

Análisis dimensional del conocimiento espacial

María Teresa Calvo
Universidad de Murcia

Se ha realizado un análisis dimensional del conocimiento espacial con escolares de edades comprendidas entre 4 años 3 meses y 10 años 2 meses, a fin de responder a una serie de cuestiones relativas a: 1) la independencia, a nivel representativo, entre la cognición ambiental y el pensamiento espacial o conceptualización de relaciones espaciales fundamentales; 2) la mayor o menor homogeneidad del espacio conceptual; y 3) la naturaleza de las relaciones de las que se sirve el pensamiento para organizar el espacio físico durante el desarrollo. Los resultados arrojados por un análisis factorial exploratorio confirman la distinción, a nivel psicológico, entre un espacio conceptual y otro relativo a la información ambiental específica. El primero de ellos está representado en cuatro factores que vienen a confirmar, con algunas matizaciones significativas, la clásica división del espacio geométrico.

Palabras clave: *Representación espacial, cognición espacial, mapas cognitivos.*

A dimensional analysis of spatial knowledge has been carried out with children aged from 4 year 3 months to 10 years 2 months, to test questions concerning to: 1) The independence of environmental cognition and spatial thinking or conceptualization of basic spatial relationships; 2) The greater or minor homogeneity of conceptual space; and 3) The kind of relationships used by thought to organize the physical space during development. Results, showed by an exploratory factor analysis support the contrast between conceptual space and the spatial representation concerning with the specific environmental information. The first of them is manifested by four factors which confirm, with some significant differences, the traditional differentiation of geometrical space.

Key words: *Spatial Representation, Spatial Cognition, Cognitive Mapping.*

Al aproximarnos al problema del conocimiento espacial y su desarrollo nos encontramos con una ingente cantidad de publicaciones, provenientes de campos diversos y que resultan, en principio, difíciles de reconciliar bajo una denominación común. Así, en primer lugar, encontramos trabajos preocupados por lo que se ha dado en llamar cognición ambiental (véase Lynch, 1960) y que focalizan su atención sobre las variables, procesos y estrategias vinculados con la información relativa a espacios, más o menos conocidos y cuya representación viene dada en forma de mapas cognitivos (Tolman, 1948; Kuipers, 1983; Hardwick, McIntyre y Pick, 1976; Newcombe y Liben, 1982; Weatherford, 1982; 1985; Acredolo y Evans, 1980; Herman, Shiraki y Miller, 1985). En segundo lugar, tenemos un conjunto de trabajos que se centran en el conocimiento de relaciones espaciales fundamentales o contenidos abstractos de la representación espacial (Liben, 1981; Downs, 1981) y su estudio se refleja en la investigación realizada por la Escuela de Ginebra (Piaget, 1971; Piaget, 1975; Piaget, 1977; Piaget e Inhelder, 1977; Piaget, Inhelder y Szeminska, 1973; Laurendeau y Pinard, 1968; Pinol-Douriez, 1979) así como en multitud de investigaciones puntuales basadas en Huttenlocher y Presson, 1973; 1979; Enesco, 1983; Blades y Spencer, 1989. En tercer lugar, podemos encontrar un conjunto de investigaciones preocupadas por la naturaleza analógica (Paivio, 1975; Sheppard y Metzler, 1971; Cooper y Sheppard, 1973; Thorndyke y Hayes Roth, 1982; Evans y Pezdek, 1980; Dionnet, Matí y Vitale, 1986; Hinton y Parsons, 1987), proposional (Neisser, 1976; Kaplan, 1973; Stea, 1969; Stevens y Coupe, 1978; Olson y Byalistok, 1983; Pylyshyn, 1973) o mixta (Anderson, 1978; 1983; Evans, 1983; McNamara, 1986) de la representación espacial.

Este conjunto de posiciones deja abierto el problema de la heterogeneidad del conocimiento espacial, lo que ha venido generando una confusión que puede ser evitada, de hecho, si se efectúa una adecuada definición de contenidos y se establecen las precisiones metodológicas necesarias. En este sentido, son especialmente significativos algunos trabajos sobre cognición ambiental en niños, donde aparecen problemas de precisión tanto de tipo sustantivo como metodológico (véase Hart y Moore, 1971; Shemyakin, 1962), incluso en los propios trabajos emanados de la Escuela de Ginebra (véase el problema de la «caja de arena» de Piaget, Inhelder y Szeminska, 1973).

Esta situación nos lleva a plantear una serie de preguntas que giran, por un lado, en torno a la independencia a nivel representativo entre la información espacial, almacenada en forma de mapas cognitivos, y el pensamiento espacial, entendido en términos de conceptualización de relaciones espaciales fundamentales y, por otro, en torno a la consideración del espacio conceptual, bien como un constructo único o bien, como constituido por «espacios» independientes caracterizados cada uno de ellos por un tipo de relaciones. Finalmente, y en el caso de que el segundo supuesto fuera cierto, cabría una tercera cuestión —relativa a la naturaleza de estas relaciones y su proceso de adquisición— que intentaría responder a las preguntas ¿se organiza el pensamiento espacial en torno a propiedades topológicas, propiedades proyectivas y propiedades euclídeas, tal como parece asumir la psicología y cuyo desarrollo describe Piaget?; o por el contrario, ¿son otras las relaciones de las que se sirve el pensamiento para organizar el espacio físico a lo largo del desarrollo?

Intentar dar respuesta a estas cuestiones exige una rigurosa selección de los contenidos espaciales a evaluar; de tal manera que estén efectivamente representadas las dimensiones de la representación espacial en ellas aludidas y teniendo en cuenta, además, que el interés de nuestro trabajo se centra en aquellos niveles del desarrollo espacial previos a su matematización. En este sentido, trabajos previos realizados por nosotros (Calvo, 1991) nos han llevado a la conclusión de que los constructos básicos que representan estas dimensiones son: mapa cognitivo (medido a través de las variables observables estimación de direcciones, conocimiento empírico de rutas y memoria de recorridos); espacio topológico (medido a través de las variables observables «interior-en el borde», envolvimiento y apertura-cierre, en las modalidades de reconocimiento y reproducción, y «dentro-fuera» en reproducción); espacio proyectivo (medido a través de las variables observables, «izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo», en reconocimiento y reproducción; rotación de un objeto, rotación de una disposición de objetos, en reconocimiento y reproducción, y rotación de los objetos de una disposición dado el cambio de posición de uno de ellos; perspectivas de un solo objeto y de una disposición de objetos, canónicos y no canónicos) y espacio euclídeo (medido a través de las variables observables conservación y simetría de distancias, traslación de ejes coordenados e integración de los sistemas proyectivo y euclídeo en la determinación de posiciones espaciales).

Nuestra hipótesis de trabajo parte de la idea de que, al analizar la construcción del espacio en el niño, hemos de tener en cuenta cuatro factores. En primer lugar, la capacidad de orientarse adaptativamente en un entorno conocido; en segundo lugar, la capacidad para establecer relaciones basadas en la noción elemental de vecindad; en tercer lugar, la capacidad para comprender las transformaciones de naturaleza proyectiva y, en cuarto lugar, la comprensión de relaciones euclídeas no métricas. Si esta hipótesis de trabajo fuera cierta, entonces, deberíamos encontrar, en un primer análisis factorial exploratorio, un conjunto de cuatro factores que explicarían la mayor parte de la varianza de lo que hemos considerado como conocimiento espacial.

Método

Sujetos

Hemos utilizado una muestra de la población de escolares murcianos de edades comprendidas entre los cuatro y los diez años (el rango de edad estaba entre 4 años y 3 meses y 10 años y 2 meses). La selección se realizó por un muestreo aleatorio estratificado en el que se consideraron los estratos de clase social y nivel escolar. El 50 % de los niños eran alumnos de escuelas públicas de barrios periféricos, mientras que el 50 % restante asistía a centros de enseñanza privada. Los niveles escolares elegidos fueron preescolar (1º y 2º), ciclo inicial (1º y 2º) y los dos primeros cursos de ciclo medio. En cada centro se tenía en cuenta

el número de grupos por curso, de tal manera que estuvieran representados todos ellos en la muestra. Inicialmente se seleccionaron diez sujetos por curso (cinco de centro público y cinco de centro privado). En todos los casos fue el maestro quien nos indicó con qué alumnos debíamos trabajar, teniendo en cuenta el criterio de que su rendimiento académico se correspondiera con el rendimiento medio de la clase. Procuramos, igualmente, que la muestra incluyera un número aproximadamente igual de niños de ambos sexos. Aunque la muestra inicial fue de sesenta sujetos (veinte por cada ciclo considerado), dos niñas de preescolar abandonaron antes de la finalización del trabajo, por lo que la muestra definitiva fue de cincuenta y ocho sujetos (dieciocho de preescolar, veinte de ciclo inicial y veinte de ciclo medio).

Procedimiento

Todos los niños fueron examinados en su propio colegio. Para las pruebas de conceptualización espacial se utilizaba una habitación proporcionada al efecto por la dirección del centro. La habitación era en todos los casos rectangular y con una superficie aproximada de 10 a 12 metros cuadrados; en ella se distribuían tres áreas de trabajo, consistentes en una mesita circular y dos sillas enfrentadas. En cada área se disponían los materiales para tareas topológicas, proyectivas y euclidianas. Las experiencias se realizaban siempre por las mañanas y se interrumpían durante el recreo. Fueron necesarias tres sesiones para cada niño: en la primera se pasaban las pruebas de topología y las de relaciones euclidianas; la segunda sesión se dedicaba a las tareas proyectivas; finalmente el tercer día se salía de la habitación experimental para realizar las pruebas de mapa cognitivo, en todo el recinto escolar. En todos los casos se dejó transcurrir al menos un día entre sesión y sesión.

Para evaluar cada una de las variables definidas en el apartado anterior fueron utilizadas un total de veinticuatro tareas, cada una de las cuales constaba de un número variable de ítems —casi siempre de naturaleza manipulativa o conjuntamente manipulativa y verbal— y a las que nos vamos a referir brevemente por categorías teóricas (véase Tabla 1), dado que, por razones de espacio, no nos es posible incluir en este artículo una descripción de todas ellas, así como tampoco del procedimiento seguido para su puntuación. No obstante, esta información puede encontrarse en Calvo (1991; pp. 338-456).

1. Para la evaluación de las relaciones incluidas en la categoría que hemos denominado *relaciones de vecindad*, en la que nos referimos a los aspectos topológicos elementales, hemos diferenciado dos modalidades de respuesta: reconocimiento y reproducción.

En el primer caso (reconocimiento), hemos utilizado un procedimiento de transferencia intermodal táctil-visual con presentación simultánea del objeto y de los elementos de elección. En estas tareas, los sujetos deben ser capaces de traducir los caracteres diferenciales de la figura explorada (ya sabemos que la imagen táctil proporciona datos sucesivos y limitados, cuya integración exige una actividad perceptiva más sistemática) en una imagen visual y comparar después este

modelo visual construido con cada una de las figuras de elección. Para todas las relaciones hemos utilizado formas geométricas simples (círculos, cuadrados y triángulos) que incluyen aspectos euclídeos de temprana adquisición por el niño. Además en la elaboración de los ítems se ha tenido en cuenta la prioridad de la relación topológica sobre cualquier otro carácter geométrico presentado por la figura, para la elección correcta de respuesta. Igualmente, se han incluido ítems con figuras planas e ítems con volúmenes. Las pruebas consisten en la presentación, por delante de una pantalla de tablés blanco de 30×50 cm, de tres objetos caracterizados por determinada propiedad topológica (véase Tabla 1), uno de los cuales es idéntico a un objeto que el niño explora, simultáneamente, con las manos tras la pantalla. Antes de la aplicación de los ítems constitutivos de la tarea, se realizan tres ensayos dirigidos a garantizar la comprensión de las instrucciones y la diferenciación de las formas curvas, rectas y mixtas.

En la modalidad de reproducción, aunque las limitaciones motrices que plantea la reproducción gráfica de caracteres figurales (dibujo) no parecen afectar a los resultados de sujetos mayores de 4 o 5 años, hemos preferido basar nuestra tarea en la reproducción de una situación espacial percibida (definida por una relación topológica específica), mediante la utilización de materiales puestos a disposición del sujeto. Para la realización de esta tarea, el experimentador coloca sobre la mesa (delante del niño) todos los materiales de reproducción necesarios y prepara, tras la pantalla, cada una de las situaciones espaciales, de forma sucesiva, pidiéndole posteriormente al niño que haga lo mismo que él ha hecho con sus materiales, mientras le señala la composición espacial propuesta.

2. Para la evaluación de las relaciones incluidas en la categoría que hemos denominado *transformaciones de naturaleza proyectiva*, hemos diferenciado tres bloques de tareas en las modalidades de reconocimiento y/o reproducción, referidas respectivamente a las:

a) Relaciones proyectivas elementales (izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo). Las tareas diseñadas para estas relaciones son análogas a las utilizadas para la reproducción de relaciones topológicas. En ellas el niño tiene que reproducir una situación espacial percibida (definida por una o varias de las relaciones estudiadas), utilizando los materiales puestos a su disposición (camiones, personajes, animalitos, cubos y esferas de madera y figuras planas). La prueba pretende atender tanto a la construcción de las relaciones de forma aislada, como a su coordinación (véase Tabla 1). Para la aplicación de los ítems constitutivos de esta tarea el experimentador se sienta junto al niño, de tal manera que coincidan la perspectiva que uno y otro tienen de la disposición estimular.

En el caso del reconocimiento de estas mismas relaciones, se utilizaron las mismas situaciones espaciales y los mismos materiales que para los ítems 3-10 de la variable de reproducción. En este caso, el niño debía distinguir cuál de tres maquetas difería de las otras dos en virtud de la inversión de las relaciones espaciales exploradas.

b) Rotaciones de objetos y disposiciones de objetos. Para estas variables se utilizaron, tanto tareas de reconocimiento, como de reproducción. En las primeras (reconocimiento) el niño tenía que identificar cuál de dos objetos, en el caso de las tareas relativas a un objeto único, a los que se había aplicado una

rotación dada, era idéntico a otro que se le había permitido explorar previamente y que permanecía ante él. Estos objetos podían ser bi o tridimensionales y cada serie era presentada en las orientaciones límite de los cuatro cuadrantes (0, 90, 180 y 270 grados) en los ejes horizontal, vertical o en ambos. Se utilizó un cronómetro, que no se permitía ver al niño, ya que el tiempo de respuesta influía en la puntuación otorgada. En el caso de las rotaciones de disposición (un dormitorio con personaje) se seguía un procedimiento análogo, en el cual el niño debía identificar cuál de dos maquetas rotadas era igual a un modelo, hecho por él mismo y situado siempre a su vista.

Para la modalidad de reproducción, y del mismo modo que en casos anteriores, hemos diferenciado entre tareas en que la transformación debiera aplicarse a un objeto único y tareas que implicaran una disposición espacial con más de un objeto. Asimismo, para estas segundas, hemos distinguido entre tareas en las que la rotación se aplicara en bloque a todos los elementos de la disposición, de tal manera que ésta no perdiera (al menos no necesariamente) su carácter holístico y tareas que, como las utilizadas por Piaget e Inhelder, requirieran la diferenciación y posterior coordinación entre los elementos de la disposición (véase Tabla 1). En el caso de las tareas con un solo objeto hemos tenido en cuenta para la puntuación el tiempo empleado por el sujeto. Asimismo los materiales, en todos los casos, han sido análogos a los utilizados en las tareas de reconocimiento, con la inclusión de dos personajes de la TV infantil para las medidas de reproducción de las rotaciones de una disposición. Finalmente, se incluye una tarea en la que se pretende que el sujeto sea capaz de modificar las posiciones de cada uno de los elementos de una disposición (el dormitorio anterior), de tal manera que mantenga idénticas sus relaciones mutuas una vez que el experimentador ha rotado un elemento de referencia, la cama, que el niño no puede mover, para ayudar a hacer una «mudanza» al osito (personaje ocupante del dormitorio) que se sitúa fuera de las maquetas, observándolas. Las rotaciones utilizadas en todos los casos son las mismas que las señaladas para las tareas de reconocimiento de las rotaciones de un objeto.

c) Construcción y coordinación de perspectivas, para objetos familiares (bi y tridimensionales) y no familiares (véase Tabla 1). En efecto, para la evaluación de estas relaciones hemos distinguido tareas relativas a la construcción de las perspectivas de un objeto único (dotados o no de significado para el niño) y tareas relativas a la construcción de las perspectivas de una disposición con tres o más elementos (igualmente significativos o no significativos para el sujeto). Además nos ha parecido adecuado incluir, para una y otra situación, ítems con dibujos (del tipo empleado por Rosser, 1983) y que según este autor serían de solución más temprana. Los materiales empleados han sido muñequitos, coches, dibujos representativos de objetos y animales, formas geométricas tridimensionales, y maquetas con escenas diversas que simulaban ser un estudio de cine (caso de disposición con tres o más objetos familiares) o con formas geométricas complejas adecuadamente dispuestas sobre la plataforma (caso de disposición con tres o más objetos no familiares). En todos los casos, se utilizaron como observador los personajes televisivos de las tareas de rotación y las perspectivas requeridas fueron en las posiciones de 90, 180, 0, 270, 45, 315, 135 y 225 grados. El tipo de respues-

ta requerida del sujeto fue: para los ítems adaptados de Rosser, la identificación verbal o la señalización de la perspectiva del observador; y para los restantes ítems, la selección de entre un conjunto de maquetas representativas de las distintas perspectivas posibles del modelo, de aquella que se correspondía con lo que veía el observador. Hemos recurrido al uso de maquetas, dada la polémica existente en torno a la utilización de representaciones bidimensionales de modelos tridimensionales para el reconocimiento de las perspectivas.

3. Para la evaluación de las relaciones incluidas en la categoría que hemos denominado *relaciones euclidianas*, hemos utilizado una serie de tareas de construcción de distancias (véase Tabla 1) y de construcción de ejes coordenados (véase Tabla 1).

a) En el caso de las distancias, optamos por tareas del tipo de las descritas por Piaget e Inhelder (1977a), en las que se requiere del sujeto una respuesta verbal relativa a la igualdad o no igualdad de la distancia existente entre dos puntos, tras la modificación de ciertos caracteres espaciales (dirección, saturación, presencia/ausencia de barreras) que en nada afectan a esta dimensión. Antes de iniciarse la prueba se determinaba para cada niño el término «cerca» o «lejos» a emplear, que era aquél que el propio sujeto aplicara al referirse a dos muñequitos (espinetes de goma) que el experimentador le mostraba enfrentados y a 35 cm de distancia. Los materiales empleados fueron un tablero sobre el que se disponían en sucesivas posiciones los elementos, muñequitos, un muro de ladrillo con ventana (que podía permanecer abierta o cerrada), cubos de madera de pequeñas dimensiones y prismas de madera de mayor y menor altura que los muñecos. El niño debía justificar para todos los ítems su respuesta.

b) En el caso de la construcción de coordenadas, se diseñaron tareas en las que el niño debía reproducir sucesivas localizaciones de un objeto sobre una superficie cuadrículada. Si bien no nos parecen adecuadas la totalidad de las críticas formuladas por Somerville y Bryant (1985) a las tareas piagetianas, sí hemos considerado las objeciones a la diferencia de talla y orientación de los espacios implicados en la tarea, así como la ausencia de marcas en uno de los receptáculos. La resolución de nuestras tareas exige, de un lado, la construcción de dos rectas de tal manera que su intersección coincida con la posición del objeto (posición que se define en todos los ítems con referencia a los ejes rectangulares) y, de otro lado, la consideración de las relaciones intrafigurales, tanto en el modelo como en el espacio de reproducción. La presencia de ejes móviles garantiza la comprensión de la necesidad de un sistema coordenado para identificar la posición del objeto. Los materiales utilizados fueron, tableros de ajedrez, motos con motoristas, raíles de vía férreas, tiras de cartulina simulando el cauce de un río y los observadores y la pantalla de tablés de tareas anteriores.

4. Para evaluar las relaciones que hemos incluido en la categoría denominada *capacidad para orientarse*, hemos diferenciado entre tareas en las que el niño tuviera que estimar las direcciones de determinados elementos clave del espacio estudiado (véase Tabla 1) y tareas donde el niño pusiera de manifiesto su conocimiento de los recorridos a seguir para llegar a determinadas localizaciones de ese mismo espacio (véase Tabla 1). En todos los casos, el espacio a gran

escala elegido fue, para cada niño, su colegio o un sector del mismo de dimensiones y distribución determinadas.

a) En las tareas de estimación de direcciones, se seleccionaban sobre un plano a escala cuatro localizaciones claramente identificables por el niño, ninguna de las cuales podía ser vista desde las otras. Cada una de estas localizaciones se marcaba con un círculo rojo en el propio recinto escolar. Las tareas consistían en que el niño señalara, con un dispositivo diseñado para ello, cada una de estas localizaciones desde las tres restantes, tras haber recorrido el espacio elegido con un experimentador, que había llamado su atención sobre cada uno de los puntos, nombrándolos de la forma habitual para el niño. En todos los casos se tuvo cuidado de que la ruta recorrida no pasara dos veces por el mismo punto. Se trata de un procedimiento de triangulación similar, aunque con algunas modificaciones, al utilizado en sus tareas por Hardwick, McIntyre y Pick (1976).

b) Para las tareas de conocimiento de recorridos, fueron seis las localizaciones elegidas, de acuerdo con las posiciones relativas que ocupaban en la ruta y teniendo en cuenta que fueran suficientemente familiares para los niños. Un plano a escala del espacio nos permitía determinar sobre él los recorridos posibles entre localizaciones. Las respuestas requeridas podían ser motoras (llevar al experimentador a...) y/o verbales (explicar el recorrido para...).

Para analizar los datos, a fin de confirmar nuestra hipótesis de trabajo, recurrimos a un análisis factorial exploratorio que se efectuó con el método de máxima verosimilitud utilizándose el criterio varimax para maximizar la varianza.

Resultados

Aunque en el planteamiento de nuestra hipótesis postulábamos la existencia de cuatro factores, una simple inspección de los valores de las raíces latentes, nos hizo pensar en la utilización de cinco factores ya que los cinco primeros *eigenvalores* eran mayores o iguales a uno.

Los cinco factores obtenidos explicaban algo más del 60 % de la varianza total (concretamente el 61.5 %) distribuida de la siguiente manera: para el primer factor el porcentaje total de varianza explicada era del 7.5 %; para el segundo factor, el porcentaje era del 15.9 %; para el tercer factor, la varianza total explicada era del orden del 11 %; para el cuarto factor, el porcentaje se situaba en torno al 7.5 % y, para el quinto factor, el porcentaje total de la varianza explicada era del 19.6 %.

En el primer factor, sólo presentaban cargas significativas las variables reconocimiento de las rotaciones de un objeto, reproducción de las rotaciones de un objeto y reconocimiento de las relaciones «en el interior-en el borde». El segundo factor, tenía cargas significativas en las variables reconocimiento de la relación «en el interior-en el borde», reconocimiento de las relaciones de envolvimiento, reproducción de relaciones de abertura-cierre, reproducción de relaciones dentro-fuera, perspectivas de una disposición de objetos canónicos, conservación de distancias y simetría de distancias. En el tercer factor presentan cargas significativas las variables reconocimiento de las relaciones «en el interior-en el bor-

TABLA 1. RELACIÓN DE TAREAS POR CATEGORÍAS TEÓRICAS

Categoría / tarea	Nº de ítems	Rango de puntuación
<i>Relaciones de vecindad</i>		
Tarea de reconocimiento de relaciones «en el interior/en el borde»	4	0- 4.00
Tarea de reconocimiento de relaciones de cierre	4	0- 4.00
Tarea de reconocimiento de relaciones de envolvimiento	5	0- 5.00
Tarea de reproducción de relaciones de envolvimiento	4	0- 4.00
Tarea de reproducción de relaciones de cierre	8	0- 8.00
Tarea de reproducción de relaciones «dentro/fuera»	11	0-11.00
<i>Transformaciones de naturaleza proyectiva</i>		
Reproducción de relaciones «izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo»	12	0-12.00
Reconocimiento de relaciones «izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo»	8	0- 8.00
Reconocimiento rotación de un objeto	30	0-42.50
Reproducción rotación de un objeto	13	0-16.25
Reconocimiento rotación de una disposición de tres objetos	4	0- 5.00
Reproducción rotación de una disposición de tres objetos	4	0- 4.00
Rotación de los objetos de una disposición dada la rotación de uno de ellos	4	0- 4.00
Construcción de perspectivas para un objeto familiar bidimensional*	9	0- 9.00
Construcción de perspectivas para un objeto familiar tridimensional*	6	0- 6.00
Construcción de perspectivas para un objeto no familiar	6	0- 6.00
Coordinación de perspectivas para una disposición de tres objetos no familiares	6	0- 6.00
Coordinación de perspectivas para una disposición de objetos familiares bidimensionales*	4	0- 4.00
Coordinación de perspectivas para una disposición de objetos familiares tridimensionales*	6	0- 6.00
<i>Relaciones euclidianas</i>		
Conservación de distancias	10	0-10.00
Simetría de distancias	8	0- 8.00
Construcción de ejes coordenados en una disposición de ejes móviles	9	0- 9.00
Construcción de ejes coordenados en una disposición de ejes móviles con variación de perspectivas	10	0-10.00
<i>Capacidad para orientarse</i>		
Estimación de direcciones	12	0- 4.00
Conocimiento empírico de rutas	3	0- 3.25
Memoria de recorridos	3	0- 3.50

* Cada par de tareas similares se puntúan conjuntamente.

de», reconocimiento de las relaciones proyectivas «izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo», reproducción de las relaciones proyectivas «izquierda/de-

recha, delante/detrás, arriba/abajo» y traslación de ejes coordenados. Las variables estimación de direcciones, conocimiento empírico de rutas y memoria de recorridos presentan cargas significativas en el cuarto factor. Finalmente, en el quinto factor presentan cargas significativas las variables reconocimiento de las rotaciones de una disposición, reproducción de las rotaciones de una disposición, rotación de los objetos de una disposición, dado el cambio de posición de uno de ellos, perspectivas de un solo objeto canónico, perspectivas de un solo objeto no canónico, perspectivas de una disposición de objetos canónicos, perspectivas de una disposición de objetos no canónicos, conservación de distancias, simetría de distancias, traslación de ejes coordenados, e integración de los sistemas proyectivo y euclideo en la determinación de posiciones espaciales.

Conclusiones y discusión

A la luz de los resultados, podemos confirmar de alguna manera nuestra hipótesis según la cual la información espacial almacenada en forma de mapas cognitivos presenta una estructura ortogonal con respecto a lo que habíamos denominado espacio conceptual o pensamiento espacial. En efecto, se puede comprobar cómo, en el factor cuatro, no existe carga significativa en ninguna de las variables, salvo en las tres medidas del constructo que habíamos llamado mapa cognitivo (véase Tabla 2). Esta hipótesis se reafirma si observamos que, en los cuatro factores restantes, las saturaciones factoriales de las tres variables observables, referidas al mencionado constructo, carecen en absoluto de significación; lo que nos lleva a concluir, por tanto, que en el análisis del conocimiento espacial una de las dimensiones a considerar con carácter específico ha de ser la que corresponde a la representación de ambientes geográficos, que permitiría al niño conducirse adaptativamente en su entorno.

Estos resultados, no sólo vienen a confirmar la distinción entre la representación espacial como almacenamiento de contenidos específicos relativos a lugares y la representación como pensamiento espacial relativo a relaciones fundamentales (Liben, 1981; Downs, 1981) sino que, además, plantean la independencia de estas dos dimensiones de la representación espacial, de tal manera que no se puede esperar ningún tipo de relación funcional entre ellas; es decir, un sujeto capaz de orientarse adecuadamente en su entorno o, incluso en un entorno recientemente conocido, no tiene por qué presentar un dominio conceptual alto de las relaciones espaciales fundamentales (sean éstas topológicas, proyectivas o euclidianas) y viceversa, lo que en cierto modo podría explicar las diferencias evolutivas encontradas en investigaciones que utilizan uno y otro tipo de tareas.

Con respecto a los otros cuatro factores, su interrelación no está tan definida como lo está la independencia entre ellos y el factor arriba mencionado. En este sentido, encontramos cómo algunas de las variables observables presentan saturaciones factoriales altas en más de un factor (véase Tabla 2).

Sin embargo, a pesar de estas intersecciones factoriales encontradas en de-

TABLA 2. MATRIZ FACTORIAL ROTADA

Factores	Factor 1 (cinemático)	Factor 2 (topológico)	Factor 3 (ordinal)	Factor 4 (información espacial almacenada)	Factor 5 (interrefe- rencial)
Variables					
• Interior/en el borde (reconocimiento)	0.456	0.395	0.520	-0.031	-0.043
• Envolvimiento (reconocimiento)	0.183	0.643	0.068	0.124	0.108
• Abertura/cierre (reconocimiento)	0.212	0.628	0.238	0.007	0.053
• Envolvimiento (reproducción)	0.046	0.675	0.035	0.023	0.086
• Abertura/cierre (reproducción)	0.117	0.789	0.237	0.136	0.378
• Dentro/fuera (reproducción)	-0.087	0.512	0.095	0.127	0.271
• Izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo (reconocimiento)	0.224	0.328	0.743	0.196	0.290
• Izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo (reproducción)	0.242	-0.017	0.749	0.093	0.241
• Rotación de un objeto (reconocimiento)	0.650	0.083	0.206	0.055	0.466
• Rotación de un objeto (reproducción)	0.637	0.089	0.258	0.045	0.399
• Rotación de disposición (reconocimiento)	0.230	0.207	-0.085	0.263	0.437
• Rotación de disposición (reproducción)	0.253	0.108	0.006	0.147	0.683
• Rotación de objetos de una disposición dado el cambio posicional de uno	0.274	0.250	0.325	0.151	0.631
• Perspectivas de un objeto canónico	-0.073	0.245	0.504	0.035	0.655
• Perspectivas de un objeto no canónico	0.163	0.102	0.278	0.026	0.661
• Perspectivas de disposición de objetos no canónicos	0.130	0.308	0.164	0.209	0.661
• Perspectivas de disposición de objetos canónicos	0.242	0.452	0.040	0.242	0.628
• Conservación de distancias	0.181	0.620	0.257	0.309	0.513
• Simetría de distancias	0.113	0.670	0.177	0.256	0.438
• Traslación de ejes coordenados	0.056	0.368	0.542	0.134	0.492
• Integración de los sistemas proyectivo y euclídeo en determinadas posiciones	0.007	0.191	0.188	0.098	0.598
• Estimación de direcciones	0.040	0.131	0.214	0.535	0.073
• Conocimiento empírico de rutas	0.076	0.123	0.002	0.630	0.284
• Memoria de recorridos	-0.038	0.077	0.009	0.718	0.062

terminadas variables y que podrían ser explicadas desde el punto de vista de los contenidos (características de la tarea), parece evidente, a la luz de nuestros resultados, que todos y cada uno de los factores definen aspectos generales, y claramente diferenciables, del pensamiento espacial.

En efecto, excepción hecha del factor 1, donde sólo se sitúan con cargas altamente significativas las variables de reconocimiento y reproducción de las rotaciones de un objeto (variables que, por otra parte, presentan también saturaciones altas en el factor 5), el resto de los factores tienen una clara interpretación en el marco de la teoría de la equilibración piagetiana; y ello a pesar de que no confirman, a nivel psicológico, los tres sistemas espaciales (topológico, proyectivo y euclídeo) que este autor toma de la geometría para su estudio del pensamiento espacial. Esto no quiere decir que el factor 1 no pueda ser interpretado psicológicamente, como veremos más adelante.

El factor 2 comprende la totalidad de las variables observables relativas al espacio topológico. El hecho de que, en este factor, aparezcan las variables de conservación y simetría de distancias con una saturación factorial importante, puede ser explicado al considerar que se utilizaron para medir estas variables un conjunto de tareas basadas en las propuestas por Piaget e Inhelder (1977) y un análisis sistemático de las mismas podría poner de manifiesto el importante papel que jugarían las vecindades en su resolución. No es, por tanto, extraño encontrar en un factor topológico saturaciones factoriales de variables que, implícitamente, hacen intervenir las más básicas de las relaciones topológicas.

De igual manera, el factor 5 alberga todas y cada una de las variables de carácter proyectivo y euclídeo —excepción hecha de las relativas a las relaciones izquierda-derecha/delante-detrás/arriba-abajo, que constituyen el factor 3 y que analizaremos a continuación—. Es evidente, que al referirnos a este factor, lo hacemos a los espacios proyectivo y euclídeo conjuntamente considerados. La razón de que no hallan aparecido factores diferenciados para uno y otro tipo de relaciones, pensamos que podría estar en que, en ambos casos, es necesaria la construcción de un sistema de referencia general, de naturaleza cuando menos bidimensional, en el que puedan coordinarse, simultáneamente, los distintos puntos de vista o las distintas direcciones; a diferencia de lo que sucedería con las relaciones topológicas (representadas en el factor 2) y las relaciones proyectivas elementales (representadas en el factor 3) que suponen la utilización de elementos de referencia, de forma sucesiva, que no tienen por qué estar integrados en un sistema de conjunto en la medida en que no exigen esa consideración de simultaneidad. Por las razones expuestas llamaremos a este factor espacio interreferencial. Se trata de un factor que albergaría tanto las transformaciones de naturaleza proyectiva, como las de naturaleza euclídea, en la medida en que la anticipación exigida para cada una de ellas obligue a coordinar la relaciones espaciales.

En este sentido, sería necesario introducir un nivel conceptual entre lo puramente topológico —que supone el establecimiento de relaciones sucesivas, exclusivamente unidireccionales donde la simultaneidad no es necesaria— y lo que nosotros hemos llamado espacio interreferencial. Este nivel de transición presentaría unas características propias que, fundamentalmente, vendrían reflejadas por la posibilidad de representarse un espacio global mediante la puesta en marcha

de estrategias que consistirían en establecer relaciones ordinales sucesivas en más de una dirección, con respecto a un elemento referencial estable. Pensamos que la aparición de un factor en el que están representadas todas las variables que, de alguna manera, requieren un ordenamiento específico de las vecindades (factor 3), pone en evidencia la relevancia, desde el punto de vista psicológico, de ese espacio de transición, al que podríamos llamar espacio ordinal y al que nos hemos referido más arriba.

Las mencionadas estrategias, llevarían aparejadas la comprensión de las relaciones «izquierda/derecha, delante/detrás», para el espacio bidimensional, y «arriba/abajo», para el espacio tridimensional, y permitirían al niño conferir algún tipo de simultaneidad al espacio antes de la constitución de sistemas de conjunto, en la medida en que la aplicación de este tipo de relaciones posibilita el establecimiento de secuencias ordenadas en cualquiera de las direcciones espaciales que implican. Así, por ejemplo, el establecimiento de un orden sucesivo según las relaciones «izquierda/derecha, delante/detrás» con respecto a un elemento de referencia permitiría al sujeto solucionar ciertos problemas de perspectivas o de ejes coordinados antes de haber dominado el niño estas relaciones espaciales más complejas. Ésta podría ser la explicación de que —aunque con una carga mucho menor que la presentada por las variables de reconocimiento y reproducción de las relaciones «izquierda/derecha, delante/detrás, arriba/abajo» (superior a 0.74 en todos los casos), las cuales no están representadas en ningún otro factor y, en nuestra opinión, son las que lo definen— las variables de reconocimiento de relaciones en el interior-en el borde, de un lado, y perspectivas de un solo objeto familiar y traslación de ejes coordinados, de otro, presenten cargas significativas en este factor 3 (y no sólo en los factores, 2 y 5 respectivamente).

Finalmente, aunque pudiera parecernos sorprendente la aparición de un factor (factor 1) —en el que sólo presentan cargas con una significatividad por encima de 0.5 las variables relativas al reconocimiento y reproducción de las rotaciones de un único objeto— no lo es tanto, si atendemos a las discusiones acerca de la naturaleza de la representación espacial.

En efecto, parece cierto que las transformaciones por rotación tienen que ver con nociones abstractas (tales como la relación proyectiva entre los estados inicial y final de la disposición o la modificación de los ejes en ella definidos inicialmente), lo que quedaría confirmado en nuestro trabajo por la presencia con cargas significativas de todas las medidas de rotación en el factor 5 (espacio interreferencial); sin embargo, también podría ser igualmente cierto que, en el caso de disposiciones con un solo objeto, recurrir a una estrategia basada en aspectos imaginativos de la representación espacial resultara más económico que recurrir a estrategias proposicionales. De ser así, nuestros resultados abogarían a favor de aquellas explicaciones que basan la comprensión de las rotaciones, tanto en procesos de simulación mental (o imaginación) de las propiedades cinemáticas de la acción física implicada en el desplazamiento (Sheppard y Metzler, 1971; Hinton y Parsons, 1987; Cooper y Sheppard, 1973, entre otros), como en la interacción de estas propiedades con las del objeto imaginado, fundamentalmente su familiaridad (Shepard y Metzler, 1971; Parsons, 1987, etc.). En otras palabras, podría pensarse que el niño recurre a la reconstrucción mental, tanto de los mo-

vimientos de acomodación necesarios para rotar el objeto, como de los aspectos figurativos a ellos asimilados (representaciones intermedias de las sucesivas «formas» presentadas por el objeto durante la rotación), cuando las condiciones de la tarea se lo permiten. En esta línea, podríamos aventurarnos a considerar este factor 1 como el factor cinemático, o mejor, como el espacio de movimiento específico del que Dionnet, Marti y Vitale (1986) hablan.

No obstante, al menos en los niveles evolutivos aquí abarcados, una estrategia de este tipo no sería suficiente para solucionar problemas de rotación con disposiciones estimulares que exigen la consideración simultánea de relaciones intra e interfigurales durante la transformación espacial, como sucede con las variables relativas a las rotaciones de disposición definidas en nuestra investigación. Probablemente, en estos casos, la mayor complejidad de la representación imaginativa hace preferible la utilización de estrategias relacionales, lo que, de alguna manera vendría a apoyar las tesis de Anderson (1978; 1983) y McNamara (1986) sobre la necesidad de aceptar un modelo mixto, en el que coexistieran códigos imaginativos y códigos proposicionales; de tal manera, que sería la función de la representación la que, en cierta medida, determinara su formato. Un código imaginativo podría utilizarse en el caso de información sobre configuraciones u objetos, mientras que uno proposicional sería más adecuado para la información relacional.

REFERENCIAS

- Acredolo, L.P. & Evans, D. (1980). Developmental change in the effect of landmarks on infant spatial behavior. *Developmental Psychology*, 16, 312-318.
- Al-Fakhri, S. (1976). Development of the concept of spatial coordinate system: Concept of perpendicular and horizontal. In S. Modgil & C. Modgil (Eds.), *Piagetian Research*, vol. 8, Windsor, Berks., NFER.
- Anderson, J.R. (1978). Arguments concerning representation for mental imagery. *Psychological Review*, 85, 249-277.
- Anderson, J.R. (1978). *The architecture of cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Blades, M. & Spencer, C. (1989). Young children's ability to use coordinate references. *The Journal of Genetic Psychology*, 150, 5-18.
- Calvo, M.T. (1991). *Aspectos implicados en la conceptualización del espacio: un estudio correlacional*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia (Soporte Microficha).
- Cooper, L.A. & Sheppard, R.N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.
- Dionnet, S.; Marti, E. & Vitale, B. (1986). Régularités spatiales dans la figuration du mouvement de rotation. *Archives de Psychologie*, 54, 137-153.
- Downs, R.M. (1981). Maps and mapping as metaphors for spatial representation. In L.S. Liben, A.H. Patterson & N. Newcombe (Eds.), *Spatial representation and behavior cross the life span*. New York: Academic Press.
- Inesco, I. (1983). *El desarrollo de conceptos espaciales. Un estudio transcultural*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Evans, G.W. (1983). Cognición ambiental. *Estudios de Psicología*, 14-15, 47-83.
- Evans, G.W. & Pezdek, K. (1980). Cognitive mapping. Knowledge of real world distance and location information. *Journal Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 13-24.
- Hardwick, D.A.; McIntyre, C.W. & Pick, H.L. (1976). The content and manipulation of cognitive maps in children and adults. *Monographs of Society for Research in Child Development*, 41, num. 166.
- Hart, R.A. & Moore, G.T. (1971). Development of spatial cognition a review Worcester, Massachusetts: Graduate School of Geography, Clark University. *Place Perception Research. Reports*, 7.
- Herman, J.; Shiraki, J.H. & Miller, B.S. (1985). Young Children's ability to infer spatial relationships: evidence for a large familiar environment. *Child Development*, 56, 1195-1203.

- Hinton, G.E. & Parsons, L.M. (1987). Scene-based and viewer centred representations for comparing shapes (citado por Parsons, 1987).
- Huttenlocher, J. & Presson, C. (1973). Mental rotation and the perspective problem, *Cognitive Psychology*, 4, 277-299.
- Huttenlocher, J. & Presson, C. (1979). The coding and transformation of spatial transformations, *Cognitive Psychology*, 11, 375-394.
- Kaplan, S. (1973). Cognitive maps in perception and thought. In R. Downs & D. Stea (Eds.), *Images and Environments*. Chicago: Aldine.
- Kuipers, B.J. (1983). The cognitive map: could it have been any other way? In H.L. Pick Jr. & L.P. Acredolo (Eds.), *Spatial orientation: Theory, Research and Application*. New York: Plenum Press.
- Laurendeau, M. & Pinard, A. (1968). *The development of the concept of space in child*. New York: International University Press.
- Liben, L.S. (1981). Spatial Representation and behavior. Multiple perspectives. In L.S. Liben, A.H. Patterson & N. Newcombe (Eds.), *Spatial representation and behavior across the life span*. New York: Academic Press.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.
- McNamara, T.P. (1986). Mental representations of spatial relations. *Cognitive Psychology*, 18, 87-112.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality*. San Francisco: Freeman.
- Newcombe, N. & Liben, L.S. (1982). Barriers effects in the cognitive maps of children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 34, 46-58.
- Olson, D.R. & Byalstok, E. (1983). *Spatial cognition: The structure and development of mental representations of spatial relations*. Hillsdale, New Jersey: I.F.A.
- Paivio, A. (1975). Perceptual comparisons through the mind's eye. *Memory and Cognition*, 3, 635-647.
- Piaget, J. (1971). *La epistemología del espacio*. Buenos Aires: Paidós.
- Piaget, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética. Vol. 1: El pensamiento matemático*. Buenos Aires: Paidós.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante. II. L'abstraction de l'ordre des relations spatiales*. Paris: PUF.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1977). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: PUF.
- Piaget, J.; Inhelder, B. & Szeminska, A. (1973). *La géométrie spontanée de l'enfant*. Paris: PUF.
- Pinol-Douriez, M. (1979). *La construcción del espacio en el niño*. Madrid: Pablo del Río.
- Presson, C.C. & Irig, I.H. (1982). Using mother as a spatial landmark: Evidence against egocentric coding in infancy. *Developmental Psychology*, 18, 699-703.
- Pylyshyn, Z.W. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Rosser, R.A. (1983). The emergence of spatial perspective-taking: An information processing alternative to egocentrism. *Child Development*, 54, 660-668.
- Shemyakin, F.N. (1962). Orientation in space. In B.G. Anayev et al. (Eds.), *Psychological Sciences in the USSR. Vol. 1*. Washington: Office of Technical Services. Report 62-11083.
- Sheppard, R.N. & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 191, 952-954.
- Somerville, S.C. & Bryant, P.E. (1985). Young children use of spatial coordinates, *Child development*, 56, 604-613.
- Stea, D. (1969). The measurement of mental maps: An experimental model for studying conceptual spaces. In K.R. Cox & R.G. Colledge (Eds.), *Behavioral problems in Geography*. Evanstone, Illinois: NUP.
- Stevens, A. & Coupe, P. (1978). Distortions in judged spatial relations. *Cognitive Psychology*, 10, 422-437.
- Thorndike, P.W. & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigations. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589.
- Tolman, E.C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.
- Weatherford, D.L. (1982). Spatial cognition as a function of size and scale of the environment. In R.H. Cohen (Ed.), *New directions for child development. Vol. 15: Children's conceptions of spatial relationships*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Weatherford, D.L. (1985). Models of neighborhoods. In R. Cohen (Ed.), *The development of spatial cognition*. Hillsdale, N.J.: LEA.

