

Revista de Pedagogía, Año I, N^o 2
Escuela de Educación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Agosto 1971, 7-14
Caracas, julio-diciembre de 2011, 147-158

**ARTÍCULOS ESCOGIDOS POR ÁREAS DE INTERÉS:
METODOLÓGICOS**

Diseños Experimentales en Educación

**Nacarid Rodríguez
Escuela de Pedagogía.**

Nota Explicativa

La aplicación del método experimental es característica fundamental de la ciencia moderna. Es por eso que hemos creído conveniente iniciar en la Revista de Pedagogía la publicación de una serie de artículos que, sin agotar el tema, describan los diseños experimentales de mayor aplicabilidad en el campo educacional. Las exposiciones serán de carácter didáctico, de manera que las mismas puedan ser aprovechadas por el mayor número de lectores. Cada diseño experimental será definido, explicados sus fundamentos, ilustrado con casos reales y sencillos, descritos los procedimientos para la obtención de los datos y, finalmente, se darán ejemplos que muestren el procesamiento estadístico correspondiente y la interpretación de los resultados. El artículo que presentamos a continuación tiene carácter introductorio. En él se da una visión general sobre la forma como opera el científico cuando aplica el método experimental y se definen algunos conceptos que consideramos requisitos para la mejor comprensión de artículos posteriores.

NATURALEZA DE LA EXPERIMENTACIÓN

La experimentación es el método que permite descubrir con mayor grado de confianza, relaciones de tipo causal entre hechos o fenómenos de la realidad. Por ello es el tipo y nivel más alto de investigación científica.

Al desarrollo de este método de lograr conocimiento han contribuido, fundamentalmente: Galileo Galilei (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626), J. Stuart Mill (1806-1873), Claude Bernard (1813-1873), y Ronald Fisher (1890-1962). En el campo de la educación se destacan los aportes de : J.M. Rice (1895), Wilhelm Lay (1862-1926), W.A. McCall (*How to experiment in education*, 1923), Ernst Meumann (1862-1915), E.L. Thorndike (1822-1911), Alfred Binet (1857-1911) y, más recientemente Donald Campbell y Julian Stanley (*Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research on Teaching*, 1967).

El modelo clásico de experimento consiste en un ensayo deliberado, definido y comparativo en el cual: a) un conjunto de elementos (llamado *grupo experimental*) es sometido a la acción de un factor (tratamiento experimental) cuyo efecto interesa investigar; b) otro conjunto equivalente, llamado *grupo control* o grupo testigo, es observado durante el proceso experimental; y c) al finalizar el experimento, se observan y comparan los cambios producidos en los dos conjuntos. Por lógica se concluye (Mill, Reglas del Método Experimental, 1848) que las diferencias en los cambios es debida al factor experimental.

Este procedimiento puede esquematizarse de la siguiente manera:

Fase	Grupo experimental	Grupo control
I - Experimental	Exposición al factor experimental	No exposición al factor
II - De medición	Medida 1	Medida 2
III - De análisis	Comparación de resultados e inferencia	

Este esquema ha sido considerado demasiado simple, por no adaptarse a la naturaleza de fenómenos complejos; por ejemplo, los fenómenos sociales, en los cuales intervienen multiplicidad de factores; y no garantizar el control de variables, fundamental para la observación de resultados válidos. Más adelante veremos otros modelos que, partiendo del mismo análisis lógico, sí cumplen con las condiciones mencionadas.

En síntesis, la experimentación se caracteriza por la provocación del fenómeno que se estudia, la manipulación de las variables, el control de la situación experimental y la utilización de la comparación.

Hay quienes como Campbell y Stanley (1967, p. 172), enfatizan la importancia de la experimentación en educación; para ellos el experimento

“es el único medio de resolver las disputas relativas a la práctica educativa, la única manera de verificar los cambios educativos y el único modo de establecer una tradición acumulativa en la cual puedan introducirse cambios sin peligro de que ocurra un caprichoso descarte de la antigua sabiduría a favor de novedades inferiores”.

A pesar del valor que Campbell y Stanley le asignan a la experimentación, son muchas las dificultades con que tropieza el investigador al tratar de aplicar el método experimental a la solución de problemas educativos, sobre todo en lo referente al control de variables extrañas a la situación experimental. A esto se añade el que algunos aspectos de la conducta humana, tales como los prejuicios, los valores, la delincuencia, son prácticamente inabordable a través de la experimentación. Por ello, ceñirnos a un solo tipo de investigación implicaría limitar las posibilidades de aplicación del método científico para un mejor conocimiento de la realidad educativa.

El experimento

Todo experimento comienza con el planteamiento de un problema acerca de cuya solución no tenemos certeza. Supongamos que

se desea conocer cuál de dos técnicas de enseñanza –instrucción programada o clases por televisión– es más efectiva para el aprendizaje del inglés.

El investigador supone posibles soluciones al problema y las expresa en forma de hipótesis. Su trabajo posterior consistirá en verificar las probabilidades que tiene su hipótesis de ser verdadera o de ser falsa. Generalmente las hipótesis se expresan en términos estadísticos u operacionales. Una posible solución al problema planteado sería que la instrucción programada es más efectiva que las clases por televisión. Más específicamente, la hipótesis podría afirmar, por ejemplo, que el rendimiento de los alumnos que estudien inglés mediante instrucción programada será mayor que el rendimiento de los alumnos que sigan clases por televisión. Dicha hipótesis servirá de guía para escoger el diseño que más se adapte al problema. Los diseños, a los cuales nos referiremos más tarde, indican la forma de obtener las informaciones para verificar las hipótesis.

El siguiente paso es la recolección de los datos. Para ello el investigador selecciona los sujetos (en este caso los alumnos de inglés) y los organiza en grupos. Dichos grupos deben ser equivalentes o semejantes. Existen diversas técnicas para igualar o hacer los grupos equivalentes, como son: la utilización de gemelos, el pareamiento (seleccionar parejas de sujetos similares), y la utilización del azar o aleatorización. Este último procedimiento es fundamental. Se considera que el azar debe intervenir en alguna de las etapas del diseño, ya sea al seleccionar los sujetos, al distribuir los sujetos en los grupos, o al asignar los “tratamientos” a los grupos. La aleatorización consiste en realizar dichas operaciones de manera que no intervenga para nada el interés, preferencia o voluntad del investigador.

En el caso que nos ocupa sólo será necesario organizar dos grupos de sujetos. El investigador aplicará un tratamiento diferente a cada grupo. Un tratamiento será la enseñanza mediante instrucción programada, y el otro la enseñanza a través de la televisión.

Hemos dicho que la experimentación busca establecer relaciones causales. Cuando se trata de la experimentación en ciencias sociales, estas relaciones generalmente se refieren a los cambios que se producen en la conducta al modificar aspectos del ambiente (Mc Guigan, 1968). En nuestro ejemplo se busca conocer la relación entre las técnicas de enseñanza y el aprendizaje. Las técnicas de enseñanza corresponderían al aspecto del ambiente o *variable independiente* que el experimentador modifica (instrucción programada – clases por televisión) con el objeto de observar si se producen cambios en el aprendizaje, o sea la *variable dependiente* o forma de conducta.

Una variable es una propiedad o característica que cambia de un sujeto u objeto a otro, y dentro de un mismo sujeto u objeto. Ejemplos de variables interesantes para la investigación educacional serían: sexo, edad, inteligencia, métodos de enseñanza, calificaciones escolares, instrumentos para la enseñanza, personalidad de maestros y alumnos.

Cualquiera de dichas variables puede jugar el papel de variable independiente o de variable dependiente, de acuerdo con el problema que se esté investigando, pero, siempre la variable independiente será la que el experimentador manipula con el objeto de observar los cambios que se producen en la variable dependiente. Además de la variable independiente y de la variable dependiente, el investigador debe prestar atención a las llamadas variables intervinientes. Estas son variables que están relacionadas con la variable independiente y la variable dependiente, y que pueden alterar la relación que existe entre esas dos variables, es decir, pueden ser fuentes de error. El experimentador tiene que controlar la influencia de las variables intervinientes, ya sea mediante la organización de los grupos, la constancia de las condiciones, el empleo de diseños adecuados, la aleatorización o mediante procedimientos estadísticos. En nuestro ejemplo la inteligencia sería una variable interviniente. Si asignamos los sujetos más inteligentes al grupo que estudiará con instrucción programada, seguramente su rendi-

miento será mayor, pero no se deberá a la técnica de enseñanza (nuestra variable independiente) sino a la inteligencia.

Una vez que el experimentador ha aplicado los tratamientos a los grupos (un tratamiento no es más que un valor o una categoría que adopta la variable independiente) obtiene los resultados o datos que le servirán de base para verificar las hipótesis propuestas. En investigación educacional estos resultados generalmente se expresan en promedios, frecuencias o índices, o sea, valores que resuman la ejecución del grupo en su conjunto. En nuestro ejemplo obtendríamos la media, o promedio de rendimiento alcanzado por los alumnos que estudiaron inglés mediante instrucción programada y un promedio para los alumnos que estudiaron siguiendo clases por televisión. El análisis de resultados consistirá, en última instancia, en comparar esos dos promedios y estimar hasta qué punto la diferencia (si se ha obtenido alguna) puede considerarse como verdadera o como producto del azar, esto es lo que se llama *significancia de la diferencia*. Para ello se emplean técnicas estadísticas como “t de Student”, análisis de varianza, “Z de Fisher”, “Chi cuadrado”, “análisis de covarianza”.

Los resultados de un experimento se expresan en términos probabilísticos. Esto es, las hipótesis no son confirmadas ni rechazadas en su totalidad, sino que se indica un porcentaje de probabilidades de que el resultado obtenido pueda presentarse nuevamente en repeticiones del mismo experimento. Cuando se dice que la diferencia obtenida entre los dos promedios es significativa al nivel del 1%, ello quiere decir que si realizamos cien veces el mismo experimento, es posible que en uno de ellos encontremos una diferencia *no* significativa.

El campo de aplicación de los logros de un experimento está limitado por las condiciones en que el mismo fue realizado. Si en el ejemplo que hemos venido discutiendo, utilizamos alumnos de 15 y 16 años, probablemente no podríamos predecir la obtención de los mismos resultados para muchachos de 11 y 12 años. Esto está relacionado con las llamadas *validez interna* y *validez externa* de

los experimentos. Se considera que un buen experimento debe ser fuerte en ambos tipos de validez. Los resultados obtenidos (o sea la diferencia en promedios) deben ser efecto de la variable independiente y no de errores o de influencias variables intervinientes no controladas, esto es, la *validez interna*. Por otro lado, es conveniente que los resultados del experimento tengan un amplio campo de aplicación para que puedan ser de utilidad práctica, esto es, deben tener *validez externa*. Es difícil cumplir con estos dos requisitos, ya que los procedimientos más adecuados para aumentar la validez interna tienden a disminuir la validez externa y viceversa.

Campbell y Stanley (Gage, 1967), partiendo del principio de que es necesario asegurar la validez de los resultados antes de realizar la investigación y el análisis de datos, han elaborado una lista de los factores que disminuyen la validez interna y la validez externa en los experimentos en educación.

Factores que Disminuyen la Validez Interna y Externa de los Experimentos en Educación

VALIDEZ INTERNA	
1 Historia, sucesos que acontece en el período que transcurre entre el inicio y el fin del experimento.	6 Selección, desvíos en los resultados producidos por la selección diferencial de sujetos.
2 Maduración, cambios que experimentan los sujetos como efecto del correr del tiempo, tales como crecer, fatigarse, etc.	7 Mortalidad experimental, o pérdida diferencial de sujetos en los grupos.
3 Prueba, el efecto de la aplicación de una prueba inicial sobre los resultados que se obtengan en una prueba final.	8 Interacción de los factores anteriores.
4 Instrumentación, alteraciones en las medidas por defectos en los instrumentos de medición o errores de los observadores y/o correctores de pruebas.	
5 Regresión estadística, fenómeno que se produce cuando se seleccionan los sujetos sobre la base de puntajes extremos.	

VALIDEZ EXTERNA

- | | |
|--|---|
| 9 El efecto reactivo o de interacción producido por una prueba inicial, la cual puede aumentar o disminuir la sensibilidad de los sujetos para la variable experimental. | 11 Efectos reactivos del ambiente experimental, los cuales impedirán la generalización de los efectos de la variable experimental a personas que la reciban en un ambiente diferente. |
| 10 Efectos de la interacción entre desvíos en la selección de sujetos y la variable experimental. | 12 Interferencia de tratamientos múltiples. Se presenta cuando se aplican varios tratamientos a los mismos sujetos. Los efectos de los primeros tratamientos no pueden eliminarse. |
-

DISEÑOS EXPERIMENTALES

La fase central en la realización de un experimento es la elección del diseño experimental. El término diseño se utiliza frecuentemente en dos sentidos: a) como plan de una investigación experimental y; b) como aquella parte del plan que explica la forma como se obtendrán los datos. Es en este último sentido como utilizaremos el término. El propósito fundamental del diseño es controlar las variables extrañas a la situación experimental y asegurar la validez interna y externa de los resultados.

Monzón (1964, p. 10) señala que un diseño experimental debe contener:

- a) La definición de los tratamientos;*
- b) La definición de las unidades experimentales (sujeto o grupo de sujetos a los cuales se les aplicará un tratamiento);*
- c) La definición de las observaciones que deben tomarse;*
- d) La aplicación de un método mediante el cual se adjudiquen los tratamientos a las unidades experimentales”.*

Fisher (1966, p. 2) define el diseño como “la estructura lógica del experimento”. Dicha estructura, que está en función del pro-

blema, las hipótesis y las condiciones en las cuales trabaje el investigador, puede representarse gráficamente. En nuestro ejemplo utilizamos un diseño de estructura muy sencilla, a saber:

A	X ¹	O ¹
A	X ²	O ²

En donde A implica la utilización del azar en la selección de los sujetos y en la asignación de los sujetos a los grupos; X es un tratamiento –en este ejemplo, X1 podría ser enseñanza mediante instrucción programada y X2 enseñanza a través de la televisión– ; O es una observación o medida que en este caso, se toma después de aplicado el tratamiento. Dicha medida que, en este caso, se toma después de aplicado el tratamiento. Dicha medida podría consistir en la administración de pruebas similares para ambos grupos. Como vemos, el diafragma nos indica cómo se seleccionarán los sujetos, cuántos tratamientos y unidades experimentales serán necesarios, cuántas medidas u observaciones se tomarán y en qué momento.

TIPOS DE DISEÑOS

Existen diversas clasificaciones de los diseños experimentales basadas en diferentes criterios. Uno de los intentos que sigue un criterio más definido es el de Cattell (1966, pp. 19-68), quien distingue seis dimensiones básicas, a saber: 1) Número de variables; 2) Grado de manipulación de las variables; 3) Relación de tiempo en la medición de las variables; 4) Control de la situación; 5) Representatividad de las variables; 6) Representatividad de la muestra. Para cada una de estas dimensiones se dan dos tipos de experimento que forman una dicotomía polar. Por ejemplo, para la primera dimensión tendríamos experimentos multivariantes *vs* experimentos bivariantes. La combinación de las seis dimensiones, cada una dicótoma, en todas las posibles maneras, da 64 tipos o formas de diseño experimental. Según el mismo autor de esos 64 tipos, sólo 18 son verdaderamente utilizables.

Cambell (1968, pp. 171-241), por su parte, presenta una exhaustiva clasificación en seis grandes áreas: 1) Diseños preexperimentales; 2) Diseños experimentales verdaderos; 3) Diseños factoriales; 4) Diseños cuasiexperimentales; 5) Diseños correlacionales; 6) Diseños *ex post facto*. Esta clasificación es una de las más ampliamente adoptadas en la actualidad, sobre todo en la investigación educacional, y se basa en la forma cómo los diseños controlan los factores que disminuyen la validez interna y externa de los resultados.

Las Seis Dimensiones Básicas de Diseño Experimental según R.B. Cattell

DIMENSIÓN	SÍMBOLO	DICOTOMÍA POLAR	NOTACIÓN POLAR
Número de variables	N	Multivariable <i>vs</i> bivariable	m-b
Manipulación (de las variables experimentales)	M	Interferencia <i>vs</i> ocurrencia libre	i-f
Relación temporal (en la medición de las variables)	T	Sucesiva <i>vs</i> simultánea	d-s
Control (de la situación)	C	Controlada <i>vs</i> no controlada	c-u
Representatividad de las variables	R	Abstractiva <i>vs</i> representativa	a-r
Representatividad de los sujetos	D	Muestra sesgada <i>vs</i> muestra representativa	k-n

Algunos diseños experimentales de la clasificación de Campbell y Stanley (Gage, 1967)

TIPO	DISEÑO	DIAGRAMA
A) Diseños pre-experimentales	1. Estudio de un solo caso	X O
	2. Grupo único con pretest y postest	O X O
	3. Comparación del grupo estático	X O O
B. Diseños experimentales verdaderos	4. Grupo control con pretest y postest	A O X O A O O
	5. Cuatro grupos de Solomón	A O X O A O O A X O A O
	6. Grupo control con postest solamente	A X O A O
C) Diseños factoriales	7. Dos factores a dos niveles (2 x 2)	X ₁ X ₂ X ₃ O ₁ O ₂ X ₄ O ₃ O ₄
D) Diseños cuasi-experimentales	8. Series de tiempo	O O O O X O O O O
	9. Muestras de tiempo equivalentes	X ₁ O X ₀ O X ₁ O X ₀ O
	10. Muestras equivalentes de materiales	Ma X ₁ O Mb X ₀ O Mc X ¹ O Md X ₀ O
	11. Diseños contra-balanceados	X ₁ O X ₂ O X ₃ O X ₄ O X ₂ O X ₄ O X ₁ O X ₃ O X ₃ O X ₁ O X ₄ O X ₂ O X ₄ O X ₃ O X ₂ O X ₁ O

Notación: A= azar
O= observación o medida
X= tratamiento

Lindquist (1956) considera que existen seis tipos de diseños básicos. Según él, cualquiera de los diseños más complicados no son más que variaciones o combinaciones de los diseños básicos; éstos son: diseños simples al azar, diseños de tratamientos por niveles, diseños de tratamiento por sujetos, diseños de replicaciones al azar, diseños factoriales, diseños de grupos dentro de los tratamientos.

Otros autores, Fisher (1966), Edwards (1968), Mc Guigan (1968), Lewis (1968), no se preocupan mayormente por clasificar los diseños sino que se limitan a hacer una lista de los más corrientes, y diferencian unos de otros, fundamentalmente, por el tipo de análisis estadístico que requieran.

Para los artículos posteriores escogeremos aquellos diseños que consideramos de mayor aplicación y utilidad en la investigación educacional. Comenzaremos por el diseño de grupos al azar, diseño de bloques, diseños factoriales y diseño del cuadrado latino. El primero de los mencionados es de limitada aplicación en la investigación educacional, pero nos servirá de base para comprender los otros diseños.

REFERENCIAS

- Cattell, R. *Handbook of Multivariate Experimental Psychology*. Rand McNally. Chicago, 1966; pp. 959.
- Edwards, Allen. *Experimental Design in Psychological Research*. Holt Rinehart and Wiston, 3rd edition. New York, 1968; pp. 455.
- Fisher, R. *Design of Experiments*. Oliver and Boy, 8th edition. London, 1966; pp. 248.
- Gage, N.L. *Handbook of Research on Teaching*. Rand McNally. 5th edition. Chicago, 1967; pp. 1218.
- Lewis, D.G. *Experimental Design in Education*. University of London Press. London, 1968; pp. 192.
- Lindquist, E. F. *Design and Analysis of Experiments in Psychology and Education*. Houghton Mifflin. Boston, 1956; pp. 393.
- Mc Guigan, F. J. *Experimental Psychology*. Prentice-Hall. Prentice Hall, 2nd edition. New Jersey, 1968; pp.400.
- Monzón, Domingo. *Introducción al Diseño de Experimentos*. M.A.C. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, 1964; pp. 167.