

PENSAMIENTO FORMAL Y RENDIMIENTO EN FISICA. ANALISIS DE LA VALIDEZ DEL TEST DE LONGEOT POR REFERENCIA A TESTS DE RENDIMIENTO

LOPEZ RUPEREZ, F., PALACIOS GOMEZ, C., BRINCONES CALVO, I., GARROTE FLORES, R. y SANCHEZ GONZALEZ, J.
I.B. Experimental-Piloto «Cardenal Herrera Oria»
I.C.E. de la Universidad Autónoma de Madrid

SUMMARY

This study investigated the influence of psychological factors, such as general fluid intelligence, measured by Raven Progressive Matrices Test, or cognitive development measured by Longeot test, on the achievement in a High School Physics course. A previously analyzed set of five different tests with twenty five items, multiple-choice each, was used. The convergent validity and the predictive power of the Longeot test in relation to physics tests was examined. Finally, the implications for Physics teaching are discussed.

1. INTRODUCCION

Las estadísticas oficiales referidas a los porcentajes de alumnos que suspenden en las diferentes asignaturas de los distintos cursos de Bachillerato, arrojan datos globales los cuales, por encima de la influencia de variables relevantes, tales como criterios de evaluación, motivación, metodología o competencia del profesor, reproducen básicamente una escala de dificultades de las distintas asignaturas que componen un curso dado (López Rupérez, 1983). El nivel de exigencia de los programas oficiales canalizado a través de los libros de texto (Aguirre de Cárcer, 1983) constituye un factor cuya influencia sobre los resultados es, con toda probabilidad y en términos globales, la más importante.

En este contexto, la noción de dificultad adquiere una dimensión estadística al parecer necesariamente referida al comportamiento de la población estudiantil en su conjunto. La asignatura de Física y Química es difícil porque una importante fracción de alumnos la suspende habitualmente, dicho de otro modo, porque requiere de éstos, en los actuales niveles de Enseñanza Secundaria, una serie de habilidades cuya adquisición no les resulta fácilmente asequible.

Una opción que viene recibiendo especial atención, particularmente en el ámbito específico de la Enseñanza de las Ciencias (Shayer y Adey, 1984), supone aceptar como marco conceptual al que referir las investigaciones sobre el desarrollo del curriculum, el que ofrece la teoría de Piaget sobre la evolución cognitiva del ser humano (Piaget, 1972-1975; Piaget e Inhelder, 1972; Linn,

1980; Carretero, 1980). Existe en la actualidad cierta evidencia experimental, acumulada principalmente en la última década, que apunta al intervalo de edad en el que los alumnos cursan nuestra actual Enseñanza Media como una etapa crítica, intermedia o de transición entre el estadio concreto y el formal en los primeros años, con una incorporación al estadio formal, ya sea inicial o avanzado, en los últimos (Shayer y Wilam, 1978; Chiappetta, 1976; Boulanger y Kremer, 1981; López Rupérez y otros, 1985a). Las dificultades del aprendizaje de la Física y la Química y su elevado nivel de fracaso podrían ser enfocados, al menos en parte, como una consecuencia de la falta de adecuación entre las exigencias de los actuales currícula y el nivel medio de desarrollo cognitivo del alumnado correspondiente.

Debido a la importancia, tanto del tema en sí como de la laguna existente en nuestro país respecto de su tratamiento cuantitativo, hemos emprendido un estudio sistemático (López Rupérez, 1984) que nos permitirá aportar información sobre algunos factores que influyen en el rendimiento en Física, poniendo un énfasis especial, en el trabajo que aquí se presenta, en el nivel de desarrollo cognitivo medido mediante el test de Longeot. Otro objetivo de nuestra investigación ha sido confrontar el test de Longeot y el conjunto de pruebas objetivas (Tests del PEICE) (López Rupérez y otros, 1985b) utilizadas en la medida del rendimiento en Física con el propósito de analizar algunas cuestiones relativas a la validez de los instrumentos empleados.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Muestra

La muestra inicial estuvo compuesta por 223 alumnos (114 alumnos y 109 alumnas) de segundo de B.U.P. del curso 1982-83 del I.B. Experimental-Piloto «Cardenal Herrera Oria» de Madrid. Algunas restricciones impuestas por nosotros en los análisis correlacionales, y consistentes en eliminar todos aquellos casos para los

cuales carecíamos del valor de alguna de las diferentes variables primarias o secundarias investigadas, redujeron la anterior cifra a un número ligeramente inferior que es presentado, junto con los datos, en el apartado de resultados. El status socioeconómico de la muestra puede calificarse de medio/medio-alto tal y como se deduce del perfil que se presenta en los histogramas de la Figura 1 referentes al nivel ocupacional y de estudios de los padres.

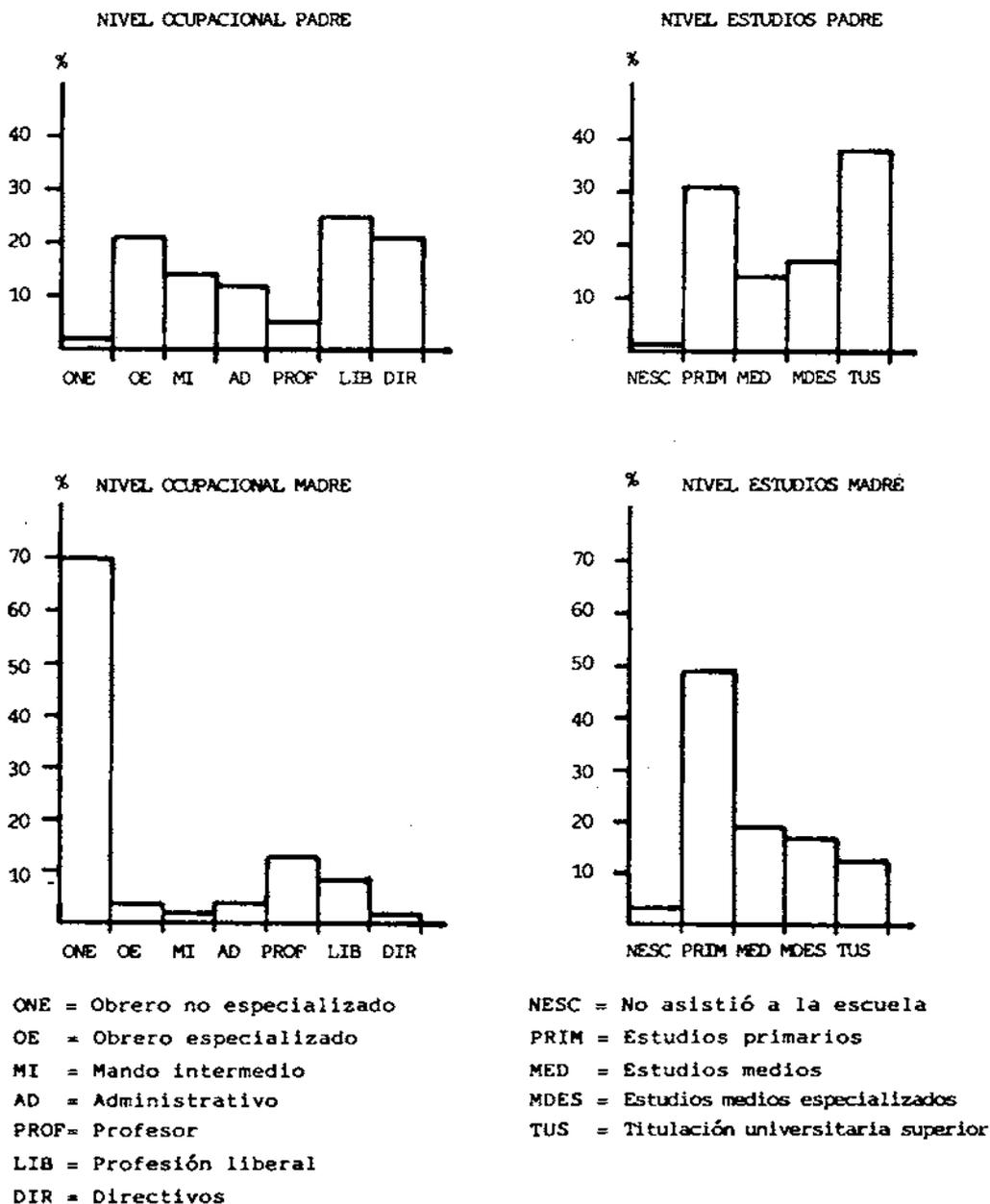


fig. 1 Perfil socioeconómico de la muestra investigada.

Tabla 1
Definición de variables e instrumentos de medida utilizados en el trabajo.

VARIABLE	ABREVIATURA	INSTRUMENTO
. Inteligencia general	TRAV	Test de Raven de las Matrices Progresivas
. Nivel de desarrollo cognitivo inicial	TL1	Test de Longeot
. Nivel de desarrollo cognitivo final	TL2	Test de Longeot
. Valor medio	TLM	Test de Longeot
. Rendimiento obtenido en Física (Sobre 125 ítems)	ROBJ	Tests del PEICE
. Rendimiento objetivo en Física sobre los 103 ítems clasificados en concretos y formales.	RO	Tests del PEICE clasificados
. Porcentaje de aciertos a los ítems de Física clasificados como concretos.	PCC	Tests del PEICE clasificados
. Porcentaje de aciertos a los ítems de Física clasificados como formales.	PCF	Tests del PEICE clasificados

2.2. Definición de variables e instrumentos de medida

En esencia, tres tipos de variables han sido analizadas en la presente investigación: Inteligencia general, Nivel piagetiano de desarrollo cognitivo y Rendimiento en Física (Tabla 1).

Inteligencia general. Test de Raven

Aun cuando no se disponga todavía de una comprensión cabal de la naturaleza psicológica de la inteligencia general, se considera el test de Raven de las matrices progresivas (Raven, 1962) como «un medio adecuado para estimar todas las operaciones mentales de análisis y síntesis que intervienen en los procesos de razonamiento más elevados y, al mismo tiempo, para discriminar con claridad entre personas de capacidad intelectual superior» o también, como una medida adecuada del principal componente de un indefinidamente amplio número de tareas mentales altamente diver-

sas (Jensen, 1972). Por tal motivo, en esta investigación se ha empleado como definición operacional de inteligencia fluida general el número de aciertos de la serie II del test de Raven (TRAV).

Nivel piagetiano de desarrollo cognitivo. Test de Longeot.

La realización individual de tareas piagetianas y su consiguiente evaluación mediante entrevistas clínicas constituye, dentro del marco que proporciona la teoría de Piaget, el procedimiento directo de medida del nivel de desarrollo cognitivo. Dicho procedimiento presenta inconvenientes de distinto tipo cuando interesa entender el estudio a una muestra amplia. Por tal motivo, se han desarrollado diferentes clases de tests (Bart, 1972; Lawson, 1978; Shayer, 1979) que pretenden medir lo mismo pero con mayor agilidad, aún a costa de una cierta pérdida de validez concurrente, entre los cuales se encuentran el test de Longeot (1962-1965).

El test de Longeot es un test de lápiz y papel que ha sido empleado con anterioridad con éxito en diferentes estudios, habiendo sido a su vez objeto de investigación (Ward y otros, 1981; Ahlawat y Billem, 1982). Construido por Longeot originalmente en francés y traducido por Shehan al inglés, ha sido traducido al español por Aguirre de Cárcer (1983a), siendo tal versión la empleada por nosotros en esta investigación. Consta de cuatro pruebas diferentes que hacen referencia a diferentes aspectos del razonamiento formal, tales como inclusión de clase, lógica de proposiciones, probabilidades y operaciones combinatorias. Los diferentes ítems que componen cada prueba han sido clasificados por su autor en concretos y formales. En este trabajo hemos considerado la puntuación obtenida por un sujeto en el test de Longeot (TL) como una medida válida de su nivel de desarrollo cognitivo.

Rendimiento en Física. Tests del PEICE.

El rendimiento en Física ha sido medido con el auxilio de cinco pruebas de 25 ítems de opción múltiple cada una de ellas referidas a otras tantas unidades de contenido (Movimientos; Fuerza; masa y movimiento; Masa e interacción gravitatoria; Carga e interacción electrostática; Interacción entre cargas en movimiento) que constituyen una muestra representativa de un curso de Física Básica y de su repertorio de dificultades. Tales pruebas fueron previamente analizadas y han sido, asimismo, utilizadas en la evaluación del PEICE (Proyecto de Enseñanza Individualizada de Ciencias Experimentales) (López Rupérez y otros, 1985, 1984). Se ha empleado como definición operacional de rendimiento (ROBJ) la media aritmética de las calificaciones obtenidas en cada una de las pruebas objetivas efectuadas de acuerdo con un modelo que toma en consideración el efecto de adivinación por azar (López Rupérez e I. Brincones 1982).

2.3. Clasificación de los tests de rendimiento según su demanda cognitiva

Con vistas a analizar la validez del test de Longeot por referencia a tests de rendimiento, hemos efectuado una clasificación de los 125 ítems de los tests del PEICE, en concretos y formales según su exigencia cognitiva sobre la base de criterios explícitos tomados de la bibliografía y cuya validez hemos admitido (Aguirre de Cárcer, 1983; Karplus y otros, 1977; Collea y otros, 1975). El proceso de clasificación ha sido efectuado independientemente por dos físicos, dos químicos y un psicólogo. Un nivel de coincidencia del 80% ha constituido el umbral imprescindible para clasificar definitivamente un ítem. Los ítems situados por debajo de dicho valor han sido discutidos en sesiones conjuntas. La ausencia de un acuerdo suficiente ha llevado consigo la eliminación del ítem correspondiente. Este mismo procedimiento se ha seguido con ítems dudosos, lo que ha reducido a 103 el número de ítems seleccionados finalmente.

En todos los casos la clasificación ha tomado en cuenta el tipo de instrucción recibida por los alumnos y la posibilidad de contestar ítems formales recurriendo a estrategias concretas tales como automatismo, simple recuerdo, etc. Por tal motivo, han sido clasificados como concretos aquellos ítems que por su contenido pueden ser contestados utilizando operaciones concretas y como formales aquellos otros que pueden ser contestados únicamente utilizando operaciones formales.

A partir de la anterior clasificación, se han definido dos nuevas variables, porcentaje de aciertos a ítems de rendimiento clasificados como concretos (PCC) y porcentaje de aciertos a ítems clasificados como formales (PCF) cuyos valores se han calculado para cada sujeto. Con el fin de asegurar una mejor comparabilidad de los resultados, definimos una nueva variable de rendimiento (RO) referida al porcentaje de aciertos en los 103 ítems seleccionados de entre los 125 iniciales.

2.4 Técnicas de análisis

Para el análisis estadístico de los datos hemos completado el paquete de programas SPSS disponible en un ordenador DIGITAL VAX-11/780 del Centro de Cálculo de la Universidad Autónoma de Madrid. Dadas las características del diseño correlacional subyacente a la presente investigación, se han utilizado, básicamente, los subprogramas REGRESSION, SCATTERGRAM y PEARSON CORR con las opciones y estadísticas apropiados a cada situación de análisis (Norman y otros, 1975).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Análisis de la validez del test de Longeot por referencia a tests de rendimiento

• Validez predictiva

Con el fin de analizar la validez predictiva del nivel de desarrollo cognitivo respecto del rendimiento en Física, hemos efectuado sendos análisis de regresión TL/ROBJ empleando como valores de TL primeramente los resultados de una aplicación inicial del test de Longeot y, después, los correspondientes a una aplicación realizada al finalizar el curso. Los parámetros resultantes en ambos casos fueron diferentes (Ver tabla 2). El origen de tales diferencias podría atribuirse a una fluctuación aleatoria asociada a una no consolidación del nivel piagetiano en los alumnos o a una progresión efectiva. Datos referentes a un estudio longitudinal pendientes de publicación, nos permiten inclinarse por la última opción y, dado que las cinco diferentes pruebas objetivas de rendimiento se aplicaron a lo largo de un semestre, nos ha parecido oportuno tomar como valor de referencia para la variable TL el valor medio TLM de los correspondientes a las puntuaciones inicial (TL1) y final (TL2) del test de Longeot. El análisis de regresión correspondiente TLM/ROBJ arro-

INVESTIGACION Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

Tabla 2
Parámetros de diferentes análisis de regresión entre rendimiento en Física y puntuación al test de Longeot. La variable ROBJ está expresada en puntuación decimal.

VARIABLES (dept-indep)	COEF. DE CORRELACION (r)	r ²	SIGNIFICACION (p)	INTERCEPTO	PENDIENTE	n
ROBJ-TL1	0.51	0.26	0.000	28.12	1.38	177
ROBJ-TL2	0.45	0.20	0.000	25.24	1.40	177
ROBJ-TLM	0.54	0.29	0.000	17.73	1.78	177

Tabla 3
Parámetros de diferentes análisis de regresión. La variable RO está expresada en puntuación decimal.

VARIABLES (dept-indep)	COEF. DE CORRELACION (r)	r ²	SIGNIFICACION (p)	INTERCEPTO	PRENDIENTE	n
PCC-TLM	0.56	0.31	0.000	267,26	17,76	159
PCF-TLM	0.52	0.27	0.000	90.68	19.72	159
RO-TLMC	0.36	0.13	0.000	9.76	4.20	158
RO-TLMF	0.53	0.29	0.000	38.15	2.14	158

jó un valor del coeficiente de correlación mejorado, incrementándose, por tanto, la calidad del ajuste. Los diferentes parámetros del análisis se presentan en la tabla 2.

Es de destacar el valor de 0,54 obtenido para el coeficiente producto-momento de Pearson con un nivel de significación inferior al 0,001, lo que pone de manifiesto la fuerza de la relación entre ambas variables. Nuestros resultados pueden ser comparados, por ejemplo, con los obtenidos por Sayre y Ball ($r = 0,46$ para estudiantes de High School empleando instrumentos de medida diferentes) (Sayre y Ball, 1975). El test de Longeot globalmente considerado es, por tanto, un buen predictor del rendimiento en Física medido mediante los tests del PEICE.

Con el propósito de analizar con más detalle la validez predictiva del test de Longeot, discutiremos en lo que sigue los resultados de diferentes análisis de regresión recogidos en la tabla 3. En la figura 2 se representan las rectas de ajuste correspondientes a las variables TLM-PCC y TIM-PCF respectivamente. Los sujetos formales, cuyas puntuaciones en el test de Longeot se

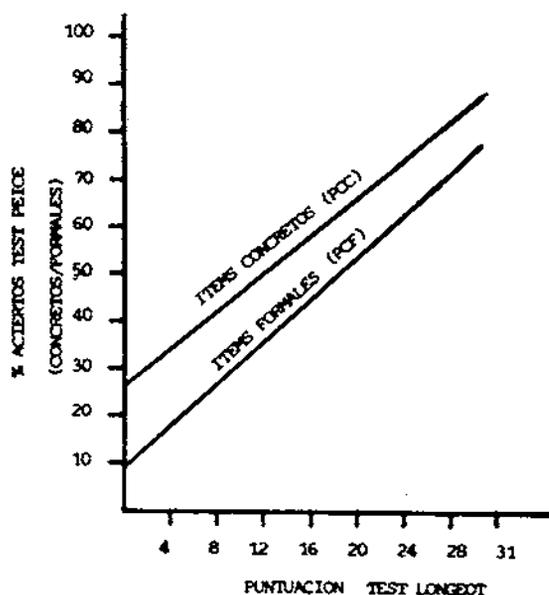


fig. 2 Rectas de regresión correspondientes a los valores PCC-TLM y PCF-TLM respectivamente. (Ver texto).

sitúan aproximadamente en el quinto superior de la escala de abscisas, aciertan correctamente, por término medio, el 76,5% de los ítems del PEICE clasificados como concretos y el 64,3% de los clasificados como formales. Los sujetos formales tienen más éxito que los concretos no sólo en la contestación a los ítems de rendimiento formales, como cabría esperar, sino también en la correspondiente a los ítems de rendimiento concretos. Resultados análogos han sido obtenidos con anterioridad por Lawson y Blake (1974) y referidos por Chiapetta (1976), utilizando pruebas, diferentes de las empleadas por nosotros, consistentes en tareas piagetianas e ítems de opción múltiple.

Un intento de explicación de este hecho nos lleva directamente a tomar en consideración la importancia de los llamados factores prácticos en el pensamiento formal. De acuerdo con M.C. Linn (1978 y 1982) los factores prácticos son factores que influyen en la aplicación de una estrategia teóricamente disponible, tales como la experiencia previa, el contenido de la tarea, la familiaridad con ella o el estilo cognitivo (Witkin y otros 1977 y 1981). Dado que los tests de rendimiento en Física han sido aplicados tras la correspondiente instrucción, un primer análisis podría excluir los dos primeros factores prácticos de la posible explicación. Sin embargo, los ítems de rendimiento, más allá de su carácter concreto/formal, corresponden a un contenido de instrucción definido, de modo que la eficiencia en el aprendizaje y los factores a ella asociados influirán notablemente en el resultado final. Los datos experimentales anteriormente descritos parecen indicar que los sujetos formales aprenden mejor o, por los menos, rinden más que los sujetos no formales ante cualquier tipo de tarea concreto/formal de Física Básica. El nivel de desarrollo cognitivo podría, entonces, estar operando en el rendimiento no sólo a través de un mecanismo directo, sino también mediante otro indirecto en el que el papel de los dos primeros factores prácticos, referidos no ya a la herencia escolar sino al propio intervalo de aprendizaje, podría ser relevante. Dicho en otras palabras, los sujetos no formales adquirirán a lo largo del proceso de aprendizaje una menor familiaridad con el contenido de la tarea que los sujetos formales, lo que explicaría el desfase observado.

Por otra parte, la influencia del estilo cognitivo, como un factor práctico del razonamiento formal operando de un modo diferencial en la contestación al test de Longeot y a los tests del PEICE como consecuencia de su distinto formato, no puede explicar el fenómeno anteriormente descrito. De acuerdo con un reciente estudio experimental aún no publicado, el formato abierto de los ítems, particularmente de los formales, favorece a los sujetos independientes de campo y, dado que el 39 % de la puntuación al test de Longeot procede de ítems de respuestas abierta (frente al 0% de este tipo en los tests del PEICE), sujetos no formales pero independientes de campo podrían ser clasificados como formales a partir de la puntuación obtenida en el

test de Longeot e, inversamente, sujetos formales pero dependientes de campo podrían ser clasificados como no formales. Este hecho podría explicar la supuesta circunstancia de que los sujetos formales según el test de Longeot no lo fueran según los tests del PEICE clasificados, pero de ningún modo que los sujetos formales según el test de Longeot acierten un porcentaje de ítems concretos considerablemente mayor que los sujetos no formales.

Finalmente, cuando se clasifican los diferentes ítems del test de Longeot de acuerdo con los criterios de su autor en concretos y formales y se efectúa un análisis de regresión entre las variables TLMC (valor medio inicial-final de las puntuaciones totales a ítems concretos del test de Longeot) y RO por una parte y TLMF (valor medio inicial-final de las puntuaciones totales a ítems formales del test de Longeot) y RO por otra, se obtienen resultados que, en términos generales, son consistentes con los obtenidos anteriormente cuando se introdujo la clasificación concreto/formal en los tests del PEICE (Fig. 2). La tabla 3 recoge los parámetros estadísticos obtenidos para sendos análisis y la figura 3 muestra la representación gráfica de las correspondientes rectas de regresión, indicando cómo a una puntuación dada obtenida en los ítems formales del test de Longeot le corresponde un porcentaje de aciertos en los tests del PEICE mayor del que le correspondería a la misma puntuación en ítems concretos del test de Longeot. Dicho en otras palabras, este resultado junto con el mayor valor del coeficiente de correlación

$$r_{RO\ TLMF} \text{ frente al } r_{RO\ TLMC}$$

indica que la puntuación obtenida en los ítems formales del test de Longeot es un mejor predictor del rendimiento en Física que la puntuación correspondiente a los ítems concretos de dicho test piagetiano, aun a pesar de que la contribución a la puntuación RO procedente de los ítems de rendimiento en Física clasificados como concretos sea de un 57 %. Tales resultados vienen de nuevo a resaltar la importancia del pensamiento formal en el rendimiento en Física.

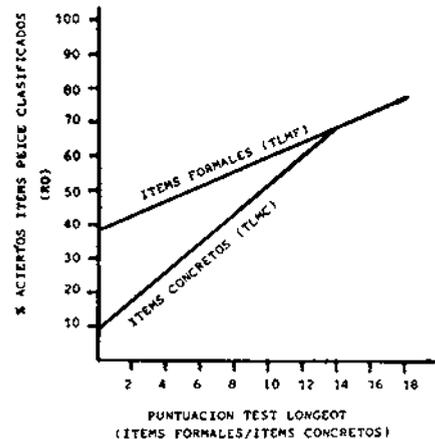


fig. 3 Rectas de regresión correspondientes a los valores RO-TLMF y RO-TLMC respectivamente. (Ver texto).

En la tabla 4 se presenta la matriz de coeficientes de correlación entre diferentes variables anteriormente referidas. El hecho de que los valores para las parejas de variables PCC-TLMF y PCF-TLMF sean mayores que para las parejas PCC-TLMC y PCF-TLMC es, así mismo, consistente con los resultados del análisis de regresión representados en la Fig. 3.

Tabla 4

Coefficientes de correlación de Pearson entre diferentes variables investigadas. (Ver tabla 1).

	TLMC	TLMF	TLM
PCC	0.32	0.50	0.56
PCF	0.36	0.51	0.52
RO	0.36	0.53	0.52

* $p < 0.001$

• *Validez convergente*

Se dice que un conjunto de tests que miden un rasgo dado posee una validez convergente cuando presenta correlaciones altamente positivas con otros tests que emplean un método diferente para medir el mismo rasgo (Bart, 1972).

Junto al análisis de la validez predictiva del test de Longeot respecto del rendimiento en Física que acabamos de describir, parte de nuestra investigación iba encaminada a confrontar los tests de rendimiento en Física con el test de Longeot, con el propósito de poner a prueba, de nuevo, este último. Aun cuando el problema de la validez del test de Longeot ha sido objeto de diferentes investigaciones (Ward y otros, 1981; Ahlwat y Billem, 1982) se intentaba en esta ocasión indagar en la posibilidad de efectuar un análisis de su validez convergente desde la perspectiva del rendimiento en Física.

La hipótesis conductora del análisis de los datos en esta etapa de la investigación fue, esencialmente, la siguiente: «Cuando los tests del PEICE se clasifican en concretos y formales, de acuerdo con criterios directamente inspirados en las ideas de Piaget, y sus resultados se correlacionan por separado con los correspondientes a los ítems concretos y a los ítems formales del test de Longeot la matriz de los coeficientes de correlación entre ambos pares de variables reflejará diferencias significativas a favor de los pares homólogos si el

test de Longeot es válido, supuesta aceptada la validez de contenido de la clasificación».

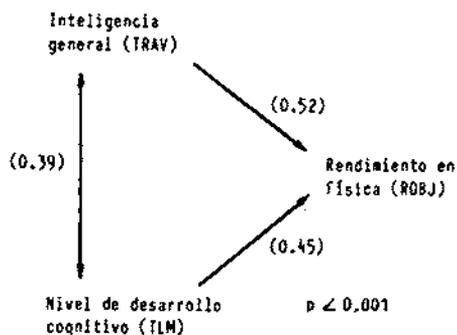
Un análisis de correlación entre las variables RO y TLM arrojó un valor del coeficiente producto-momento de Pearson de 0,52. Los posteriores análisis cruzados entre las variables PCC/PCF frente a TLM/TLMF presentaron los resultados que se muestran en la tabla 4. En ella se aprecia que la relación entre los coeficientes de correlación no sustenta la hipótesis de partida sino que, por el contrario, la puntuación de los ítems formales del test de Longeot (TLMF) correlaciona, en igual medida, con la puntuación obtenida en los ítems concretos de los tests del PEICE (PCC) que con la obtenida en los ítems formales de dichas pruebas (PCF); algo semejante sucede con la puntuación de los ítems concretos del test de Longeot (TLMC), sólo que en esta ocasión los valores son significativamente inferiores; por tanto, la validez convergente no ha podido ser demostrada.

Al margen de posibles consideraciones sobre la validez de contenido, sea del test de Longeot sea de la clasificación empleada, un hecho parece cierto; la parte formal del test de Longeot es un mejor predictor del rendimiento en Física referido tanto a ítems concretos como a ítems formales. Como hemos señalado anteriormente, tal circunstancia puede estar relacionada con diferencias en el proceso de aprendizaje, lo cual constituye un elemento extraño a la hora de analizar la validez convergente del «test de Longeot mediante el procedimiento seguido en la presente investigación. Este es, en nuestra opinión, el principal factor responsable de los resultados negativos obtenidos en orden a validar el referido test.

3.2. *Inteligencia general y rendimiento en física*

Una cuestión que ha recibido especial atención, y suscitado a la vez una cierta controversia (Lawson, 1982) hace referencia al papel de la inteligencia general en el pensamiento formal. La observación de correlaciones moderadas pero sistemáticas entre tests de inteligencia y tareas formales piagetianas ha llevado a ciertos investigadores a sugerir que la inteligencia fluida general es, precisamente, la capacidad de razonamiento formal (Keating, 1975). Aun cuando algunos resultados parciales que han sido ya descritos parecen no sustentar semejantes hipótesis (Lawson, 1982), calificada por Lawson como «hipótesis de la inteligencia», hemos considerado oportuno introducir en nuestro análisis el factor inteligencia con el propósito de profundizar en las características de la relación nivel de desarrollo cognitivo/rendimiento en Física, toda vez que la correlación observada podría ser en buena medida indirecta, bien causal o no causal (espuria), a través de la variable inteligencia; dicho de otro modo, la correlación existente entre las variables TRAV y TLM, las cuales aparecen a su vez correlacionadas con ROBJ, podría ser responsable de la mayor parte de la correlación observada entre las variables TLM y ROBJ.

Esquema 1



El esquema 1 muestra las relaciones entre las variables anteriormente referidas con sus correspondientes coeficientes de correlación total entre paréntesis. El sentido de las flechas TRAV → ROBJ y TLM → ROBJ reflejan un orden causal bien definido, en tanto que con la doble flecha se quiere indicar, en este caso, la ambigüedad en el sentido de la correspondiente conexión causal. El cálculo, a partir de la matriz de correlaciones de Pearson, del coeficiente de correlación parcial

$$r_{TLM ROBJ . TRAV}$$

empleando la fórmula de primer orden (Blalock, 1981) da como resultado:

$$r_{TLM ROBJ . TRAV} = \frac{r_{TLM ROBJ} - (r_{TLM TRAV})(r_{ROBJ TRAV})}{\sqrt{(1 - r_{TLM TRAV}^2)} \sqrt{(1 - r_{ROBJ TRAV}^2)}} = 0,32$$

que representa la correlación entre TLM y ROBJ cuando se controla la influencia de la variable TRAV sobre dicha relación. La comparación entre

$$r_{TLM ROBJ}$$

(correlación total) y

$$r_{TLM ROBJ . TRAV}$$

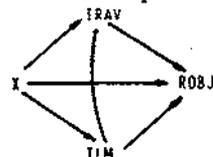
(correlación directa) pone de manifiesto que la influencia indirecta

$$(r_{TLM} - r_{TLM ROBJ . TRAV} = 0,13)$$

es poco importante. La determinación del origen de dicha correlación indirecta requiere resolver, previamente, la ambigüedad en el orden causal de las variables TRAV, TLM. Si aceptamos un orden causal TRAV → TLM, la correlación indirecta TLM — ROBJ tendría un origen causal. De lo contrario, dicha correlación presentaría un carácter espurio. Una posibilidad alternativa y plausible de explicación de la correlación TRAV — TLM implicaría el hacer entrar en juego un atributo intelectual más general X que influyera causalmente de forma directa, tanto sobre TRAV como sobre

TLM, dando lugar, por vía indirecta y no causal, a la correlación observada. En el caso, el esquema 1 debería ser modificado en la forma representada en el esquema 2.

Esquema 2



Volviendo de nuevo a la «hipótesis de la inteligencia», el hecho de que

$$r_{TLM ROBJ . TRAV}$$

tome un valor próximo al valor de $r_{TLM ROBJ}$ permite, sobre la base de nuestros resultados, rechazar la suposición de que la inteligencia general coincide con la capacidad de razonamiento formal, o siendo aún más estrictos, que test de Raven y test de Longeot miden los mismos rasgos intelectuales.

Finalmente, un análisis de regresión múltiple de TRAV, TLM, y del término de interacción, sobre ROBJ arroja un coeficiente de correlación total de 0,62; es decir, un 37% de la varianza en el rendimiento puede ser explicada por las variables psicológicas inteligencia general y nivel de desarrollo cognitivo actuando conjuntamente.

3.3. Implicaciones en la enseñanza de la física

Los resultados que acabamos de discutir tienen evidentes implicaciones en la enseñanza de Física en los niveles correspondientes a nuestro actual Bachillerato. El rechazo de la «hipótesis de la inteligencia» y, consiguientemente, del papel de dicha variable como principal factor controlando la realización de operaciones formales, permite albergar la esperanza de que personas de inteligencia general limitada puedan resolver con éxito las frecuentes situaciones que se presentan en un currículum de Física de Enseñanza Secundaria y que implican el manejo de operaciones formales. Una consecuencia parecida ha sido, asimismo, apuntada por A.E. Lawson (1982). Junto con esta implicación positiva, el elevado valor de coeficiente de correlación total entre ROBJ y TRAV-TLM pone en evidencia, por sí sola, la tremenda importancia de los factores psicológicos analizados sobre el rendimiento escolar en Física y podría, en parte, explicar el por qué del elevado porcentaje de fracaso que presenta dicha asignatura en el nivel educativo investigado (López Rupérez, 1983) por encima de la influencia de las variables de aula, tales como método y profesor.

La frase de Feynman citando a Gibbons «El poder de la instrucción es, en general, poco eficaz excepto en las felices disposiciones en que es casi superfluo» (Feynman, 1971), escrita en un contexto de enseñanza universitaria, pone, no obstante, un punto de pesimismo en el horizonte de nuestra labor profesional y parece estar en consonancia con una interpretación directa de los resultados obtenidos en esta investigación. La im-

presión no cuantificada de algunos profesores de Física de Enseñanza Media parece orientarse, también, en este sentido; sin embargo, la complejidad de las relaciones entre los dos términos del binomio naturaleza/educación deja la puerta abierta a una acción indirecta y reflexiva de la Educación, entendida en términos genéricos, sobre los resultados de una instrucción particular operando a través de la mejora de las aptitudes intelectuales que miden los tests psicológicos empleados.

La enseñanza de la Física, cuyo rendimiento se muestra fuertemente condicionado por factores psicológicos, podría contribuir a su vez al desarrollo intelectual del adolescente si se dan ciertos supuestos de adecuación que, en nuestra opinión, suponen, más que una simple rebaja en los niveles de exigencia académica, el

mantenimiento de una cierta tensión, cuya oportuna calibración es preciso investigar, entre las posibilidades del alumno y la demanda cognitiva e intelectual de los curricula.

Por otra parte, la considerable ventaja de los sujetos formales frente a los no formales en cualquier tipo de tareas concreta o formal en un curso de Física Básica pone de manifiesto la necesidad de emplear estrategias didácticas que tomen en consideración la existencia en los alumnos de diferencias individuales. El esquema organizativo propuesto en el PEICE (López Rupérez y otros, 1984) podría ser una solución al problema de la individualización adaptada a la realidad educativa de nuestro país, alternativa a la organización de agrupamientos homogéneos realizados en base a los resultados de pruebas iniciales o de diagnóstico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUIRRE DE CARCER, I., 1983, Documento fotocopiado.
 AGUIRRE DE CARCER, I., 1983, Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de Física. *Rev. Enseñanza de las Ciencias* 1 (2) p. 92-98.
 AHLAWAT, KS y BILLEM, VY., 1982, The factor structure of the Longeot test. *A Measure of Logical Thinking - Jour. Res. Sci. Teach* 19,8, 647-658.
 BART, W.H., 1972, Construction and validation of formal Reason Instruments. *Psychol. Rep.* 30, 663-670.
 BLALOCK, H.M., 1981, *Estadística Social* cp. XIX (Fondo de Cultura Económica. México).
 BOULANGER, F.D. y KREMER, B.K., 1981, Age and Development level as antecedents of Science Learning, *J. Res. Sci. Teach.* 18 (4), 371-384.
 CARRETERO, M., 1980, Desarrollo intelectual durante la adolescencia. Competencia, actuación y diferencias individuales. *Infancia y aprendizaje*, 12, 81-98 y sus referencias.
 COLLEA, F., FULLER, R., KARPLUS, R., PALDY, L. y RENNER, J., 1975, Workshop on physics teaching and the development of Reasoning (American Association of Physics Teachers, New York).
 CHIAPPETTA, E.L., 1976, A Review of Piagetian studies relevant to Science Instruction at the Secondary and College level. *Sci. Educ.* 60 (2), 253-261.
 FEYNMAN, R.P., 1971, *Física* Vol. I (Fondo Educativo Interamericano, S.A. Bogotá).
 JENSEN, A.R., 1972, *The race x sex x ability interaction in intelligence: genetic and environment influence* (R. Cancro Ed. Grune and St. N. York).
 KARPLUS, R., LAWSON, A., WOLLMAN, W., APPEL, M., BERNOFF, R., HOWE, A., RUSCH, J. y SULLIVAN, F., 1977, *Science Teaching and the Development of Reasoning*. Lawrence Hall of Science (University of California, Berkeley).
 KEATING, P.P., 1975, Precocious cognitive development at the level of formal operations *Child. Develop.* 46, 276-280.
 LAWSON, A.E. y BLAKE, A.J.D., 1974, Concrete and formal thinking abilities in High School Biology students as measured by the separate instruments. Unpublished paper, Lawrence Hall of Science, University of California at Berkeley.
 LAWSON, A.E., 1978, The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Jour. Res. Sci. Teach.* 15,1, 11-24.
 LAWSON, A.E., 1982, The Nature of Advance Reasoning and Science Instruction. *J. Res. Sci. Teach.* 19,9, 743-760.
 LINN, M.C., 1978, Cognitive style, training and formal thought. *Child. Develop.* 49, 874-877.
 LINN, M.C., 1980, When to Adolescents Reason? *J. Sci. Educ.* 2 (4) 429-440.
 LINN, M.C., 1982, Theoretical and practical significance of formal reasoning *Jour. Res. Sci. Teach.* 19,9, 727-742.
 LONGEOT, F., 1962, Un essai d'application de la psychologie genétique a la psychologie différentielle. *Bulletin de l'Institute National d'Etude* 18, 153-162.

LONGEOT, F., 1965, Analyse statistique de trois tests genétique collectifs. *Bulletin de l'Institute National d'Etude* 20, 219-237.
 LOPEZ RUPEREZ, F. y BRINCONES, I., 1982, Modelo de calificación de ítems de opción múltiple en función del número de aciertos, *Rev. Española de Pedagogía* 155, 103-107.
 LOPEZ RUPEREZ, F., 1983, El fracaso escolar en el Bachillerato y la Enseñanza Individualizada, *Suplemento Educación Diario El País* 2-2-83.
 LOPEZ RUPEREZ, F., BRINCONES, I., GARROTE, R., PALACIOS, C., SANTIN, C., TOVES, M.D., 1984, Proyecto de Enseñanza Individualizada de Ciencias Experimentales. Análisis de una experiencia. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*, 1,2,3-14.
 LOPEZ RUPEREZ, F., 1984, Análisis de relaciones entre factores psicológicos factores socioeconómicos y rendimiento escolar sobre una muestra de alumnos de Bachillerato. (Proyecto con cargo al XIII Plan Nacional de Investigación Educativa).
 LOPEZ RUPEREZ, F. y otros, 1985, pendientes de publicación.
 LOPEZ RUPEREZ, F., BRINCONES, I., GARROTE, R. y PALACIOS, C., 1985, Tests rendimiento en Física Básica. Pendiente de publicación.
 NORMAN, H.N., HADLAI, C., JENKINS, J.G. STEINBRENNER y BENT, D.H., 1975, *Statistical Package for the social Sciences* (SPSS) Mc. Graw-Hill New York.
 PIAGET, J., INHELDER, B., 1972, *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. (Paidós, Buenos Aires).
 PIAGET, J., 1972, Intellectual Evolution from adolescence to Adulthood. *Human Develop.* 15,1-12.
 PIAGET, J., 1975, *Introducción a la epistemología genética* (Paidós, Buenos Aires).
 RAVEN, J.C., 1962, *P.M.S. Matrices Progresivas; Nivel Superior Sens I y II Revisión* (MEPSA, Madrid).
 SAYRE, S. y BALL, D.W., 1975, Piagetian cognitive Development and Achievement in Science. *Jour. Res. in Sci. Teach.* 12,2,165-174.
 SHAYER, M. y WILAM, H., 1978, The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary School. Children I y II. *Br. J. Educ. Psychol.* 46, 164-173; 48, 62-70.
 SHAYER, M., 1979, *Science Reasoning Tasks* (NFER-NELSON, Windsor).
 SHAYER, M. y ADEY, P., 1984, *La ciencia de enseñar ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo* (Narcea, Madrid) y sus referencias.
 WARD, C.R., NURRENBERN, S.C., LUCAS, C. y HERRON, J.D., 1981, Evaluation of the Longeot of cognitive development. *Jour. Res. Sci. Teach.* 18,2, 123-130.
 WITKIN, H.A., MOORE, C.A., GOODENOUGH, D.R. y COX, P.W., 1977, «Field-Dependent and Field-Independent cognitive styles and their educational implications». *Review of Educ. Res.* 47,1, 1-64.
 WITKIN, H.A., OLTMAN, P.K., RASKIN, E. y KENG, S.A., *Test de Figuras Enmascaradas* (TEA Ediciones S.A. Madrid) y sus referencias.