

# EVALUACION DE UNA EXPERIENCIA DIDACTICA EN LA LINEA DEL DESCUBRIMIENTO DIRIGIDO PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN 2º DE BUP

PEREZ DE LANDAZABAL, M.C. y RUBIO ROYO, F.  
Instituto de Instrumentación Didáctica. CSIC  
Universidad Politécnica de Las Palmas

---

## SUMMARY

The refusal attitude to Physics of our secondary level pupils and the poor achievements obtained in our classrooms makes it indispensable to experiment new teaching styles. This paper shows a directed-discovery approach to Physics learning that is conformed to academical needs of our Secondary Schools. The effectiveness of the learning process has been studied by means of an experimental design that compares two instructional modes. The results of the statistical analysis are discussed.

---

## 1. INTRODUCCION

El fracaso escolar en la asignatura de Física y Química y, principalmente, la escasa motivación que el alumno de B.U.P. siente hacia estas Ciencias, obliga a un replanteamiento de los métodos de enseñanza utilizados.

El problema es particularmente grave en 2º de B.U.P., al tratarse de alumnos que todavía no han optado por una formación científica o por una formación humanista. Este hecho brinda la posibilidad de diseñar un currículum que, dentro de un enfoque correcto de la estructura de la Ciencia (Moe, 1983), permita motivar al alumno indeciso hacia actividades científicas y conduzca al alumno «humanista» a valorar las posibilidades de la Ciencia. Por otra parte, numerosos estudios señalan que un alto porcentaje de los adolescentes de 15 ó 16 años todavía se encuentran en etapa de transición a operaciones formales (Aguirre de Cárcer, 1981; Carretero, 1980; Lawson, Karplus y Adi, 1978; Pallrand y Moretti, 1980), y una presentación excesivamente formalista puede conducir al alumno a una memorización repetitiva de los conceptos, privándole de una comprensión conceptual adecuada.

En el presente trabajo, y como conclusión de las premisas anteriores, se toma como hipótesis de partida que el sistema educativo más adecuado para estos alumnos de 2º de B.U.P. es una metodología activa, basada en el descubrimiento guiado, que intente producir cambios conceptuales en sus modelos o esquemas iniciales

y que destaque, buscando una motivación mayor, la evolución histórica de la Física, así como la interacción mútua Ciencia-Sociedad.

## 2. MODELO DIDACTICO DISEÑADO

El método didáctico propuesto se articula en nueve Unidades Didácticas que, además de cumplir los requisitos epistemológicos, psicológicos y educativos de la enseñanza de la Ciencia, son aplicables en nuestros centros de Enseñanza Media.

### 2.1. Estrategias del proceso de aprendizaje

En la Figura 1 se presentan las estrategias del proceso de enseñanza-aprendizaje seguido en cada una de las Unidades.

En el «análisis de episodios» se plantea el fenómeno a estudiar y se recogen las opiniones de los alumnos sobre el mismo. El adolescente no parte de un vacío teórico; sus estudios anteriores y, en especial, su experiencia cotidiana se traducen en unas ideas previas que constituyen su *modelo conceptual* del fenómeno y sobre el cual, aunque choque con la Ciencia oficial, hay que edificar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este sería el «*cuerpo de conocimiento disponible*» que guiará la posterior formulación de hipótesis y recogida de datos (Ausubel, 1978; Gil, 1983).

El objetivo del «diseño experimental» es doble: En primer lugar conseguir que el alumno enuncie con precisión sus hipótesis iniciales, que estudie la situación para todos los factores que influyen en ella, y no se limite a emparejar dos factores. En segundo lugar, que establezca las variables independientes y dependientes, y que diseñe un plan de operaciones adecuado para el aislamiento y control de variables. Esta etapa se considera fundamental en el desarrollo de las capacidades de razonamiento del alumno (Karplus y otros, 1977; Lawson y Renner, 1975; Levine y Linn, 1977).

La «contrastación de hipótesis» y la «inducción de generalizaciones» son etapas muy conflictivas, en cuanto a que el alumno puede llevarse una visión demasiado empírica e inductivista de la Ciencia. Es fundamental conseguir que los alumnos asimilen que las hipótesis pueden ser rechazadas por un sólo ejemplo que las contradiga, pero no pueden ser verificadas por un sólo ejemplo que las confirme (Bady, 1979; Moshman y Thompson, 1981).

A pesar de estas dificultades, es importante fomentar en el alumno una actitud de búsqueda de regularidades en la naturaleza. Esta búsqueda se fundamenta en el análisis de los gráficos construidos a partir de los datos experimentales y, por lo tanto, sólo puede llegarse a establecer relaciones sencillas entre magnitudes y a construir modelos muy simples. Una vez establecida la ley o el modelo, sería necesario realizar nuevas comprobaciones experimentales de las predicciones o consecuencias deducidas de ellos; así se obtendría una nueva contrastación de los mismos e, incluso, se podría realizar una ampliación que abarcase nuevos fenómenos. La lentitud del proceso limita la experimentación a unos pocos casos y no permite dedicar a esta etapa el tiempo necesario y, por ello, es preciso vigilar que los alumnos no concluyan que nuestras sencillas experiencias sirven para demostrar la veracidad de nuestras hipótesis y de las leyes inducidas. Para ello se recurre a la evidencia proporcionada por el proceso histórico. Sólo si el alumno llega a asimilar que no existen verdades absolutas, estaremos trabajando en la línea propuesta por Kuhn, Popper y la Filosofía actual de la Ciencia.

Por último, la introducción de los conceptos se hace de forma experimental y, solamente cuando el alumno ha desarrollado una idea intuitiva o subverbal del mismo, el profesor aclara esa idea y la define con el grado de precisión requerido en ese nivel escolar (Hendrix, 1961).

## 2.2. Contenidos instructivos generales

Las Unidades Didácticas se agrupan en cuatro grandes bloques temáticos:

- Hacia una explicación del Universo.
- Hacia una explicación de la materia.
- Introducción a los procesos de visión y audición.

— Introducción a la tecnología eléctrica.

Aparte de una introducción inicial a la metodología científica y al proceso de medida en Física. Cada bloque se propone tanto una meta cognoscitiva (que supone la elaboración de un modelo que abarque los fenómenos estudiados), como una meta socio-cultural, al recalcar la relación de dichos modelos con la tecnología cotidiana del alumno y el desarrollo histórico de dichos conocimientos, con su correspondiente influencia en el mundo filosófico y social de la época.

## 2.3. Materiales didácticos

El alumno cuenta con un guión —«Cuestiones del alumno»— en el que se le plantea el fenómeno a estudiar; luego, a través de cuestiones, sugerencias, invitaciones a la reflexión, propuestas de síntesis, etc... se le va orientando de forma que no disperse esfuerzos. También se le dan indicaciones sobre algunos instrumentos o experiencias. Pero, en estos casos, sólo se le indica el esquema de montaje; nunca se presentan las hipótesis de partida, ni el control de variables pertinente. Nunca se le adelanta una solución.

Para cada Unidad se ha seleccionado una colección de ejercicios —«Aplicaciones»— que abarca desde cuestiones cualitativas a problemas numéricos. En todo momento se intenta rehuir de ejemplos repetitivos que llaman a la memorización.

Por último, se ha redactado una «Guía del Profesor» que incluye los objetivos pedagógicos de la Unidad (Bloom, 1979; Klopfer, 1975) y una breve bibliografía sobre el tema. En estas guías se incluyen orientaciones sobre el desarrollo del método para profesores interesados y se proporciona información sobre las experiencias posibles y su ajuste con el proceso de aprendizaje. En algunas ocasiones, estas guías pueden servir de apoyo al alumno (siempre «a posteriori», nunca «a priori»).

Es preciso recalcar que el guión proporcionado al alumno no es rígido y obligatorio. En muchas ocasiones, el proceso mental del alumno obliga a cambiar el orden de invención de conceptos, pues adelanta ideas o invierte procesos de razonamiento previstos por el profesor.

En todo momento, la experimentación recurre a equipos de uso habitual en los laboratorios de Institutos de Bachillerato (a excepción, en todo caso, del uso del LASER para el estudio de la luz). Las posibilidades de material obligaron a una experimentación en grupos de cuatro alumnos. El intercambio de ideas entre los cuatro alumnos es más beneficioso que perjudicial; disminuye la presión sobre el alumno (Suchman, 1961) y no rompe el principio de descubrimiento pues las ideas se aceptan en base a la discusión y el convencimiento mutuo, no por un principio de autoridad indiscutible (Gil, 1983). La recogida y el análisis de datos se realiza en forma individual.

Una puesta en común final permite el enunciado preciso de la generalización encontrada o la introducción del nuevo concepto, cuando éste sea necesario.

### 3. MODELO DE LA INVESTIGACION EDUCATIVA

La larga controversia entre los defensores de la metodología tradicional (básicamente expositiva y receptiva) y de la metodología del descubrimiento —Shulman y Keislar, 1974— nos condujo a investigar el rendimiento relativo en nuestras aulas de dos métodos de enseñanza centrados, respectivamente, en una y otra línea. Para la evaluación de ambos métodos se eligió un modelo estadístico descriptivo, multidimensional, funcional y, fundamentalmente, post-facto, que compara los resultados obtenidos por dos grupos:

Un grupo experimental que recibe el método en estudio, y un grupo de control que sigue un método expositivo tradicional.

Al considerar que la meta del educador es proporcionar al alumno una enseñanza que optimice su rendimiento intelectual —en la línea del aprendizaje por el desarrollo (Lawson, 1979)— y que le motive hacia la disciplina en estudio, se planteó también si el método diseñado favorecía el desarrollo de estas aptitudes y de actitudes positivas hacia la Ciencia.

Estadísticamente, se trata de rechazar las hipótesis nulas siguientes:

H. 1. No existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los alumnos en la asignatura de Física de 2º B.U.P., tanto si cursan el método de descubrimiento diseñado como si cursan un método expositivo tradicional.

H. 2. No existen diferencias significativas en el desarrollo de aptitudes intelectuales y de aptitudes científicas en los alumnos, tanto si usan un sistema instructivo como el otro.

H. 3. No existen diferencias significativas en las actitudes hacia la Ciencia de los alumnos al terminar el curso, a pesar del método instructivo seguido.

#### 3.1. Variables consideradas en la investigación

##### — Variables independientes.

La variable sobre la que actúa el experimentador es, lógicamente, el método de enseñanza, diferente para el grupo experimental y para el grupo de control.

##### Variables dependientes.

Las variables sobre las que puede influir el método, se engloban en cuatro bloques: 1.— Rendimiento académico. 2.— Aptitudes intelectuales, como los razonamientos abstracto y mecánico o la aptitud numérica. 3.— Actitudes hacia la Ciencia. 4.— Destrezas científicas,

como la capacidad de observación, de formulación y contrastación de hipótesis o de análisis crítico de textos científicos.

#### 3.2. Muestras de alumnos y controles realizados

La elección de las muestras es uno de los puntos más problemáticos de la investigación educativa. Un muestreo al azar en la asignación de los alumnos a los grupos experimental y control, a partir de la población de 2º B.U.P. de un instituto, es poco factible ya que crearía un auténtico caos administrativo a causa de la diversidad de opciones y la compatibilidad necesaria de horarios. Por esta razón, la asignación de alumnos ha de hacerse a partir de grupos ya constituidos y, por tanto, la aleatoriedad de las muestras viene dada por la ausencia de un criterio jerárquico en la formación de los grupos.

En el presente trabajo las muestras se tomaron entre los cursos diurnos del I.B. Ramiro de Maeztu de Madrid. La experimentación se realizó durante tres cursos; aunque en el último (1981/1982) se efectuó una implantación parcial, a medio curso, del método. En cada curso se tomó un grupo experimental y un grupo de control, con 40 alumnos cada uno.

Para aumentar la validez externa, la experimentación tuvo lugar en las propias aulas y laboratorios del instituto, adaptándose lo más posible a las condiciones habituales del mismo. Para incrementar la validez interna se realizaron los siguientes controles:

— Estudio de la homogeneidad de los grupos experimental y control en aptitudes intelectuales, intereses profesionales por la Ciencia y nivel socio-económico.

— Homogeneidad de las condiciones de experimentación en el aula: la distribución de horarios era análoga en Física para ambos grupos y, durante los dos últimos cursos, se igualaron los tiempos de dedicación a cada tema por ambos grupos.

— Control de los instrumentos de medida, utilizando jueces externos a la investigación.

— La influencia de la variable «profesor» se considera avalada por el hecho de que los profesores de los grupos de control, voluntarios, estuvieran dispuestos a someterse a un control externo de su trabajo. Aunque no se nos escapa el posible efecto Rosenthal o influencia de las expectativas del experimentador en el resultado del experimento.

Las características de las muestras, obtenidas a partir de las medidas iniciales de las aptitudes intelectuales e intereses profesionales de los alumnos, y de su nivel socioeconómico, condujeron a la elección como parámetros inferenciales de las pruebas estadísticas de tipo no-paramétrico. Pero la no-homogeneidad de los grupos experimental y control del curso 1979/1980 en Razonamiento abstracto ( $\alpha < .001$ ) y nivel socio-económico ( $\alpha < .05$ ), así como de los grupos del cur-

so 1980/1981 en intereses profesionales hacia la Ciencia ( $\alpha < .01$ ), nos decidió a realizar un análisis de la varianza en dos factores, tomando como segundo factor de agrupación aquella variable en que se observaban mayores diferencias significativas entre los grupos.

#### 4. CONTROL DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En el caso de las aptitudes intelectuales y los intereses profesionales se utilizó una «evaluación como medición» (Benaim, 1981), dado que existían pruebas objetivas validadas con muestras españolas. Para la medida de aptitudes se aplicó la batería DAT (Bennett y otros, 1976) que mide razonamiento verbal, abstracto y mecánico, relaciones espaciales y aptitud numérica. En intereses profesionales se aplicó el registro de preferencias vocacionales de Kuder (1979) durante el primer curso y el inventario de intereses profesionales de Thurstone (1974) en los dos últimos cursos, debido a que el Kuder resultaba muy denso de lectura para los alumnos.

En las pruebas abiertas de rendimiento académico y destrezas científicas se utilizó una «evaluación como juicio profesional» en combinación con una «evaluación referida a criterio» (Benaim, 1981). Durante los dos últimos cursos se utilizaron jueces externos que evaluaban las pruebas, comunes a ambos grupos, en base a unos criterios dados: Objetivos a evaluar y nivel de profundidad alcanzado durante su desarrollo en el aula, en el caso de las pruebas de rendimiento; coherencia interna o control de variables en el caso de las pruebas de destrezas científicas. La concordancia entre jueces se determinó a partir del coeficiente de concordancia de Kendall,  $W$ . (Siegel, 1979).

##### 4.1. Rendimiento académico

La concordancia entre jueces fue muy alta en todas las evaluaciones del rendimiento académico, tanto en el curso 1980/1981 (4 controles) como en el 1981/1982 (2 controles), ( $W > 0,75$  con  $\alpha < .001$ ). Ante estos resultados, se asignó como calificación del alumno en cada prueba, la media aritmética de las puntuaciones asignadas por los diversos jueces.

Para asignar al alumno una calificación final, se han calculado correlaciones binarias y concordancias múltiples entre los distintos controles. El resultado, ( $W = 0,63$  con  $\alpha < .001$ ), justifica la elección de la media aritmética de las puntuaciones parciales como calificación final.

##### 4.2. Destrezas científicas

A lo largo del curso 1980/1981 se aplicaron cinco pruebas de «capacidad de formulación y contrastación de hipótesis», relativas a:

- Equilibrio de los cuerpos.
- Relaciones entre fuerza y movimiento.
- Relaciones entre la energía calorífica suministrada a un cuerpo y sus cambios de temperatura o de estado.
- Comportamiento de los gases.
- Comportamiento de los sólidos sumergidos, dos pruebas de análisis crítico de textos científicos:
- El equivalente mecánico del calor (J.P. Joule).
- La experiencia del Puy-de Dôme (B. Pascal), y una prueba de observación de fenómenos luminosos con un rayo Láser.

La concordancia entre jueces fue muy alta en algunas de las pruebas y en todos los casos se puede rechazar la hipótesis nula, o de no concordancia de las evaluaciones, con un nivel de significación inferior a  $.005$ , salvo en el texto de B. Pascal ( $W = 0,37$  con  $\alpha < .01$ ).

- Capacidad de formulación y contrastación de hipótesis.

En el estudio de las correlaciones binarias y concordancias múltiples entre las diversas pruebas se obtuvo que las pruebas de «Relaciones entre fuerza y movimiento» y «Comportamiento de los gases» no correlacionan significativamente con las restantes pruebas. Por esta razón, se concluyó considerar las tres pruebas más concordantes para determinar la calificación final ( $W = 0,55$  y  $\alpha < .005$ ).

Las correlaciones de estas puntuaciones finales con los resultados de las pruebas de aptitudes intelectuales son significativas, salvo en el caso de la aptitud numérica. El coeficiente de correlación mayor se da en el caso del razonamiento abstracto ( $r_s = 0,33$ ,  $\alpha < .05$ ). Por ello concluimos que dichas pruebas miden «ciertas destrezas intelectuales relacionadas con la Ciencia» y concuerdan con la bibliografía consultada que recalca la relación entre el dominio del control de variables y el desarrollo del pensamiento formal en el adolescente.

- Análisis crítico de textos científicos.

La baja correlación ( $r_s = 0,18$ ) entre los resultados de los dos textos considerados, nos condujo a no globalizar ambos.

- Pensamiento crítico.

La implantación parcial del método, a mediados del curso 1981/1982, impidió aplicar las pruebas, por tratarse de fenómenos ya estudiados según un método positivo. Por ello, se diseñó una nueva prueba en la que el alumno debía contrastar argumentos, distinguir suposiciones con base o sin ella y efectuar un control de variables en un experimento. Se optó por utilizar cuestiones cerradas, que se pudieran evaluar objetivamente. Se efectuó una medida pre-post, con objeto de estudiar la posible variación durante la experimentación. La correlación entre las pruebas inicial y final ( $r > 0,50$  con  $\alpha < .005$ ) justifica la estabilidad de las pruebas.

Los coeficientes de correlación de la puntuación final con las aptitudes intelectuales son superiores a 0,40 y especialmente elevados en el caso de relaciones espaciales ( $r_s = 0,68$  y  $\alpha < .005$ ). Resulta indudable que la capacidad del alumno en lectura y en visualización mental de los fenómenos influye de forma marcada en el rendimiento de la prueba.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Rendimiento académico

Los resultados se presentan en la Tabla I. Puede verse que durante el primer curso, evaluación subjetiva de los profesores, no aparecen diferencias significativas entre los grupos experimental y control. La inferioridad inicial en razonamiento abstracto del grupo en tratamiento nos condujo a realizar una ANOVA II, tomando dicha variable como segundo factor de agrupación; tampoco en dicho estudio aparecen diferencias significativas.

En el segundo curso aparecen diferencias significativas favorables al grupo experimental en todas las evaluaciones, salvo en la primera. Las diferencias van agudizándose al avanzar el curso, y en la evaluación final puede rechazarse la hipótesis nula con una probabilidad  $< .001$ . La inferior motivación del grupo experimental hacia la Física en este curso, y su posible influencia en el rendimiento del alumno, nos llevó a realizar otro ANOVA II tomando los intereses físico-técnicos como segundo factor de agrupamiento. Los resultados confirman la diferencia según tratamiento ( $F = 14,6$  con  $\alpha < .001$ ), pero las diferencias según el factor de motivación ( $F = 1,09$ ), así como la interacción tratamiento x motivación ( $F = 0,51$ ), no son significativas.

En el curso de implantación parcial, las diferencias son favorables al grupo experimental, pero no son tan significativas.

Por lo tanto, la hipótesis alternativa de que el método influye en el rendimiento del alumno sólo se acepta en el curso de implantación total y evaluación por jueces externos.

### 5.2. Destrezas científicas

Aparecen diferencias significativas favorables al grupo experimental (Tabla II) en la calificación final —media de las tres pruebas más concordantes de formulación y contrastación de hipótesis ( $\alpha < .05$ ), en la prueba de hipótesis sobre el «Comportamiento de los gases» ( $\alpha < .01$ ), en la prueba de observación de fenómenos ( $\alpha < .05$ ) y en el análisis del texto científico de J.P. Joule ( $\alpha < .05$ ).

El ANOVA II confirma la diferencia en la puntuación final de hipótesis ( $F = 4,43$  con  $\alpha < .05$ ), y señala una interacción tratamiento x intereses físico-técnicos del alumno ( $F = 3,11$  con  $\alpha < .05$ ): la motivación del

alumno hacia la Física influye en su rendimiento en esta prueba.

La prueba de pensamiento crítico del curso 1981/1982 (Tabla III) señala que las variaciones experimentadas durante el curso sólo son significativas para el grupo que siguió el método de descubrimiento dirigido ( $\alpha < .05$ ). El estudio de las variaciones individuales en ambos grupos proporciona la misma diferencia.

### 5.3. Aptitudes intelectuales

Las tres aptitudes medidas al final del curso —razonamiento abstracto, mecánico y aptitud numérica— sufrieron variaciones significativas a lo largo de los tres cursos, tanto en los grupos experimentales como en los de control.

La única variable que realmente indica un desarrollo significativamente superior en el grupo que siguió el tratamiento es el razonamiento abstracto durante el curso 1979/1980, (curso en que el grupo experimental era inferior en esa variable). Los resultados (Tabla IV) muestran las diferencias según tratamiento, según capacidad y también una interacción tratamiento x capacidad: las mayores diferencias grupo control-grupo experimental aparecen en los subgrupos de nivel más bajo.

Existen bases, por tanto, para pensar que el método favorece el desarrollo de la capacidad de abstracción en los alumnos con más dificultades en dicho razonamiento.

### 5.4. Intereses profesionales

Aparecen diferencias significativas favorables al grupo experimental en sus preferencias por actividades de tipo científico en los cursos 1979/1980 y 1981/1982 ( $\alpha < .05$ ). En el curso 1980/1981, alumnos del grupo experimental significativamente menos motivados por las Ciencias, las diferencias son favorables al grupo de control. El ANOVA II realizado (Tabla V) señala la diferencia según tratamiento ( $\alpha < .05$ ), según nivel de motivación ( $\alpha < .00001$ ), pero no indica interacción tratamiento x motivación: el método de descubrimiento dirigido no consiguió cambiar significativamente la motivación inicial de los alumnos.

## 6. CONCLUSIONES

Se han elaborado y evaluado en el aula nueve unidades didácticas para la enseñanza de la Física en la línea del descubrimiento dirigido. El método presenta como características definitorias:

- 1.— Considerar como punto de partida —cuerpo de conocimiento disponible— las ideas y conocimientos previos del alumno, mediante la recogida inicial de información al respecto.
- 2.— Centrar la experimentación en la formulación y

contrastación de hipótesis por el alumno, especialmente en el aislamiento y control de variables.

3.— Completar el tratamiento con un enfoque histórico de la solución del problema en cuestión, para evitar que el alumno se lleve una visión inductivista de la Ciencia.

4.— El profesor sintetiza; nunca adelanta la solución al alumno.

Los resultados obtenidos nos permiten aceptar la hipótesis alternativa de que el método de descubrimiento dirigido diseñado influye significativamente en el rendimiento del alumno en los siguientes casos:

1.— En el rendimiento académico, cuando la implantación del método ha sido total, desde el principio del curso, y la evaluación ha sido realizada por jueces externos. En el caso de implantación parcial, a mediados del curso, las diferencias son menos significativas.

2.— En las destrezas científicas del alumno, aunque el nivel de significación difiere de unas pruebas a otras. Con respecto a la prueba de pensamiento crítico, aplicada durante el curso 1981/1982, se ha observado que

las capacidades de lectura y de visualización espacial del alumno influyen significativamente en los resultados obtenidos.

3.— En el desarrollo del razonamiento abstracto del alumno, cuando el grupo que recibe el tratamiento presenta un nivel más bajo en dicha capacidad.

4.— En la preferencia por actividades científicas, cuando ambas muestras presentaban inicialmente una actitud normal hacia las Ciencias, no cuando el grupo experimental apunta una tendencia marcada hacia las Humanidades.

En resumen, los resultados globales aportan datos favorables a la aplicabilidad del método de descubrimiento dirigido diseñado y, por tanto, puede resultar un aliciente para que el profesor ensaye y evalúe en el aula innovaciones educativas de este tipo.

Los resultados del último curso, de implantación parcial, aconsejan una experimentación continuada desde el principio del curso, antes que el alumno haya adquirido los hábitos más receptivos y memorísticos de un método expositivo.

figura 1

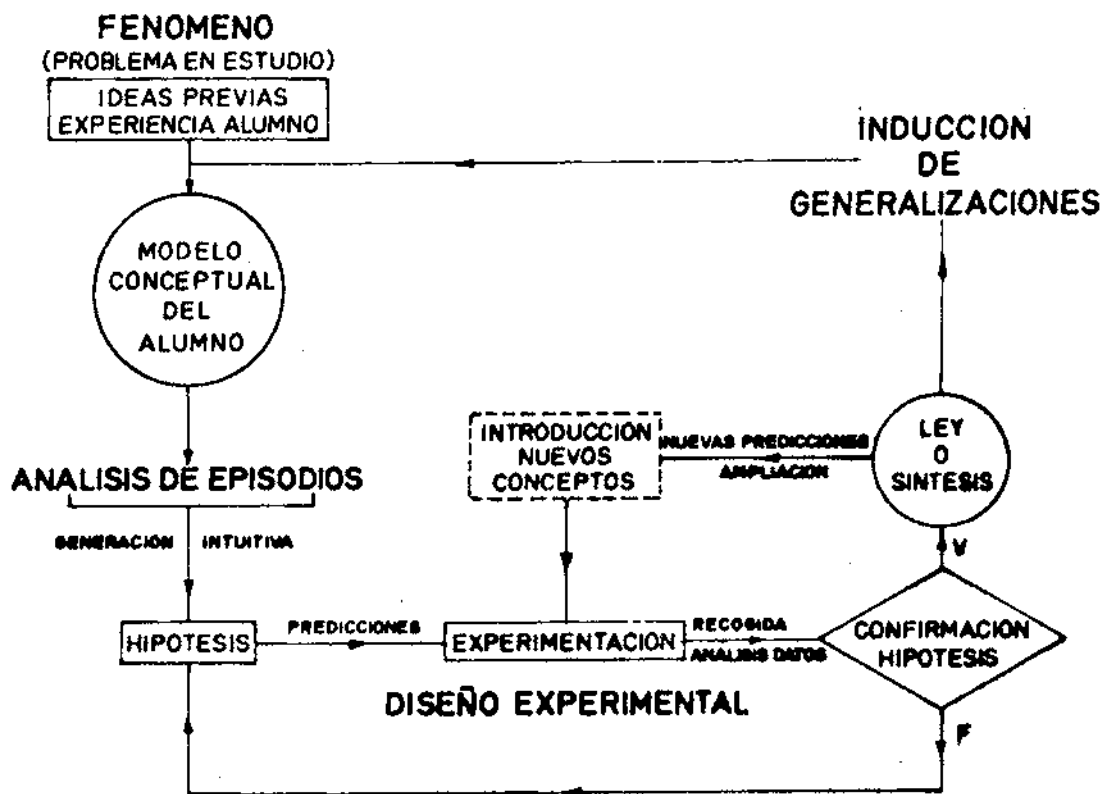


Tabla I  
DIFERENCIAS GRUPO EXPERIMENTAL Y GRUPO CONTROL: EVALUACIONES

PRUEBAS	MUESTRAS					
	Alumnos que hicieron la prueba					
	Nexp	Ncont	$\bar{X}_{exp}$	$\bar{X}_{cont}$	z	$\alpha$
CURSO 1979/1980 Evaluación final	36	36	5,8	6,1	0,43	
CURSO 1980/1981 Evaluación "Movimiento"	38	38	3,1	2,6	1,15	
Evaluación "Dinámica"	36	39	3,0	2,3	-2,52	<.01
Evaluación "Energía y Calor"	38	38	4,8	3,5	3,29	<.001
Evaluación "Estados de la materia"	33	32	4,1	2,7	3,23	<.001
Evaluación final	40	39	3,6	2,7	3,07	>.001
CURSO 1981/1982 Evaluación "Luz y sonido"	40	39	5,7	5,5	1,27	.10
Evaluación "Fenómenos eléctricos y magnéticos"	39	37	4,8	4,2	1,14	.13
Evaluación final	40	40	5,2	4,7	1,40	<.10

Signo positivo z : Superioridad del grupo experimental ( $n_2$ )  
 Signo negativo z : Superioridad del grupo experimental ( $n_1$ )  
 (\*) Los valores corresponden a  $U_{min}$  ( $n \leq 20$ )  
 N : Número de alumnos  
 $\bar{X}$  : Nota media en la prueba del grupo correspondiente  
 z : Valor resultante de la comparación de las calificaciones del grupo experimental y del grupo control (U de Mann-Whitney)  
 $\alpha$  : Probabilidad asociada con el valor z, nivel de significación con que se rechaza  $H_0$

Tabla II  
DIFERENCIAS GRUPO EXPERIMENTAL Y GRUPO CONTROL: DESTREZAS CIENTIFICAS  
CURSO 1980/1981

PRUEBAS	MUESTRAS					
	Alumnos que hicieron la prueba					
	Nexp	Ncont	$\bar{X}_{exp}$	$\bar{X}_{cont}$	z	$\alpha$
Hipótesis "Equilibrio de los cuerpos"	39	38	5,0	4,6	1,53	<.10
Hipótesis "Relaciones entre fuerzas y movimiento"	39	33	4,1	4,4	-1,54	<.10
Hipótesis "Calor y temperatura"	37	31	4,3	4,0	1,05	
Hipótesis "Comportamiento de los gases"	39	28	4,8	4,3	2,33	<.01
Hipótesis "Comportamiento de los sólidos sumergidos"	37	34	4,8	4,6	0,74	
Hipótesis final	40	39	4,6	4,3	1,82	<.05
Análisis crítico de textos científicos J.P. JOULE B.PASCAL	34 38	36 36	4,6 4,3	3,8 4,3	-2,12 -0,58	<.05
Observación de fenómenos	37	26	4,3	3,8	1,91	<.05

Signo positivo z : Superioridad del grupo experimental ( $n_2$ )  
 Signo negativo z : Superioridad del grupo experimental ( $n_1$ )  
 (\*) Los valores corresponden a  $U_{min}$  ( $n \leq 20$ )  
 N : Número de alumnos  
 $\bar{X}$  : Nota media en la prueba del grupo correspondiente  
 z : Valor resultante de la comparación de las calificaciones del grupo experimental y del grupo control (U de Mann-Whitney)  
 $\alpha$  : Probabilidad asociada con el valor z, nivel de significación con que se rechaza  $H_0$

Tabla III

CURSO 1981/1982  
PENSAMIENTO CRITICO  
DIFERENCIAS GRUPO EXPERIMENTAL Y GRUPO CONTROL

	Diferencias Grupo Experimental-Grupo Control en la prueba inicial			Variaciones experimentadas a lo largo del curso				Diferencias Grupo Experimental-Grupo Control en la prueba final			Diferencias Grupo Experimental-Grupo en las variaciones individuales durante el curso		
	$\bar{x}_{inicial}$	$z(U)$	$\alpha$	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_f$	$z(T)$	$\alpha$	$\bar{x}_{final}$	$z(U)$	$\alpha$	$\bar{y}$	$z(U)$	$\alpha$
GRUPO EXPERIMENTAL ( $N_{EXP} = 35$ )	4,6	-0,83		4,6	5,0	-1,73	<.05	5,0	0,97		0,4	1,77	<.05
GRUPO CONTROL ( $N_{CONT} = 30$ )	4,9			4,9	4,4	-1,14		4,4			-0,5		

Signo negativo z : Superioridad del grupo control ( $n_1$ ) . Superioridad de los datos finales ( $n_2$ )

$\bar{x}_i$  = Nota media inicial.

$\bar{x}_f$  = Nota media final.

$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_f - x_i)}{n}$  Alumno i Para los alumnos del grupo.

$z(T)$  = Valor resultante de la comparación de los datos iniciales y finales del grupo correspondiente (T de Wilcoxon).

$z(U)$  = Valor resultante de la comparación de los datos del grupo experimental y del grupo control (U de Mann-Whitney).

$\alpha$  = Probabilidad asociada con el valor z, nivel de significación con que se rechaza  $H_0$ .

Tabla IV

CURSO 1979/1980  
ANALISIS DE LA VARIANZA EN DOS FACTORES  
VARIABLE DEPENDIENTE: RAZONAMIENTO ABSTRACTO FINAL  
FACTORES: METODO DE ENSEÑANZA Y RAZONAMIENTO ABSTRACTO INICIAL

FUENTE	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de la suma de cuadrados	F	$\alpha$
Tratamiento	1	132,8	132,8	21,1	0,0000
R.A. inicial	3	272,5	90,8	14,4	0,0000
Interacción	3	130,7	43,6	6,9	0,0004
Error	63	397,2	6,3		



Tabla V

CURSO 1980/1981

ANALISIS DE LA VARIANZA EN DOS FACTORES

VARIABLE DEPENDIENTE: INTERESES FISICO-TECNICOS FINALES

FACTORES: METODO DE ENSEÑANZA E INTERESES FISICO-TECNICOS INICIALES

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de la suma de cuadrados	F	$\alpha$
Tratamiento	1	582,3	582,3	5,57	0,02
I.F. inicial	3	4173,0	1391,0	13,30	0,0000
Interacción	3	289,9	96,6	0,92	0,44
Error	59	6172,3	104,6		

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUIRRE DE CARCER I., 1981, La enseñanza de las Ciencias y la teoría de Piaget (1971-1981), *Boletín del I.C.E. de la U.A. de Madrid*, Vol. 4, pp 21-37.

AUSUBEL D.P., 1978, *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas, México).

BADY R.J., 1979, Students' understanding of the logic of hypothesis testing. *Journal of Research Teaching*. Vol. 16, pp. 61-65.

BENAIM M., 1981, Diseño e implementación de un modelo para la evaluación del plan Keller (S.I.P.) de enseñanza de la Física para estudiantes de la Universidad Simón Bolívar. (Trabajo de investigación presentado a la Univ. Simón Bolívar para optar al título de doctor, Caracas).

BENNETT G.K., SEASHORE H.G. y WESMAN, A.G., 1976, *DAT, Test de Aptitudes Diferenciales*. (TEA, Madrid).

- BLOOM B.S., ENGELHART M.D., FURST E.J., HILL W.H. y KRATHWOHL D.R., 1979, *Taxonomía de los objetivos de la educación*. (Marfil, Alcoy).
- CARRETERO M., 1980, Investigación sobre el pensamiento formal. *Revista de Psicología General y Aplicada*, Vol. 35, pp. 1-28.
- GIL D., 1983, Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, pp. 26-33.
- HENDRIX, G., 1961, Learning by discovery, *The Mathematics Teacher*, Vol. 54, pp. 290-299.
- KARPLUS R., KARPLUS E., FORMISANO N. y PAULSEN A.C., 1977, A survey of proportional reasoning and control of variables in seven countries, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 14, pp. 411-417.
- KLOPFER L.E., 1975, La evaluación del aprendizaje en Ciencias (Cap. XVIII), en Bloom, Hasting y Madaus, (eds), *Evaluación del aprendizaje*. (Troquel, Buenos Aires).
- KUDER G.F., 1979, *Registro de preferencias vocacionales*. (TEA, Madrid).
- LAWSON A.E., 1979, The developmental learning paradigm, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 16, pp. 501-515.
- LAWSON A.E., KARPLUS R. y ADI H., 1978, The acquisition of propositional logic and formal operational schemata during the secondary school years, *Journal of Research Teaching*. Vol. 15, pp. 465-478.
- LAWSON A.E. y RENNER J.W., 1975, Relationships of Science subject matter and developmental level of learners, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 12, pp. 347-358.
- LEVINE D.I. y LINN M.C., 1977, Scientific reasoning ability in adolescence: Theoretical viewpoints and educational implications, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 14, pp. 371-384.
- MOE D., 1983, What is Science? *School Science and Mathematics*, Vol. 83, pp. 255-260.
- MOSHMAN D. y THOMPSON P.A., 1981, Hypothesis testing in students: Sequences, stages and instructional strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18, pp. 185-190.
- PALLRAND, G.J. y MORETTI, V., 1980, Relationships of cognitive level to instructional patterns of high school seniors, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18, pp. 341, 352.
- SHULMAN L.S. y KEISLAR E.R., (eds), 1974, *Aprendizaje por descubrimiento*. (Trillas, Buenos Aires).
- SIEGEL S., 1979, *Estadística no paramétrica aplicada a las Ciencias de la conducta*. (Trillas, México).
- SUCHMAN J.R., 1961, Inquiry training: Building skills for autonomous discovery, *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, Vol. 7, pp. 147-169.
- THURSTONE L.L., 1974, *Inventario de intereses profesionales*. (TEA, Madrid).