar y proponer pautas coherentes de mejora de dichas capacidades a los alumnos.

De la importancia de la capacidad espacial en la Educación Matemática dan fe las innumerables investigaciones desarrolladas a lo largo de estos últimos años y cuyos resultados más relevantes vienen recogidos en las revisiones realizadas por Bishop (1980, 1989), Clements y Battista (1992), Clements (1998a,b), Gutiérrez (1998). Aunque hay que reconocer que este tipo de investigaciones que se refieren al espacio y a la geometría han tenido una menor atención que la dedicada, por ejemplo, al número, actualmente la extensa literatura existente le confiere un gran potencial a la investigación en este campo (Bishop, 1983).

Adentrarse en el tema de la capacidad espacial supone adentrarse en un tema controvertido y aparentemente anárquico pues difícilmente dos investigadores se ponen de acuerdo en conceptos básicos y fundamentales como: capacidad espacial, visualización, orientación espacial, relaciones espaciales, pensamiento espacial,... El mismo concepto con diferentes nombres y diferentes conceptos con el mismo nombre es habitual en este tipo de investigaciones de los últimos 40 años.

Pero seguramente el problema más complejo es el de que los sujetos pueden utilizar diferentes estrategias en el mismo test. Esto complica enormemente la interpretación conjunta de estudios correlacionales y de procesamiento de la información de la capacidad espacial (Lohman et al., 1987).

La falta de un modelo teórico tanto de factores como de procesos y estrategias ha dificultado enormemente un avance significativo en el estudio de la capacidad espacial y, como dicen Lohman y sus colaboradores, quizás el único camino para resumir toda la literatura es reanalizar estudios desde una común perspectiva teórica.

MODELOS DE INVESTIGACION

El estudio que proponemos pretende entender en lo posible las diferentes vertientes de la capacidad espacial, su estructura, su desarrollo, su influencia en otras capacidades, la influencia de otras capacidades en la capacidad espacial y, en la medida de lo posible, hacer propuestas enriquecedoras que permitan situar dicha capacidad al mismo nivel de relación del resto de las capacidades primarias con el área de Matemáticas.

Para ello tendremos que revisar la Aptitud Espacial tanto desde una vertiente diferencial como cognitiva del desarrollo de la inteligencia, intentar integrarlas y encajarlas desde la perspectiva de investigación en Educación Matemática para, a continuación, analizar el contenido matemático más apropiado para ese desarrollo lo que exigirá análisis fenomenológicos, de errores, secuencialización, metodológicos,... que permitan, en primer lugar, diagnosticar al alumno y en segundo lugar, en el caso que lo necesite, ofertarle pautas de actuación para una mejora de dicha capacidad.

Así la propia Educación Matemática ha hecho aportaciones relevantes relacionadas sobretudo con la práctica de clase, analizando la influencia de métodos intuitivos, uso de material manipulativo, uso de ordenadores, la importancia del entrenamiento,... en el intento de mejora de dicha capacidad, así como el análisis de errores, la influencia de las creencias de los profesores o las preconcepciones de los alumnos.

Nuestro objetivo es abrir una línea de investigación en Educación Matemática, asociada al programa de Doctorado de Psicodidáctica de la UPV con la intención de crear una infraestructura que propicie la investigación en nuestra área de conocimiento. Evidentemente ha habido diferentes tesis en los últimos años de profesores vinculados al área de conocimiento pero la falta de una estrategia común dispersa enormemente los resultados obtenidos.

El **primer modelo** trata de poner un poco de orden en esta aparente maraña de conceptos y en la medida de lo posible proponer una estructura con las suficientes garantías teóricas y empíricas que nos permitan situar la capacidad espacial de tal forma que las investigaciones posteriores puedan trabajar con conceptos y pruebas unificadas y replicables. Evidentemente a esta estructura, además de los factores, hay que asociarle los procesos cognitivos o componentes necesarias que expliquen el comportamiento de los sujetos en tareas espaciales así como las estrategias que pueden hacer funcionar de forma diferente a los sujetos.

Esta estructura factorial-cognitiva basada en los estudios de Carroll (1993), Sternberg (1980, 1988), Lohman y Kyllonen (1983), Lohman et al. (1987) será el marco teórico en el que vamos a trabajar. Un marco teórico contrastado empíricamente y que nos sirva de referencia y encaje para los sucesivos estudios.

Este primer modelo se completará con una propuesta de evaluación-diagnóstico de la capacidad espacial de los alumnos teniendo en cuenta esa triple vertiente: factorial, cognitiva y de estrategia. Esa prueba hay que diseñarla en la medida de lo posible a lo largo de toda la escolarización y teniendo en cuenta a aquellas personas con cierto déficit en esa capacidad.

El **segundo modelo** estará centrado en el análisis del desarrollo de los conceptos geométricos asociados a dicha capacidad en función de la edad de los sujetos (Piaget, Inhelder, Szeminska, 1960; Piaget, Inhelder, 1967; Van Hiele, 1986). Se trata de analizar el desarrollo de la capacidad espacial a lo largo de toda la escolarización para poder proponer un modelo de desarrollo que permita encajar al alumno en el lugar que le corresponde acorde a su edad.

El **tercer modelo** trata el tema de las situaciones didácticas, lo que unido a la evaluación integral y a su desarrollo antes propuestos nos puede dar las claves para hacer propuestas coherentes de mejora de dicha capacidad. En este terreno se entra de lleno en el tema de las situaciones didácticas (Chevallard, 1991; Brousseau, 1998) y lo mismo que la estructura factorial-cognitiva nos da el marco que nos justifica el terreno en el que nos movemos en todo lo relacionado a la medida-diagnóstico, en este tercer modelo es la teoría de las situaciones didácticas la que nos ofrece ese marco en el que movernos para hacer nuestras propuestas y que, combinadas con la medida integral y con el modelo de desarrollo, nos posibilita la elaboración de propuestas coherentes para la mejora de la capacidad espacial de los escolares.

Sin estos tres modelos, sin este triple marco de referencia, no podremos avanzar y todas las investigaciones seguirán pecando de los mismos déficits que cualquier revisión de las investigaciones de este siglo pone de manifiesto. La falta de estructura factorial-cognitiva, la falta de un modelo de desarrollo y la falta de una estructura didáctica imposibilita cualquier tipo de avance significativo. Ese marco teórico triple es absolutamente necesario y es el camino que vamos a intentar recorrer.

TEMATICAS PARTICULARES

En la estructura de la Capacidad Espacial

Los estudios de Carroll (1988, 1993, 1994) fijan una determinada estructura de la inteligencia en tres estratos donde la Capacidad Espacial es uno de los 7 factores del 2º estrato.

Actualmente no se puede pretender un diagnóstico de capacidades espaciales que sólo mida el producto sin asociarle aquellos aspectos que hacen referencia a cómo el sujeto funciona ante una tarea que exija capacidad espacial. De ahí que haya que pensar en un instrumento justificado

teóricamente que nos permita además de medir, diagnosticar el nivel de capacidad espacial de cada sujeto en un momento determinado.

Krutetski (1976) identifica tres tipos de razonamiento: analógico(verbal), geométrico(visual) y armónico (intermedio) e indica que todos tenemos una mayor preponderancia de uno u otro tipo y que los sujetos utilizan el razonamiento de muy distintas formas. Lo propio ocurre con el profesor y el problema se multiplica al combinar los estilos del profesor y alumno. Esto se refleja en las estrategias que cada sujeto utiliza en la resolución de tareas espaciales. De ahí que sea necesario clasificar dichas estrategias con una caracterización exhaustiva de cada una de ellas. Lahrizi (1984) y Cossío (1997) han elaborado una propuesta de integración de la clasificación DIPT de Watanawaha (1977) y la propuesta cognitiva de Burden y Coulson (1981).

Si tradicionalmente han sido los tests los encargados de medir tanto los factores como los procesos debemos de hacer propuestas alternativas mediante el ordenador ya que permite simular situaciones en 3D análogas a las representaciones mentales.

En el desarrollo de la Capacidad Espacial

Piaget, Inhelder (1956), Piaget, Inhelder, Szeminska (1960), Van Hiele (1986) han hecho aportaciones espectaculares en sus intentos de explicar cómo y cuándo se desarrolla en los sujetos aquellos aspectos geométricos relacionados con la capacidad espacial y que han servido de gran ayuda en la Educación Matemática tanto para el conocimiento del profesor en lo referente a la situación de sus alumnos en este terreno, como para decidir y ajustar los contenidos de los planes de estudio a la edad de los alumnos.

¿Se podría diseñar un modelo integrado y hacer un estudio longitudinal por edades hasta completar todo el ciclo vital?

¿Cómo compensan los ciegos el déficit en visualización?. Millar (1997) analiza en profundidad este fenómeno indicando que utilizan otros recursos que desarrollan en mayor medida que las personas con visión normal. Y las personas de visión normal pero con cierto déficit en CVE, ¿también desarrollan otros recursos que compensen ese déficit?. ¿Cuáles son esos recursos?¿ Se podrían impulsar en la escuela?

En las propuestas de mejora de la Capacidad Espacial.

¿Qué nos pueden enseñar los sujetos con una buena capacidad espacial? Podríamos indagar en la búsqueda de razones que justificaran ese superávit. Si los errores cometidos en tareas de capacidad espacial nos permite hacer un trabajo de prevención, ¿cómo podríamos organizar el estudio de estas claves para que nos permita entender mejor el funcionamiento de los sujetos en esta capacidad?

La intuición (Fischbein, 1971), la acción con el uso de material manipulable (Bishop, 1980), el ordenador (Clements, 1984) así como el entrenamiento (Ben Chaim, Lappan, Chouang, 1989) parecen favorecer la mejora de la adquisición de los conceptos geométricos asociados a la capacidad espacial. Pero ¿en qué condiciones favorecen el desarrollo de la capacidad espacial? ¿Cómo se integran todas ellas en las situaciones didácticas? aunque antes de nada deberíamos de plantearnos, ¿qué características o que condiciones debería de cumplir una propuesta para poder proponerla con garantías?

REFERENCIAS

- BEN CHAIM, D.; LAPPAN, G.; HOUANG, R.T. (1988) The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25, 51-71.
- BISHOP, A. (1980). Spatial abilities and Mathematics Education: A Review. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 257-269.

- BISHOP, A. (1989). Review of Research on Visualization in Mathematics Education. *Focus on Learning Problems in Mathematics*,11(1), 7-16.
- BURDEN, L.D.; COULSON, S.A. (1981). *Processing of spatial tasks*. M. Ed. Thesis. Melbourne: Monash University.
- CARROLL, J.B. (1988). *Cognitive abilities factors*. *Intelligence*,12(2): 101-109.
- CARROLL, J.B. (1993). *Human cognitive abilities*. London: Cambridge University Press.
- CARROLL, J.B. (1994). Constructing a Theory from data. En D.K. DETTERMAN (ed.). *Current Topics in Human Intelligence. Vol. 4. Theories of Intelligence*. Norwood (New Jersey): Ablex Publishing Corporation.
- CLEMENTS, D.H.; (1984). Implications of media research for the instructional application of computers with young children. *Educational Technology*, Nov., pp 7-16.
- CLEMENTS,D.H.; BATTISTA, M.E. (1992). Gheometry and Spatial Reasoning. In GROUWS, D.A. (ed.). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and learning*. New York: McMillan.
- COSSIO, J. (1997). *Diagnosis de la habilidad de visualizar en el espacio 3D con estudiantes de Bachillerato (B.U.P.) del Bilbao metropolitano*. Lejona: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- DEGV (1992-A). *Diseño Curricular Base. Educación Primaria. Matemáticas*. Gasteiz: Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- DEGV (1992-B). *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria. Matemáticas*. Gasteiz: Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- DEGV (1994) *Diseño Curricular Base. Bachillerato. Matemáticas*. Gasteiz: Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- FISCHBEIN, E. (1987). *Intuition in science and mathematics*. Dordrecht: Reidel.
- HERSHKOWITZ,R.; PARZYSZ,B.;VAN DORMOLOEN,J. (1996). Space and shape. BISHOP, CLEMENTS, KILPATRICK, LABORDE (Eds.) *International Handbook of Mathematics Education*. London: Kluwer.
- HIDALGO, S.; MAROTO, A.; PALACIOS, A. (1999). Evolución de las destrezas básicas para el cálculo y su influencia en el rendimiento escolar en Matemáticas. *Suma*, 30, 37-45.
- KRUTETSKI, V. A. (1976). *The Psychology of Mathematics Abilities in School-Children*. Chicago: University of Virginia.
- LAHRIZI, H. (1984). *Etude de l'habilité a visualiser des relations geometriques dans trois dimensions chez les élèves et les élèves proffeseurs au Maroc*. M. Ed. Thèse. Quebec: Université de Laval.
- LOHMAN,D.F.; KYLLONEN,P.C. (1983). Individual Differences in Solution Strategy on Spatial Tasks. DYLLON & SCHEMECK (Ed.). *Individual Differences in Cognition*. Vol. 1. Academic Press.
- LOHMAN,D.F.; PELLEGRINO,J.W.; ALDERTON,D.L. REGIAN,J.W. (1987). *Dimensions and Components of Individual Differences in Spatial Abilities* (pp. 253-312).
- MEC (1985). *Programas Renovados de la Educación General Básica. Ciclo Medio*. Madrid: Editorial Escuela Española.
- MILLAR, S. (1997). *La comprensión y representación del espacio*. Madrid: ONCE.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. (1967). *The child's conception of space*. New York: W.W. Norton & Co.
- PIAGET, J.; INHELDER,B.; SZEMINSKA, A. (1960). *The child's conception of geometry*. London: Routledge & Kegan Paul.
- SECADAS, F. (1986). *Test factorial de inteligencia. AMPE-F*. Madrid: TEA.
- STERNBERG, R.J. (1980). *Components of Human Intelligence*. New York: Yale University Press.
- STERNBERG, R.J. (1988). *The thriarquic mind*. London: Penguin Books.
- VAN HIELE (1986). *Structure and insight*. Orlando: Academic Press.
- YUSTE, C. (1997). *Manual de IGF-Inteligencia General y Factorial. Manual (3ª edición)*. Madrid: TEA.
- WHEATLEY (1977). The Right Hemisphere's Role in Problem Solving. *Arithmetic Teacher*, 25(2), 37-38.