



VALIDACION Y APLICACIONES DE UN TEST DE RAZONAMIENTO LOGICO

JOSÉ ANTONIO ACEVEDO DÍAZ
Inspección de Educación (Huelva)

JOSÉ M^a OLIVA MARTÍNEZ
IB "Cortadura" (Cádiz)

Resumen

Este artículo describe los estudios de fiabilidad y validez llevados a cabo sobre el TRL (*Test de Razonamiento Lógico*) -adaptación al castellano del TOLT (*Test Of Logical Thinking*)-, prueba consistente en un conjunto de diez tareas de papel y lápiz para administración colectiva, diseñada con objeto de evaluar cinco esquemas de razonamiento lógico: proporcionalidad, control de variables, probabilidad, correlación y operaciones combinatorias. Para ello se analizan las respuestas dadas a lo largo de la prueba por una muestra formada por alrededor de 1400 estudiantes de 8º EGB, BUP, COU y Diplomatura Universitaria. Los principales resultados derivados del análisis factorial muestran la validez de construcción del TRL. Asimismo, los datos de fiabilidad obtenidos indican la existencia de una consistencia interna razonablemente alta. Otros resultados apuntan también hacia la existencia de una correlación moderadamente fuerte entre el test y pruebas de rendimiento en física. Por último se sugieren diversas aplicaciones del TRL con fines instruccionales así como su uso en el campo de la investigación sobre el aprendizaje.

Palabras clave: Tareas de Razonamiento Lógico (TRL). Fiabilidad. Validez. Aplicaciones del TRL. Enseñanza de las Ciencias. Enseñanza de las Matemáticas.

Abstract

This paper describes the reliability and validity studies carried out in Spain with the *Test Of Logical Thinking* (TOLT). This is a group paper and pencil test consisting of 10 items based on five reasoning modes, viz., proportional reasoning, controlling variables, correlational reasoning, probabilistic reasoning and combinatorial reasoning. To this end, responses to the TOLT tasks from a sample of approximately 1400 Spanish Secondary School, Preuniversity and University students are used. The main results obtained from factor analysis show the construct validity of the Spanish version of the test. Likewise, the reliability data available shows a reasonably high internal consistency. Other results indicate a moderately strong correlation between performance on the TRL and physics achievement. Finally, several applications on instructional purposes as well as about educational research are also suggested.

Key words: Tasks of Logical Thinking (TOLT). Reliability. Validity. TOLT Applications. Science Education. Mathematics Education.

Introducción

El proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias experimentales y de las matemáticas viene condicionado y afectado por numerosos factores, siendo uno de los más relevantes el

nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes (Lawson, 1985). Sin embargo, durante la pasada década, los estudios educativos de orientación piagetiana han sido progresivamente desplazados -probablemente, como afirman algunos autores, de un modo prematuro (Pozo, 1988 b)- por otros centrados en las ideas previas, concepciones espontáneas y esquemas conceptuales de los escolares en diversas áreas científicas. De esta manera, constituyendo un fiel reflejo de lo que ha ocurrido en otras materias relacionadas, directa o indirectamente, con el aprendizaje y la adquisición de conocimientos -nos referimos aquí a disciplinas tales como la propia psicología cognitiva, la epistemología de las ciencias, o la misma inteligencia artificial-, se ha pasado del énfasis en el conocimiento de procedimientos de tipo general, al énfasis en el conocimiento de naturaleza declarativa; o en otras palabras, como diría Pozo (1988 a), de la "forma" al "contenido" del pensamiento.

Aunque desde un punto de vista psicológico hemos de reconocer que ambos enfoques difieren notablemente en la forma de explicar las dificultades para la comprensión de las ciencias (Pozo y Carretero, 1987), cabría preguntarse, no obstante, en qué medida resultarían irreconciliables (López-Rupérez, 1989), sobre todo teniendo en cuenta que el rechazo total de cualquiera de las dos perspectivas podría suponer la renuncia a una gran parte de la capacidad interpretativa de los hechos (Acevedo, 1991).

Por otra parte, como atinadamente apunta Pozo (1988 a), el pensamiento no puede reducirse ni a sus aspectos sintácticos, es decir, las reglas formales o estrategias generales lógicas de razonamiento, ni a los semánticos, esto es, los contenidos propios de cada materia. Así pues, como hemos venido repitiendo en diversas ocasiones (Acevedo, 1989, 1990, 1991, Oliva y Rosado 1990, 1991), y de acuerdo con otros autores (Gutiérrez, 1985, 1986, Lawson, 1982, 1983, López-Rupérez 1989, 1990, Pozo, 1987, 1988 a), consideramos necesario adoptar una posición integradora que, desde una perspectiva interaccionista, preste atención a ambos factores del ámbito cognitivo, los cuales han demostrado ya su importancia en el aprendizaje. Por esta razón, abogamos por retomar la dialéctica que debe existir siempre entre conceptos y procedimientos para superar así una vieja y creemos que estéril polémica. Y aún más, desde un punto de vista pragmático del proceso de enseñanza/aprendizaje, pensamos que tal visión podría resultar especialmente útil si tenemos en cuenta que, como señala Bromme (1988), los conocimientos prácticos precisan una transformación heurística que integre diversos enfoques teóricos.

Desde esta óptica, nos parece necesario tomar en mayor consideración el estudio de los denominados "*esquemas operatorios formales*", los cuales podrían explicar, entre otras cosas, algunos de los obstáculos que deben superar los estudiantes para cambiar sus ideas intuitivas por otras más científicas (Lawson y Thompson, 1988, Pozo, 1988 b). Estos esquemas aparecen en la conocida teoría sobre el pensamiento formal de Inhelder y Piaget (1955) a modo de una especie de eslabones entre las estructuras lógicas generales postuladas por ellos y la construcción de ciertas nociones específicas; en otras palabras, vendrían a ocupar una posición intermedia entre la competencia del sujeto epistémico y la actuación del sujeto psicológico. No obstante, a pesar de que los esquemas de razonamiento juegan un papel esencial en la resolución de tareas piagetianas y similares (Aguirre de Cárcer, 1985, Lawson, 1985), de que han sido utilizados a la hora de elaborar taxonomías para el análisis del curriculum de ciencias (Shayer y Adey, 1981) y de que, incluso, han llegado a ser ejemplificados en relación con cuestiones de física (Gutiérrez, 1984) y de química (Pozo, 1988 b), su significado no resulta suficientemente claro ni en la teoría original de Piaget, ni en los posteriores desarrollos que de la misma se han efectuado (Carretero, 1985).

Teniendo en cuenta los fundamentos que acabamos de esbozar se hace imprescindible, de cara a la investigación y a la propia toma de decisiones por parte del profesor en el aula, disponer de instrumentos útiles, fiables y válidos, que permitan valorar las capacidades de los

estudiantes en el uso de esquemas formales que resulten básicos para el aprendizaje de las ciencias experimentales y de las matemáticas. Si bien es posible que una parte importante del comportamiento inteligente del ser humano pueda explicarse sobre la base de los conocimientos disponibles en cada situación particular (Resnick, 1983), y que el uso de reglas lógicas de razonamiento se vea profundamente mediatizado por los conocimientos que se poseen en cada área -consultese si no, por ejemplo, los trabajos de Pozo (1988 a) o Viennot (1989)-, diremos, a este respecto, que se hace preciso postular la existencia de una dependencia sólo parcial entre el uso del conocimiento de los procedimientos y el contenido inmerso en cada caso concreto (Nelson et al. 1983), cobrando sentido hablar, por tanto, de una cierta competencia o nivel general de razonamiento abstracto que va más allá de los aspectos particulares.

Con el fin de evaluar dichas capacidades en contextos educativos se han diseñado diversas pruebas de papel y lápiz como alternativas a las entrevistas clínicas, unas basadas en las tareas propuestas por el propio Piaget, otras diferentes, e incluso algunas de ellas más desligadas de conocimientos científicos específicos. Por razones obvias no podemos describirlas aquí, ni tampoco discutiremos las ventajas de unas y otras, remitiendo al lector interesado a revisiones bibliográficas bien documentadas (por ejemplo, Carretero, 1980, 1985, Lawson, 1985), o a los comentarios que sobre las más usadas en la investigación española de didáctica de las ciencias ya hemos hecho en otro lugar (Acevedo et al. 1991).

De los distintos grupos de tareas que hemos consultado, y en función de los intereses que teníamos en relación con diversos proyectos de investigación que estamos llevando a cabo, seleccionamos el "*Test Of Logical Thinking*" (TOLT), diseñado por Tobin y Capie (1981) y traducido al castellano por el *Seminario Permanente de Investigación en Didáctica de las Ciencias* de Cádiz (Oliva e Iglesias, 1990), cuyas características más relevantes resumiremos después. El propósito principal de este artículo es presentar los datos de fiabilidad y validez obtenidos a partir de una adaptación al castellano del TOLT que hemos dado en llamar "*Test de Razonamiento Lógico*" (TRL).

Aspectos metodológicos

1. Características del TRL

Salvo matices propios del lenguaje, el TRL respeta fielmente las características del TOLT (Tobin y Capie 1981), el cual ha sido usado en numerosos estudios con alumnos de secundaria, preuniversitarios y universitarios en varios países anglosajones (Tobin, 1988).

El TOLT consiste en un cuestionario de diez tareas de papel y lápiz, dos por cada uno de los siguientes esquemas de razonamiento: *proporcionalidad (PP)*, *control de variables (CV)*, *probabilidad (PB)*, *correlación (CR)* y *operaciones combinatorias (CB)*. Las ocho primeras constituyen cuestiones de dos niveles -respuesta y explicación-, diseñadas con un formato de opción múltiple tanto en lo que se refiere a la respuesta como a su correspondiente justificación. Ello minimiza las posibilidades de acierto por azar a la vez que facilita su corrección y posterior tratamiento estadístico. Tanto las respuestas como las explicaciones sugeridas como posibles alternativas, corresponden a algunos de los errores sistemáticos más frecuentes en los que suele incurrirse en la resolución de este tipo de problemas (Garnett y Tobin, 1984, Garnett, Tobin y Swingler, 1985, Acevedo y Romero, 1991, 1992). Por el contrario, las dos últimas preguntas, referentes a combinaciones y permutaciones, son de respuesta abierta semiestructurada.

Los sujetos disponen de un total de treinta y ocho minutos para la realización de la prueba, si bien a determinados intervalos de tiempo se les va aconsejando que cambien de cuestión con objeto de que no sean siempre los últimos items los que se dejen sin contestar. El reparto

de tiempo que se aconseja es el de tres minutos para cada uno de los cuatro primeros ítems, cuatro minutos para cada uno de los cuatro siguientes, y finalmente cinco minutos para las dos últimas tareas.

2. Muestra

En el estudio ha participado una muestra de 1406 alumnos y alumnas correspondientes a nueve centros (siete de Huelva y dos de Cádiz), de los que tres son Colegios de EGB (dos públicos y uno privado), cinco Institutos de Bachillerato (uno de experimentación de la reforma educativa) y, por último, una Escuela Universitaria Politécnica. Se cubre así una amplia gama de estudiantes de Educación Secundaria, Preuniversitaria y Diplomatura Universitaria, que va desde 8^o de EGB hasta 2^o de EUP, con edades comprendidas entre 13 y 21 años, siendo la edad media de 16 años.

Por niveles escolares la distribución de la muestra ha sido la siguiente: 279 (8^o EGB), 135 (1^o BUP/1^o REM), 694 (2^o BUP/2^o REM), 133 (3^o BUP/3^o REM), 88 (COU/4^o REM), 42 (1^o EUP, Ingeniería Agrícola) y 35 (2^o EUP, Diplomatura Informática). Asimismo, señalaremos que el espectro socioeconómico de la población participante varía entre medio-alto y medio-bajo, predominando los sujetos de niveles comprendidos entre medio y medio-bajo.

3. Procedimiento

La valoración se ha llevado a cabo considerando cada pregunta como correcta sólo si se respondía según la opción adecuada a la respuesta y a la explicación simultáneamente. De esa forma, la máxima puntuación posible que se podía alcanzar a lo largo de la prueba era de diez. Además, tal y como recomiendan los propios autores del TOLT, la variable resultante de las puntuaciones totales logradas en el TRL se ha tratado como continua, en lugar de usar las habituales clasificaciones discretas de concretos/formales basadas en criterios piagetianos. Lo mismo se ha hecho, también, con las puntuaciones parciales en las subescalas PP, CV, PB, CR y CB, correspondientes a los cinco esquemas de razonamiento evaluados.

Los datos obtenidos con el TRL siguiendo las normas anteriores, se sometieron a los siguientes estudios estadísticos:

a) *Fiabilidad como consistencia interna* por el procedimiento de las dos mitades (ítems pares e impares), determinando a continuación el coeficiente de Spearman-Brown.

b) *Validez interna de construcción*, mediante un análisis factorial por el método de los componentes principales y rotación oblicua "*oblimin*". El objetivo del mismo era determinar qué dimensiones explican la varianza de las puntuaciones TRL de los sujetos.

c) *Validez externa de tipo concurrente*, a partir de la correlación entre las puntuaciones del TRL y las obtenidas en pruebas de rendimiento en el área de mecánica.

Mientras que en los dos primeros casos se ha manejado la muestra íntegra de estudiantes descrita, en el tercero sólo participó una parte de la misma formada por 115 escolarizados en 2^o de BUP procedentes de uno de los Institutos de Bachillerato, que habían sido objeto de seguimiento a lo largo de todo el curso para comprobar su evolución en la asignatura de Física y Química.

Finalmente, señalaremos que el procesamiento estadístico de la información obtenida en estos estudios se realizó alternativamente tanto con el paquete estadístico SPSS/PC+ (Norusis 1986) como con el programa PROGSTAD.

Resultados y Discusión

1. Puntuaciones globales del TRL

Si bien el objeto de este artículo no es hacer una descripción pormenorizada de las limitaciones y dificultades que tienen los alumnos y las alumnas en la resolución de las tareas del TRL, algunas de las cuales hemos discutido en otros trabajos (Acevedo y Romero 1991, 1992, Acevedo, Romero y Romero 1990), parece conveniente indicar aquí que las puntuaciones medias alcanzadas oscilan entre 2'1 (d.s.= 2'0) y 7'1 (d.s.= 2'3), según los diversos niveles escolares evaluados, siendo el valor medio correspondiente a la muestra de 3'7 (d.s.= 2'6).

Las respuestas adecuadas se distribuyen en un rango que va desde sólo algo más de la sexta parte de la muestra para el ítem 6 de probabilidad hasta alrededor de la mitad en el ítem 3 de control de variables. Para más detalles ver la tabla 1.

TABLA 1: Frecuencias relativas (%) de respuestas correctas en los diferentes ítems del TRL (N=1406)

ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO	ITEMS	% RESPUESTAS CORRECTAS
PROPORCIONALIDAD	1 (PP1)	46'2
	2 (PP2)	32'6
CONTROL DE VARIABLES	3 (CV1)	51'1
	4 (CV2)	47'1
PROBABILIDAD	5 (PB1)	22'3
	6 (PB2)	17'1
CORRELACION	7 (CR1)	33'7
	8 (CR2)	43'0
COMBINATORIA	9 (CB1)	39'9
	10 (CB2)	38'1

Por otro lado, agrupando las preguntas por esquemas, los porcentajes de resoluciones correctas varían desde sólo casi la quinta parte en los problemas de probabilidad hasta aproximadamente la mitad en las cuestiones sobre control de variables, que han resultado ser las más sencillas (tabla 2).

Por último, en la tabla 3 se muestran las frecuencias relativas, expresadas en tanto por ciento, de sujetos que, respectivamente, resuelven correctamente dos tareas, alguna o ninguna en cada uno de los esquemas de razonamiento propuestos.

Aunque las puntuaciones TRL de nuestro estudio reflejan porcentajes de aciertos más bajos que los presentados por otros investigadores que hicieron uso del TOLT con escolares de secundaria australianos (Garnett, Tobin y Swingler 1985) o con profesores de ciencias en formación (Garnett y Tobin 1984), guardan en conjunto, sin embargo, un cierto paralelismo

salvo en pequeños matices. Igualmente, confirman una vez más que un amplio número de estudiantes de secundaria, e incluso universitarios, no emplean modos de razonamiento característicos del pensamiento formal, que son necesarios para resolver una gran variedad de problemas.

TABLA 2: Frecuencias relativas (%) de respuestas correctas en los cinco esquemas de razonamiento del TRL (N=1406)

ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO RESPUESTAS	% CORRECTAS
PROPORCIONALIDAD (PP)	39'4
CONTROL DE VARIABLES (CV)	49'1
PROBABILIDAD (PB)	19'7
CORRELACIÓN (CR)	38'3
COMBINATORIA (CB)	39'0

TABLA 3: Frecuencias relativas (%) de items resueltos correctamente en cada una de las cinco subescalas del TRL

ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO	% ITEMS RESUELTOS CORRECTAMENTE		
	Ninguno	Uno	Ambos
PROPORCIONALIDAD (PP)	50'0	21'2	28'8
CONTROL DE VARIABLES (CV)	38'7	24'4	36'9
PROBABILIDAD (PB)	72'0	16'6	11'4
CORRELACIÓN (CR)	42'8	37'8	19'4
COMBINATORIA (CB)	47'4	27'3	25'3

TABLA 4: Coeficientes Spearman-Brown de fiabilidad como consistencia interna en el TRL (N=1406)

ESCALAS CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO	COEFICIENTES SPEARMAN-BROWN
PROPORCIONALIDAD (PP)	0'76
CONTROL DE VARIABLES (CV)	0'69
PROBABILIDAD (PB)	0'66
CORRELACIÓN (CR)	0'35
COMBINATORIA (CB)	0'59

2. Fiabilidad

La estructura del TRL resulta muy adecuada de cara a estimar su consistencia interna mediante la prueba de las dos mitades. El coeficiente de fiabilidad de Spearman-Brown arrojó, en nuestro caso, un valor de 0'82, razonablemente alto y similar al de 0'84 obtenido por Tobin (1988) para el TOLT. Por otra parte, en la tabla 4 se expresan esos mismos coeficientes para cada una de las cinco subescalas del TRL. Estos resultan, como vemos, altos o moderadamente altos, salvo quizás el correspondiente al razonamiento correlacional, lo que también sucede en alguna medida en el TOLT.

3. Validez interna

Una primera prueba empírica de la validez discriminante del TRL se deriva de la matriz de correlaciones entre los cinco esquemas de razonamiento mostrada en la tabla 5. Dichos coeficientes están comprendidos entre 0'24 y 0'37, lo cual nos indica la existencia de una moderada pero aceptable relación entre los citados esquemas, dado que en todos los casos se observan valores estadísticamente significativos a un nivel que va más allá del 0'001.

TABLA 5: Matriz de correlaciones entre los cinco esquemas de razonamiento del TRL (N=1406).

	PP	CV	PB	CR	CB
PP	1'00				
CV	0'33*	1'00			
PB	0'37*	0'24*	1'00		
CR	0'30*	0'26*	0'31*	1'00	
CB	0'29*	0'30*	0'33*	0'26*	1'00
(*) $p < 0'001$					

Estos resultados podrían constituir, por sí mismos, una prueba evidente de la validez de construcción del TRL. No obstante, el principal soporte experimental de su validez lo proporciona el análisis factorial realizado, el cual se ha llevado a cabo por el método de los componentes principales aplicando la técnica de rotación oblicua "oblimin". Cuando se conservan cinco factores en este análisis, la solución obtenida permite explicar hasta casi las tres cuartas partes de la varianza común de las puntuaciones globales obtenidas en la prueba. En la tabla 6 se indican las correlaciones observadas entre cada uno de los ítems del TRL y los cinco factores extraídos. De ella se desprende claramente que las cargas de las dos cuestiones de proporcionalidad están saturadas fundamentalmente en el primer factor, las dos de control de variables en el segundo, las dos de probabilidad en el quinto, las dos de operaciones combinatorias en el tercero y las dos de correlaciones en el cuarto. Así pues, podemos interpretar que cada factor se corresponde, respectivamente, con cada uno de los cinco esquemas de razonamiento que el TRL pretende evaluar mediante subgrupos de dos tareas.

TABLA 6: Análisis factorial de los datos del TRL: solución para cinco factores. Cargas de la matriz factorial obtenida por rotación oblicua oblmin (N=1406)

ITEMS	TAREAS	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
1	PP1	0'93	0'03	0'03	0'01	0'04
2	PP2	0'86	0'05	0'04	0'02	0'06
3	CV1	0'01	0'88	0'02	0'04	0'04
4	CV2	0'03	0'85	0'04	0'05	0'06
5	PB1	0'06	0'08	0'06	0'02	0'84
6	PB2	0'04	0'07	0'04	0'03	0'87
7	CR1	0'01	0'07	0'03	0'92	0'07
8	CR2	0'03	0'07	0'05	0'57	0'11
9	CB1	0'03	0'10	0'77	0'02	0'01
10	CB2	0'03	0'09	0'89	0'01	0'00

Quando se conserva solamente un factor en el análisis realizado, éste da cuenta de cerca de la tercera parte de la varianza común entre las puntuaciones parciales del TRL. En este caso, el rango de las cargas de los distintos items varía entre 0'39 y 0'68, comparable al obtenido por Tobin (1988) con el TOLT (0'42-0'78). La tabla 7 recoge las correlaciones resultantes entre cada cuestión y el factor extraído, el cual habría de ser interpretado en términos del razonamiento formal lógico-matemático subyacente que tienen en común los cinco esquemas operatorios incluidos en el TRL. La varianza explicada por dicho factor es bastante superior a la del escaso 13% encontrado por nosotros en una prueba sobre preconceptos e ideas intuitivas en mecánica que se pasó a estudiantes de 2º de BUP (Oliva y Rosado, 1991). Hemos de considerar, por tanto, que si actualmente se acepta como válida la existencia de "supuestos" esquemas conceptuales en el alumnado, que se manifiestan a través de sus ideas intuitivas -creencia que, por otra parte, también compartimos-, no tenemos más remedio que admitir, igualmente, la presencia de ciertos rasgos comunes -por lo menos parcialmente- en los aspectos formales del pensamiento lógico-matemático de los individuos.

TABLA 7: Análisis factorial de los datos del TRL: solución para un solo factor. Cargas de la matriz factorial (N=1406)

ITEMS	TAREAS	FACTOR 1
1	PP1	0'63
2	PP2	0'68
3	CV1	0'56
4	CV2	0'58
5	PB1	0'59
6	PB2	0'60
7	CR1	0'39
8	CR2	0'51
9	CB1	0'59
10	CB2	0'49

En resumen, como se desprende de los resultados expuestos, el análisis factorial sugiere que las tareas del TRL sirven para evaluar una dimensión fundamental, que a su vez estaría constituida, al menos, por cinco esquemas de razonamiento relacionados con ella.

4. Validez externa

En este estudio hemos correlacionado, por último, las puntuaciones en el TRL de 115 estudiantes de 2º de BUP con las que obtuvieron globalmente a lo largo de cuatro pruebas, presentadas en condiciones de examen, diseñadas cuidadosamente con objeto de evaluar el rendimiento en el área de mecánica (TRM). Éstas estaban constituidas por cuestiones cualitativas abiertas (TCM) sobre interpretación y predicción de fenómenos próximos a la vida diaria, así como por problemas de carácter cuantitativo (TPM), algunos de ellos ejercicios numéricos habituales y otros concebidos como pequeñas investigaciones (Martínez-Torregrosa 1987, Gil-Pérez et al. 1988).

La tabla 8 recoge las correlaciones entre el TRL y estos cuestionarios, detectándose claramente valores elevados que son estadísticamente significativos ($p < 0'001$) en todos los casos. Evidentemente, las más altas se dan entre el resultado global de la prueba en su conjunto (TRM) y las dos partes que la componen (TCM y TPM). Así mismo, como era razonable esperar, también resulta bastante alta la que aparece entre el TCM y TPM, dado que hemos de suponer que la resolución de problemas cuantitativos debería requerir al mismo tiempo el uso de conceptos, lo que lamentablemente, creemos, no ocurre siempre así en nuestras aulas. Por otro lado, hemos de destacar las moderadamente altas correlaciones halladas entre el TRL y los indicadores de rendimiento empleados. Todas ellas son estadísticamente significativas ($p < 0'001$) y llegan a explicar un rango de varianza común que oscila entre el 31% y el 39%.

TABLA 8: Matriz de correlaciones entre el TRL y las pruebas de rendimiento en mecánica (N=115)

	TRL	TCM	TPM	TRM
TRL	1'00			
TCM	0'56*	1'00		
TPM	0'61*	0'72*	1'00	
TRM	0'63*	0'94*	0'93*	1'00

(*) $p < 0'001$

Estos valores son más elevados pero consistentes con los mostrados por Chandran et al. (1987) en un trabajo donde se correlacionaron, entre otras, las puntuaciones obtenidas en el TOLT por estudiantes australianos de 16-17 años de edad, con las logradas en pruebas de conocimiento en química ($r=0'38$) y de cálculos químicos ($r=0'41$). Otro tanto podemos decir del paralelismo existente con los encontrados por Tobin (1988), al correlacionar la puntuación del TOLT con las alcanzadas en siete pruebas de matemáticas por profesores australianos en formación (rango de "r" distribuido entre 0'44 y 0'63), o los de Tobin y Capie (1982) después de correlacionar ($r=0'70$), también para profesores en formación, las puntuaciones del TOLT con las correspondientes a destrezas en procesos científicos, evaluadas con el *Test of Integrated Science Processes (TISP)*.

Por otra parte, los resultados que presentamos aquí se encuentran en la misma línea que los obtenidos en nuestro país con otros instrumentos de evaluación, como, por ejemplo, los reseñados por López-Rupérez et al. (1986) para estudiantes de 2º de BUP -con un rango del coeficiente de correlación de Pearson comprendido entre 0'45 y 0'51- utilizando el *Test de Razonamiento Formal* de Longeot (1965) y un test de rendimiento en física; o los encontrados por Acevedo (1987) entre el razonamiento proporcional, evaluado a partir de dos tareas de respuesta abierta, y el rendimiento de estudiantes de 2º de BUP en física y química ($r=0'54$) y en matemáticas ($r=0'51$), estimados ambos a partir de las calificaciones escolares.

Aplicaciones del TRL

Tal y como acabamos de mostrar a lo largo de los estudios estadísticos anteriores, el TRL resulta suficientemente fiable y válido, además de adecuado para su administración colectiva en el aula en los niveles escolares señalados. Del análisis factorial realizado para validar su construcción se infiere que la prueba permite valorar la habilidad de los sujetos en cinco esquemas de razonamiento: proporcional, de control de variables, probabilístico, correlacional y combinatorio, los cuales presentan al mismo tiempo una característica común, al menos parcialmente, que muy bien podría interpretarse en términos del pensamiento formal postulado en la teoría de Piaget.

Pero, ¿qué puede aportar el TRL para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales y de las matemáticas? Por una parte, puesto que el TRL correlaciona bien, según se ha comprobado, con pruebas de rendimiento conceptual y de resolución de problemas, podría resultar un instrumento de diagnóstico útil y sencillo para obtener información sobre la situación de partida en el aula de los aspectos señalados. Esto debería servir, a la vez, para sensibilizar al profesorado acerca de la existencia de posibles limitaciones en el desarrollo cognitivo de sus alumnos y alumnas, en el sentido piagetiano del término, así como a los investigadores que sólo ven en los conocimientos previos de los estudiantes la única dificultad para el aprendizaje de las ciencias. De esta manera, se trataría de poner de relieve la importancia que tiene el que la enseñanza practicada llegue a prestar atención a un aprendizaje que, entre otras cosas, ayude a mejorar sustancialmente las capacidades operatorias formales de los estudiantes, de acuerdo ahora con las tesis de Vygotsky (1934, 1978), que consideramos, sin duda, más ricas que las aportadas por el propio Piaget.

Por otra parte, las tareas del TRL podrían emplearse con objeto de valorar los progresos escolares alcanzados en los cinco esquemas de razonamiento involucrados, no sólo cuantitativamente, a partir de la evaluación dicotómica éxito/fracaso obtenido en la resolución de las mismas, sino incluso a través del análisis de la coherencia entre respuesta y justificación o, lo que es más importante aún, mediante la clasificación cualitativa de los modos de razonamiento usados en cada esquema. Para este fin, se compararían los tipos de respuesta de los sujetos con aquellos representativos de diferentes poblaciones de estudiantes, de forma similar a como se ha realizado con tareas de proporcionalidad y probabilidad (Acevedo y Romero, 1991) o de correlación y combinatoria (Acevedo y Romero, 1992). Esta forma de evaluación cualitativa debería servir, al mismo tiempo, como elemento de reflexión curricular (Acevedo, 1991) acerca de ciertas funciones educativas que, desde el punto de vista del aprendizaje y del desarrollo cognitivo, tendrían que cumplir las innovaciones sobre ciencias y matemáticas que se vienen introduciendo en el aula en estos tiempos de reforma de la enseñanza (Acevedo, 1990).

Y, ¿para qué puede servir el TRL en la investigación en psicología del aprendizaje y en didácticas específicas? Para responder a esta pregunta tenemos que retomar algunos de los argumentos expuestos en la introducción de este artículo. En principio, somos conscientes de

que la epistemología piagetiana tiene actualmente una escasa influencia en la orientación de las investigaciones al uso, de manera que muchos han llegado a considerar que este paradigma se encuentra agotado (Linn, 1987) y que resulta regresivo (Gilbert y Swift, 1985), en el sentido que le otorga Lakatos (1978). Sin embargo, aun con sus limitaciones, los estudios de Piaget ofrecen un marco teórico bien fundamentado (López-Rupérez, 1990), que puede aportar sugerencias todavía no explotadas totalmente. De hecho, como advierte Pozo en el prólogo del excelente libro publicado por Llorens (1991), la teoría de Piaget, a pesar de sus insuficiencias, todavía no ha llegado a ser superada en cuanto a coherencia y capacidad interpretativa y predictiva por el emergente paradigma constructivista del aprendizaje.

Por ello, consideramos que las orientaciones didácticas surgidas durante la década de los ochenta, que centran su atención en las concepciones alternativas de los estudiantes y el cambio conceptual, aún se encuentran desprovistas de la suficiente fundamentación teórica propia como para poder prescindir de ciertas ideas relevantes desarrolladas por Bruner, Piaget, Vygotsky..., así como de los resultados consistentes que han proporcionado numerosas investigaciones basadas, principalmente, en la tradición piagetiana. Como muy bien señala Gutiérrez (1987), es necesario realizar importantes esfuerzos de síntesis, desde campos muy diversos, para intentar resolver los grandes problemas de interpretación y explicación que está originando la enorme cantidad de datos que se vienen acumulando procedentes de los trabajos de didáctica de las ciencias y las matemáticas. Por lo tanto, creemos que el estudio de las concepciones alternativas no debería resultar totalmente incompatible con algunas de las facetas aportadas por el enfoque piagetiano (Oliva y Rosado, 1990).

Para concluir estas reflexiones ilustraremos lo que venimos diciendo con un ejemplo. En un artículo anterior (Acevedo et al. 1989) mostramos cómo las concepciones previas a la enseñanza en dinámica elemental, a nivel de 2º de BUP, se encontraban igualmente lejanas del punto de vista científico tanto para estudiantes concretos como formales en tareas de razonamiento proporcional. Así mismo, en otros trabajos realizados (Oliva y Rosado, 1990, 1991) hemos puesto de manifiesto que la naturaleza de las ideas alternativas involucradas a esas edades en el área de mecánica no diferían, sustancialmente, en sujetos con mayor o menor capacidad de razonamiento formal medida con el TRL. No obstante, estos estudios indicaban también que, a pesar de que las nociones sobre mecánica newtoniana de alumnos de alto y bajo nivel de razonamiento formal no eran globalmente distintas, la consistencia en el uso de tales ideas a través de distintos contextos aumentaba a medida que lo hacían sus puntuaciones obtenidas en el TRL (Oliva y Rosado, 1990).

Por otro lado, a tenor de los resultados adicionales que proporciona el primero de los artículos citados -y los que se desprenden indirectamente del presente trabajo a partir de la moderadamente fuerte correlación observada entre el TRL y los conocimientos alcanzados en mecánica-, después del aprendizaje siguiendo una metodología de aula de orientación constructivista en temas de dinámica, la mayoría de los escolares que lograron hacer evolucionar sus concepciones hacia otras más acordes con el punto de vista científico fueron sujetos formales (Acevedo et al. 1989). Este hecho pudo ser explicado, al menos parcialmente, en conexión con los resultados comentados previamente, admitiendo la hipótesis de que los estudiantes con habilidades propias del pensamiento formal poseerían también una mayor capacidad para establecer relaciones entre conceptos, para percibir inconsistencias en los esquemas conceptuales que construyen e, incluso, para transferir los conocimientos adquiridos de unas situaciones a otras (Oliva y Rosado, 1990).

Vemos pues, a lo largo del ejemplo comentado, cómo aquellos enfoques que tienen en cuenta las ideas intuitivas y los esquemas de razonamiento lógico-formales, podrían servir para guiar investigaciones que ofrezcan ricos caudales de datos y para formular hipótesis de trabajo provistas de un apreciable poder interpretativo. Desde esta óptica, el TRL ha jugado, y puede

seguir jugando, el papel de un instrumento suficientemente riguroso como para ser usado en la investigación, la cual, no lo olvidemos, no puede regirse por los mismos criterios de análisis que las innovaciones educativas, aunque naturalmente existan importantes lazos de unión entre ambas. Dicho instrumento, en definitiva, conjuntamente con otros apropiados, podría ayudarnos en la búsqueda de interpretaciones y explicaciones de los datos descriptivos que ya poseemos.

Nota

Agradecemos a Kenneth Tobin el habernos facilitado la versión original del Test Of Logical Thinking (TOLT), así como la información necesaria para su correcta utilización y la documentación complementaria.

Referencias

- Acevedo, J.A. (1987): *Razonamiento proporcional de estudiantes de 2º de BUP y rendimiento en Física y Química y Matemáticas*. Documento del Seminario Permanente de Didáctica de la Física y Química, Huelva.
- Acevedo, J.A. (1989): Desarrollo cognitivo y matemáticas. Un ejemplo: la evolución del razonamiento proporcional en BUP. *Epsilon*, 13, 51-57.
- Acevedo, J.A. (1990): Res permanens? Sobre el aprendizaje de los conceptos básicos de la mecánica. *Revista Española de Física*, 4(2), 38-42.
- Acevedo, J.A. (1991): *Proyecto TRL. Una investigación en curso*. Documento del Área de Investigación e Innovación Educativa, Extensión de Huelva del ICE de la Universidad de Sevilla.
- Acevedo, J.A., Bolívar, J.P., López-Molina, E.J. y Trujillo, M. (1989): Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 27-34.
- Acevedo, J.A., Bolívar, J.P., López-Molina, E.J. y Trujillo, M. (1991): Modelos de razonamiento en dos tareas de proporcionalidad. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 44(2), 175-182.
- Acevedo, J.A., Romero, S. y Romero, J. (1990): *L'évolution du raisonnement formel des étudiants depuis l'Enseignement Secondaire jusqu'au l'Université*. Comunicación expuesta en la 42 Reunión Internacional de la CIEAEM, Szczyrck, Bielsko-Biala, Polonia.
- Acevedo, J.A. y Romero, S. (1991): El error sistemático en la resolución de tareas de proporcionalidad y probabilidad. *Epsilon*, 19, 9-22.
- Acevedo, J.A. y Romero, S. (1992). El desarrollo del razonamiento lógico en Matemáticas: correlación y combinatoria. *Suma*, 11/12, 42-52.
- Aguirre de Cárcer, I. (1985). *Los adolescentes y el aprendizaje de las ciencias*. Madrid, Publicaciones del M.E.C.
- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29.
- Carretero, M. (1980). Investigaciones sobre el pensamiento formal. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 35(1), 1-28.
- Carretero, M. (1985). El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: las operaciones formales. En M. Carretero, J. Palacios y A. Marchesi (Comp.): *Psicología evolutiva 3. Adolescencia, madurez y senectud*. Madrid, Alianza, 37-93.
- Chandran, S., Treagust, D.F. y Tobin, K.G. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- Garnett, P.J. y Tobin, K.G. (1984). Reasoning patterns of preservice elementary and middle school science teachers. *Science Education*, 68(5), 621-631.
- Garnett, P.J., Tobin, K.G. y Swingler, D.G. (1985). Reasoning abilities of secondary school students aged 13-16 and implications for the teaching of science. *European Journal of Science Education*, 7(4), 387-397.
- Gilbert, J.K. y Swift, D.J. (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), 681-696.
- Gil-Pérez, D., Dumas-Carré, A., Caillot, M., Martínez-Torregrosa, J. y Ramírez-Castro, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3-20.
- Gutiérrez, R. (1984). *Piaget y el currículum de Ciencias*. Madrid, Narcea.
- Gutiérrez, R. (1985). La investigación didáctica en el área de ciencias: ¿Nueva crisis de paradigmas?. *Enseñanza de las Ciencias (I Congreso)*, número extra, 5.
- Gutiérrez, R. (1986). Modelos de investigación psicológica en el área de Ciencias: contemporaneidad, complementariedad y soluciones de compromiso. *Actas de las Jornadas sobre la Investigación Educativa en el Área de Ciencias Experimentales*, Bilbao, Gobierno Vasco, 19-31.

- Gutiérrez, R. (1987). La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 268, 339-362.
- Inhelder, B. y Piaget J. (1955). *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Essais sur la construction des structures opératoires formelles*. París, P.U.F. Traducción castellana de M.T. Cevasco (1972): *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires, Paidós.
- Lakatos, I. (1978): *The methodology of scientific research programmes. Philosophical papers, volume I*. Cambridge, Cambridge University Press. Traducción castellana de J.C. Zapatero (1983): *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, Alianza.
- Lawson, A.E. (1982): The reality of general cognitive operations. *Science Education*, 66(2), 229-241.
- Lawson, A.E. (1983): Predicting science achievement: the role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 117-129.
- Lawson, A.E. (1985): A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569-617.
- Lawson, A.E. y Thompson, L.P. (1988): Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- Linn, M.C. (1987): Establishing a research base for Science Education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- Longeot, F. (1965): Analyse statistique de trois tests genetique collectifs. *Bulletin de l'Institute National d'Etude*, 20(4), 219-237.
- López-Rupérez, F. (1989): La exigencia cognitiva en Física: interpretación piagetiana e interpretación constructivista. *Enseñanza de las Ciencias (III Congreso)*, número extra, tomo 2, 247-250.
- López-Rupérez, F. (1990): Epistemología y Didáctica de las Ciencias. Un análisis de segundo orden. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 65-74.
- López-Rupérez, F., Palacios-Gómez, C., Brincones-Calvo, I., Garrote-Flores, R. y Sánchez-González, J. (1986): Pensamiento formal y rendimiento en Física. Análisis de la validez del test de Longeot por referencia a tests de rendimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 36-44.
- Llorens-Molina, J.A. (1991): *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid, Visor.
- Martínez-Torregrosa, J. (1987): *La resolución de problemas de Física como investigación: Un instrumento de cambio metodológico*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Valencia.
- Nelson, K., Fivush, R., Hudson, J. y Lucariello, J. (1983): Scripts and development of memory. *Contributions to Human Development*, 9, 52-70.
- Norusis, M.J. (1986): *SPSS/PC for the IBM PC/XT*. Chicago, SPSS Inc.
- Oliva, J.M. e Iglesias, A. (1990): *Influencia de los factores cognitivos de los alumnos y de las variables contextuales del aula en la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias*. Memoria de Investigación no publicada del Seminario de Investigación en Didáctica de las Ciencias, Cádiz.
- Oliva, J.M. y Rosado, L. (1990): Influencia de la habilidad de razonamiento formal y del estilo cognitivo en la naturaleza y consistencia de las ideas previas de los estudiantes sobre mecánica: primeros resultados. *Actas VII Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 252-262.
- Oliva, J.M. y Rosado, L. (1991): Estudio de validación de un cuestionario exploratorio sobre ideas previas y errores conceptuales en mecánica. *Actas de la XXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física*, tomo I, 60-61.
- Pozo, J.I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor.
- Pozo, J.I. (1988 a): De las tormentosas relaciones entre forma y contenido en el pensamiento: crónica de un romance anunciado. *Estudios de Psicología*, 35, 117-135.
- Pozo, J.I. (1988 b): Procesos psicológicos en el cambio conceptual en química. En T. Escudero (Coord.): *Aspectos Didácticos de Física y Química (3)*. Publicaciones del ICE de la Universidad de Zaragoza, 11-35.
- Pozo, J. I. y Carretero, M. (1987): Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿qué cambia en la enseñanza de las ciencias? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- Resnick L.B. (1983): Mathematics and Science Learning: A new conception. *Science*, 120, 477-488.
- Shayer, M. y Adey, P. (1981): *Towards a science of science teaching*. London, Heinemann. Traducción castellana de A. Cameno (1984): *La Ciencia de enseñar Ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Madrid, Narcea.
- Tobin, K.G. (1988): *Applications of the test of logical thinking*. Unpublished paper. Florida State University, U.S.A.
- Tobin, K.G. y Capie, W. (1981): Development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-424.
- Tobin, K.G. y Capie, W. (1982): Relationships between classroom process variables and middle school science achievement. *Journal of Educational Psychology*, 74, 441-454.
- Viennot, L. (1989): La didáctica en la enseñanza superior, ¿para qué?. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 3-13.
- Vygotsky, L.S. (1934): *Pensamiento y lenguaje*. Traducción castellana del original en ruso de M.M. Rotger (1987). Buenos Aires, La Pléyade.
- Vygotsky, L.S. (1978): *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. Traducción castellana de S. Furió (1979): *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona, Crítica/Grijalbo.