

# LA COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DIDÁCTICOS Y EL ANÁLISIS DE SUS CAMPOS DE APLICACIÓN: DESARROLLO DE UN MODELO MATEMÁTICO

A. Salvador Carreño

V. Sanjosé López

*Departament de Didáctica de les Ciències  
Experimentals.*

*Universitat de València.*

## INTRODUCCIÓN

El estudio de un nuevo método didáctico exige al igual que el de un nuevo método científico o tecnológico un análisis riguroso de sus parámetros de calidad. El objeto de este trabajo es proponer un modelo para el estudio de la calidad de un método didáctico que se desea aplicar en una etapa concreta de la enseñanza de una materia. Este modelo se basa en otro, que ha sido establecido para el estudio de la exactitud de los procedimientos químico-analíticos (De la Guardia M. et al., Salvador A. y Berenguer V., 1981 y 1983). Valorar los parámetros de calidad de un nuevo método didáctico supone compararlo con otro método ya conocido y utilizado. No se puede pensar en el valor intrínseco de cualquier alternativa por atractiva que esta sea, sino que es necesario compararla y relativizarla. Por ello, el primer paso para poder contrastar el nuevo método con otro que se toma como referencia, consiste en establecer la comparabilidad del campo de aplicación en el que se trabaja. Como puede entenderse rápidamente no es posible establecer la comparación entre un método aplicado a un cierto conjunto de alumnos, con características de grupo es-

peciales (por ejemplo, que sean europeos) y otro aplicado a otro conjunto diferente (alumnos asiáticos, por ejemplo), a partir de los resultados obtenidos por uno u otro método en estos conjuntos escolares diferentes. Ni siquiera sería posible entre un método aplicado en una gran capital y otro aplicado en una zona rural, si no se demuestra previamente que estas poblaciones son homogéneas entre sí como campos de aplicación de un método didáctico.

En algunos de los trabajos publicados en la bibliografía se recoge la preocupación por determinar las características y problemas de aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, no aparecen con tanta frecuencia trabajos que intenten determinar los caracteres del resto de los elementos estructurales (profesor, aula, relaciones de comunicación, etc.) y conocer cómo afectan éstos al proceso de enseñanza-aprendizaje y menos aún trabajos en los que se aúnen todos estos elementos de manera global. De hecho, en buena parte de los artículos sobre innovación pedagógica se puede apreciar una cierta tendencia a la generalización acrítica de resultados experimentales que se obtienen en un campo de trabajo que no ha sido caracterizado con el suficiente rigor.

Esto hace que, muchas veces, análisis valiosos realizados con esfuerzo, no se sepan aprovechar por quienes investigan o trabajan en condiciones diferentes, por carecer de criterios de comparabilidad.

## *ESTUDIO DE LA COMPARABILIDAD DE DOS CAMPOS DE APLICACIÓN.*

En primer lugar es preciso escoger los parámetros que deben analizarse con el fin de establecer si dos campos experimentales en los que se va a ensayar un nuevo método didáctico pueden considerarse comparables; es decir, se hace necesaria la definición del conjunto mínimo de parámetros caracteriales del Campo, compatibles con la exigencia experimental. Estos parámetros deberán hacer referencia a los siguientes aspectos:

- I.- Los alumnos
- II.- El profesor
- III.- El medio físico
- IV.- Las relaciones de comunicación en el aula.

A modo de ejemplo y con el fin de ilustrar el establecimiento del modelo, podrían considerarse los siguientes parámetros:

- I.- De los alumnos: inteligencia general, aptitudes diferenciadas, personalidad, intereses vocacionales, actitud hacia la enseñanza y rendimiento, conocimientos y destrezas previas al estudio en cuestión...
- II.- Del profesor: rasgos de la personalidad, experiencia docente en general y en la materia en cuestión, intereses profesionales...
- III.- Del medio físico: tipo de población, tipo de colegio, recursos y posibilidades de su utilización, características físicas y de adaptabilidad del aula...
- IV.- De las relaciones de comunicación en

el aula: características sociológicas del grupo (líderes, elementos aislados y problemáticos) nivel de comprensión verbal, escrita e icónica, así como los medios audiovisuales disponibles, aceptación general del profesor por los alumnos y viceversa...

De cada uno de estos parámetros debería definirse un cierto número de items. con el fin de cuantificar valores y establecer una posibilidad de comparación matemática. Por ejemplo, para los parámetros descritos podrían proponerse items que cubriesen los siguientes aspectos:

- 1.- C.I. medio y Desviación Cuadrática del C.I.
- 2.- Inteligencia Social y Práctica.
- 3.- Adaptación Práctica.
- 4.- Aptitudes numéricas y de razonamiento.
- 5.- Aptitudes espaciales.
- 6.- Aptitudes mecánicas.
- 7.- Carácter y temperamento.
- 8.- Patología.
- 9.- Adaptación familiar, social y emocional.
- 10.- Intereses vocacionales y profesionales.
- 11.- Interés por la materia en cuestión.
- 12.- Interés por el tema en particular.
- 13.- Personalidad.
- 14.- Características físicas.
- 15.- Actitud y motivación hacia la materia.
- 16.- Tipo de cultura campo «ciudad de la población».
- 17.- Valoración de los recursos del Centro y del Aula y de las posibilidades de utilización de esos recursos.
- 18.- Grado de confort del aula (luz, temperatura, ruido ambiental...).
- 19.- Grado de adaptabilidad del aula para acomodarla a diferentes metodologías de trabajo.
- 20.- Proporción de líderes de trabajo en el aula.

- 21.- Idem de juego.
- 22.- Proporción de alumnos desconectados y conflictivos.
- 23.- Resultados de test sobre uso del lenguaje.
- 24.- Perturbaciones y retrasos del lenguaje.
- 25.- Comprensión de órdenes escritas y verbales.

En modo alguno se pretende decir que los parámetros e items escogidos aquí, sean los únicos que pueden ser empleados para caracterizar un campo didáctico experimental, sino que nuestra intención es establecer un modelo que pueda ser utilizado independientemente de los parámetros o items concretos que se utilicen en cada investigación.

### *UN MODELO PARA LA COMPARACIÓN DE CAMPOS EXPERIMENTALES EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA*

Los items escogidos para el análisis de los campos experimentales deben puntuarse de un modo definido para poder cuantificar y analizar los resultados obtenidos. Si todos los items se consideran de análoga importancia, se puede otorgar a cada item un valor máximo de 100, por ejemplo. También sería posible un análisis más complejo en el que cada item tuviese un peso diferente, pero no es necesario considerarlo, ya que esta diferencia en la importancia de los items puede compensarse incluyendo un mayor número de los mismos en los aspectos que se quiera primar, por lo que el modelo más sencillo resulta fácilmente aplicable en todos los casos. Sean X ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) e Y ( $y_1, y_2, \dots, y_n$ ) dos poblaciones de valores obtenidos al aplicar los items 1, 2, ..., n, a los campos respectivos X e Y, en los que pos-

teriormente se desean aplicar y comparar dos métodos didácticos diferentes.

Suponiendo a priori que existe una relación lineal entre X e Y, ésta sería tal que:

$$y = A + B \cdot x + E(x) \quad (1)$$

donde A es la ordenada en el origen, B es la pendiente de la recta y E(x) es el parámetro residual, una variable aleatoria cuya distribución suele ser normal y cuya varianza  $S_{y,x}^2$  (varianza de y para un valor dado de x) puede ser constante o función de x. (Commisariat ó l'Energie Atomique, 1978). En primer lugar es necesario determinar si la varianza  $S_{y,x}^2$  es función de los valores de x o no lo es. Para entender el significado de esto último, podemos referirnos a un ejemplo en el que el método ha sido aplicado con éxito: En una investigación química sobre el valor de la concentración obtenida por dos métodos para varias muestras de concentraciones diferentes, suele encontrarse que la varianza de los valores de y de cada muestra depende de su concentración, ya que en general si una muestra tiene un contenido bajo en el elemento que se desea analizar, los errores analíticos suelen ser mayores.

Sin embargo en el caso de la investigación didáctica no es lógico considerar que la varianza de los valores de y encontrados en los items de cada parámetro, dependa del parámetro que se considere, ya que en este caso, las diferencias entre los valores obtenidos en los items de cada parámetro son debidas a la propia elección de los mismos por parte del investigador y no al parámetro considerado (todos los items se han normalizado a un valor máximo de 100, por ejemplo). En este caso, en el que  $S_{y,x}^2 \neq f(x)$ , el análisis de la regresión se realizará mediante un modelo de ajuste por mínimos cuadrados simples entre los pares de valores ( $x_i, y_i$ ) obtenidos para cada uno de los n items, de manera que se emplearán todos los resultados obtenidos y no sólo los valores

medios de cada parámetro (lo que se debería hacer en el caso en que  $S_{y,x}^2 = f(x)$ , utilizando un modelo de ajuste por mínimos cuadrados ponderados), obteniéndose una recta:

$$y = a + b \cdot x \quad (2)$$

donde:

$$b = \frac{\sum_i (x_i - x) \cdot (y_i - y)}{\sum_i (x_i - x)^2} \quad (3)$$

$$a = y - b \cdot x \quad (4)$$

siendo

$$x = \frac{\sum_i x_i}{n} \quad (5)$$

$$y = \frac{\sum_i y_i}{n} \quad (6)$$

En la FIGURA 1 se representan los puntos  $(x_i, y_i)$  obtenidos para cada ítem en un caso concreto en el que  $n = 25$ , dibujándose la recta ideal y la obtenida mediante el ajuste por mínimos cuadrados.

Una vez obtenida la recta de regresión se aplican dos test estadísticos a los valores de

la ordenada en el origen y de la pendiente. El control se efectúa mediante la función discriminante:

$$t_{\text{experimental}} = \frac{M - M_0}{S_M} \quad (7)$$

El valor de  $M$  es  $a$ , y el de  $M_0$  es 0, en el caso de la ordenada en el origen. Para la pendiente,  $M$  es  $b$ , y  $M_0$  es 1; ya que si los dos Campos experimentales fuesen idénticos la recta que se obtendría una ordenada en el origen igual a 0 y una pendiente igual a 1 (recta  $y = x$ ).

El valor de  $S_M$  para la pendiente,  $S_b$ , se calcula a partir de la expresión:

$$S_b^2 = \frac{S^2}{\sum_i (x_i - x)^2} \quad (8)$$

y para la ordenada en el origen,  $S_a$ :

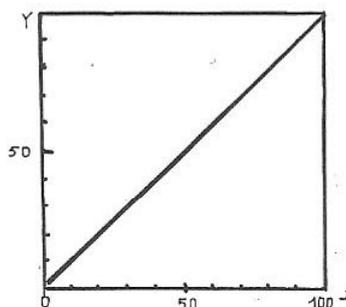
$$S_a^2 = S^2 \frac{1}{n} + \frac{x^2}{\sum_i (x_i - x)^2} \quad (9)$$

donde

$$S^2 = \frac{\sum_i (y_i - y)^2 - b^2 \sum_i (x_i - x)^2}{n - 2} \quad (10)$$

FIGURA 1

Representación de los valores  $y_i$  obtenidos para el campo de aplicación Y, frente a los  $x_i$  obtenidos para el campo de aplicación X en los ítems de comparabilidad de campos.



$a = 1'994$   
 $b = 0'973$   
 recta ajustada  $y = 1'994 + 0'973 \cdot x$   
 recta ideal  $y = x$

PUNTOS FIGURA 1

X	98	78	60	63	75	53	89	41	94	25	84	93	74	67	69	99	62	63	84	87	64	81	92	58	43
Y	100	76	64	62	73	57	87	42	95	27	81	90	72	68	67	100	59	64	85	85	61	83	89	55	46

El valor experimental de la función discriminante  $t$  obtenida para la pendiente y la ordenada en el origen, se compara con el valor  $t_{1-\alpha}$  dado por la ley de Student para  $n-2$  grados de libertad, cuyos valores para distintos niveles de probabilidad, y en función del número de items  $n$ , pueden encontrarse en cualquier manual de estadística (Commisariat l'Energie Atomique, 1978). Si el valor experimental de  $t$  es menor en los dos casos que el valor teórico  $t_{1-\alpha}$  tabulado, puede decirse que la recta experimental es estadísticamente coincidente con la recta ideal, y por tanto que los dos campos de aplicación son comparables.

Por ejemplo, si los puntos de la figura 1 responden a la ecuación:

$$y = 1'994 + 0'973 x \quad (11)$$

obtenida mediante ajuste por mínimos cuadrados, y el valor de  $S_a$  y el de  $S_b$  obtenidos a partir de las expresiones (8) y (9) es:

$$S_a = 1'71$$

$$S_b = 0'022$$

los valores experimentales de  $t_a$  y  $t_b$  obtenidos a partir de la expresión (7) son:

$$t_a = 1'167$$

$$t_b = 1'227$$

ambos menores que el valor teórico tabulado para  $n-2 = 23$  y para  $1-\alpha = 0'95$ , que es  $1'714$ . Por tanto los campos experimentales son comparables.

## *CALIDAD DE UN NUEVO MÉTODO DIDÁCTICO*

Una vez se ha verificado que dos campos de aplicación son comparables, es posible aplicar en cada uno de ellos un método didáctico

diferente y evaluar cuál de ellos tiene parámetros de calidad superiores. Esto es lo que en ocasiones se intenta llevar a cabo en las investigaciones educativas.

Resulta difícil hacer una relación en general de los parámetros de calidad de un método didáctico. No cabe duda que lo que interesa de un método didáctico es que sea capaz de conducir a buenos resultados en la educación de los alumnos. Por ello, uno de los parámetros podría ser los resultados encontrados en unas correctas pruebas de evaluación. Sin embargo, también existen otras más difíciles de cuantificar, tales como la respuesta psicológica de los alumnos ante la aplicación del método, la adaptabilidad del profesor, los posibles problemas causados por dicha aplicación, etc. Tales parámetros presentan grandes dificultades de cuantificación y no siempre se conoce su posible influencia. Por ello sería razonable utilizar como parámetro aproximativo para evaluar la calidad de un nuevo método didáctico, la respuesta de los alumnos en las pruebas de evaluación, que deben por tanto prepararse cuidadosamente para que no supongan un factor que pudiera alterar la valoración global de un método frente a otro. Una vez más, es necesario insistir en la imposibilidad de comparar dos métodos si las condiciones experimentales no son las mismas y, por tanto, es imposible comparar dos métodos si las pruebas de evaluación utilizadas no son similares y adecuadas.

Es conveniente que se utilicen pruebas de evaluación que recojan los distintos aspectos de la formación del alumno en la materia a considerar: destrezas, conocimientos, capacidad de análisis-síntesis, etc. y que de cada uno de estos apartados se elaboren una serie de items  $j$ .

De igual manera que en el caso de la comparabilidad de los campos de aplicación, es posible establecer la relación entre los resultados obtenidos por el nuevo método y por el que se

toma como referencia, o entre dos métodos nuevos.

En la figura 2 se representan los hipotéticos resultados obtenidos por el método Y, frente a los obtenidos por el método X. El método Y podrá considerarse de mayor calidad que el X en aquellos aspectos en que los valores  $y_j$  sean superiores a los  $x_j$ . En la figura 3, el método Y es superior al X en todos los items excepto en uno.

## BIBLIOGRAFÍA

Commissariat l'Energie Atomique (1978). *Statistique Appliquée a l'Exploitation de Mesures*. Ed. Masson, Paris.

De la Guardia M., Salvador A., Berenguer V., (1981). Anales de Química 77B, 129-132.

De la Guardia M., Salvador A., Berenguer V., (1983), Anales de Química 79B, 446-447.

FIGURA 2

Representación de los valores  $y_j$  obtenidos para el método Y, frente a los  $x_j$  obtenidos para el método X en los items de evaluación de la calidad.

