

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	17
----------------------	----

## **Capítulo 1 METODOLOGÍAS CUANTITATIVAS EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA**

1. Introducción.....	21
2. Metodología cuantitativa. Características.....	21
3. El proceso de investigación .....	22
3.1. Planteamiento del problema.....	23
3.2. Revisión de la bibliografía .....	24
3.3. Formulación de las hipótesis.....	24
3.4. Metodología.....	26
3.4.1. Variables .....	27
3.4.2. Muestra.....	29
3.4.3. Diseño.....	30
3.4.4. Procedimiento.....	30
3.5. Análisis de datos .....	31
3.6. Conclusiones .....	31
4. El diseño en la investigación cuantitativa .....	32
4.1. Objetios de los diseños.....	32
4.2. Clasificación de los diseños .....	34
5. Métodos y diseños .....	35
5.1. Método y diseños experimentales .....	35
5.1.1. El control de la varianza .....	35
5.1.2. Diseños completamente aleatorios.....	39
5.1.3. Diseños de bloques homogéneos al azar.....	40
5.1.4. Diseño intragrupo o de medidas repetidas .....	41

5.2. Método y diseños cuasi-experimentales.....	41
5.2.1. Grupos no equivalentes.....	42
5.2.2. Diseños de series temporales interrumpidas .....	43
5.2.3. Diseños de sujeto único .....	43
5.3. Métodos y diseños no experimentales .....	44
Ejercicios de autocomprobación .....	49
Solución a los ejercicios de autocomprobación.....	50
Bibliografía.....	51

## **Capítulo 2**

### **ESCALAS DE ACTITUD, TEST Y PRUEBAS CRITERIALES**

1. Introducción .....	55
2. La medida en educación .....	55
2.1. La medición y las técnicas estadísticas .....	59
2.2. Características técnicas de los instrumentos de medida.....	61
2.2.1. Fiabilidad .....	61
2.2.2. Validez .....	65
3. Escalas .....	67
3.1. Escalas de actitudes .....	68
3.1.1. Escalas de Likert .....	69
3.1.2. Escalas de Thurstone .....	73
3.1.3. Escalas de Guttman .....	76
3.2. Escalas de producción escolar.....	78
3.3. Diferencial semántico.....	78
4. Tests y pruebas objetivas.....	83
4.1. Tests .....	83
4.1.1. Clasificación de los tests.....	83
4.2. Pruebas objetivas .....	85
5. Pruebas criteriosales .....	86
5.1. Tipos de pruebas criteriosales.....	88
5.2. Elaboración de pruebas criteriosales de clase.....	88
5.2.1. Especificación del dominio educativo .....	88
5.2.2. Análisis de ítems.....	90
5.2.3. Determinación de estándares y puntos de corte .....	91
5.2.4. Estudio de las características técnicas de la prueba.....	91
Ejercicios de autocomprobación .....	92
Solución a los ejercicios de autocomprobación.....	93
Bibliografía.....	94

### Capítulo 3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS

1. Introducción a la estadística.....	103
1.1. Del significado de la estadística .....	103
1.2. Conceptos elementales: población, observación, muestra .....	104
1.3. Caracteres, rango y modalidades .....	105
1.4. Variable estadística y carácter.....	106
1.4.1. Tipos de variables y datos.....	106
2. Distribuciones estadísticas unidimensionales .....	108
2.1. Distribuciones de frecuencias unidimensionales .....	108
2.1.1. Distribución de frecuencias en el caso de caracteres cualitativos .....	111
2.1.2. Distribución de frecuencias en el caso de variable dis- creta .....	112
2.1.3. Distribución de frecuencias en el caso de variable con- tinua.....	113
2.2. Tablas estadísticas .....	115
3. Representaciones gráficas .....	119
3.1. Introducción.....	119
3.2. Caracteres cualitativos .....	119
3.3. Caracteres cuantitativos.....	122
3.3.1. Gráficas de variables discretas.....	122
3.3.2. Gráficas para variables continuas.....	125
3.3.3. Gráficos de tallos y hojas.....	128
4. Medidas de posición .....	130
4.1. Introducción.....	130
4.2. Medidas de tendencia central.....	131
4.2.1. Media aritmética.....	131
4.2.1.1. Medias generalizadas .....	135
4.2.1.2. Relación entre las medias .....	136
4.3. Mediana .....	137
4.4. Moda .....	138
4.5. Relación empírica entre media, mediana y moda.....	140
4.6. Cuartiles, deciles y percentiles.....	140
4.7. Ejemplo de cálculo de la media, mediana, moda y cuartil .....	142
5. Medidas de dispersión.....	143
5.1. Introducción.....	143
5.2. Recorridos .....	144
5.3. Medidas de dispersión en torno a la media .....	145
5.4. Medidas de dispersión en torno a la mediana.....	149

5.5. Tipificación de una variable .....	150
5.5.1. Definición de variable tipificada .....	150
6. Medidas de forma .....	152
6.1. Medidas de simetría .....	152
6.2. Medidas de apuntamiento .....	154
6.3. Momentos .....	155
7. La exploración descriptiva de datos .....	157
7.1. Datos atípicos .....	157
7.2. Gráfico caja (Box Plot) .....	157
7.3. Comparación de distribuciones .....	159
8. Regresión y correlación .....	159
8.1. Relación entre variables: aspectos generales .....	159
8.2. Regresión .....	160
8.2.1. Estudio particular de la regresión lineal: ajuste de una recta por el método de mínimos cuadrados .....	160
8.2.1.1. Recta de mínimos cuadrados .....	161
8.3. Correlación .....	162
8.3.1. Coeficiente de correlación .....	163
Ejercicios de auto comprobación .....	167
Solución a los ejercicios de auto comprobación .....	172
Bibliografía .....	181

## Capítulo 4

### DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

1. Probabilidad .....	187
1.1. Fenómenos deterministas y aleatorios .....	187
1.2. Elementos del cálculo de probabilidades .....	187
1.2.1. Experimento aleatorio .....	187
1.2.2. Espacio muestral .....	188
1.2.3. Sucesos. Operaciones con sucesos .....	188
1.3. Probabilidad .....	190
1.4. Propiedades de la probabilidad .....	191
1.5. Probabilidad condicionada .....	192
1.6. Teorema de probabilidad total. Teorema de Bayes .....	194
1.7. Independencia de sucesos .....	196
2. Variables aleatorias .....	196
2.1. Variable aleatoria. Definición .....	196
2.2. Función de distribución de una variable aleatoria unidimen- sional. Propiedades .....	197
2.3. Función de cuantía o probabilidad y función de distribución de una variable discreta .....	198

2.4. Variable aleatoria continua. Función de densidad .....	201
2.5. Algunas consideraciones sobre la función de probabilidad y la función de densidad .....	202
3. Algunas distribuciones discretas y continuas.....	203
3.1. Esperanza matemática. Propiedades .....	203
3.2. Varianza y desviación estándar. Propiedades .....	204
3.3. Distribuciones discretas .....	206
3.3.1. Distribución binomial .....	206
3.3.2. Distribución de Poisson .....	208
3.4. Distribuciones continuas.....	209
3.4.1. La distribución normal .....	209
3.4.1.1. Distribución $N(0,1)$ .....	209
3.4.1.2. Distribución $N(\mu,\sigma)$ .....	211
3.4.2. Distribuciones derivadas de la distribución normal .....	212
3.4.2.1. Distribución $\chi^2$ de Pearson .....	212
3.4.2.2. Distribución de $t$ de Student .....	214
3.4.2.3. Distribución e F de Fisher-Snedecor.....	215
3.4.2.4. Relación entre las distribuciones normal, ji- cuadrado, $t$ de Student y F de Snedecor .....	217
Ejercicios de autocomprobación .....	218
Solución a los ejercicios de autocomprobación.....	219
Bibliografía .....	222

## Capítulo 5 INFERENCIA ESTADÍSTICA

1. Introducción .....	225
2. Distribuciones en el muestreo .....	226
3. Estimación estadística.....	233
3.1. Estimadores por intervalos de confianza para parámetros de la población.....	239
Ejercicios de autocomprobación .....	251
Solución a los ejercicios de autocomprobación.....	252
Bibliografía .....	256

## Capítulo 6 PRUEBAS PARAMÉTRICAS

1. Decisión estadística. Pruebas paramétricas.....	259
2. Hipótesis estadística .....	259

2.1. Hipótesis nula .....	260
2.2. Hipótesis alternativa.....	261
3. Formulación de hipótesis. Hipótesis simple frente alternativa simple.....	261
3.1. Regiones críticas y de aceptación .....	261
3.2. Error tipo I, error tipo II y potencia de una prueba.....	262
4. Hipótesis simple frente alternativa compuesta .....	264
5. Potencia de una prueba de hipótesis .....	265
5.1. Función de potencia y curvas características operativas.....	267
5.2. Cálculo de n para un $\alpha$ y $\beta$ dados.....	269
6. Principales pruebas paramétricas .....	271
6.1. Muestras grandes: media y proporción muestrales.....	273
6.2. Muestras pequeñas: media y varianza muestrales.....	278
Ejercicios de auto comprobación .....	283
Solución a los ejercicios de auto comprobación.....	286
Bibliografía.....	293

## Capítulo 7

### PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

1. Introducción .....	299
2. Pruebas no paramétricas a partir de una sola muestra .....	300
2.1. De bondad de ajuste .....	300
2.1.1. Kolmogorov-Smirnov.....	300
2.1.2. Contraste de $\chi^2$ de bondad de ajuste.....	303
2.2. La prueba binomial .....	305
2.3. De aleatoriedad .....	308
2.3.1. Prueba de rachas .....	308
3. Pruebas bimuestrales (muestras relacionadas).....	310
3.1. La prueba de Mc. Nemar para la significación de los cambios ..	311
3.2. La prueba de los signos .....	313
3.3. Prueba de pares igualados de Wilcoxon.....	316
4. Pruebas bimuestrales (muestras independientes).....	319
4.1. La prueba de la probabilidad exacta de Fisher .....	320
4.2. Contraste de Kolmogorov .....	322
4.3. Contraste de $\chi^2$ .....	325
4.4. Test de la mediana.....	327
4.5. Prueba U de Mann-Whitney .....	330
4.6. Test de Wald-Wolfowitz o de rachas .....	333

5. Pruebas para k-muestras relacionadas .....	335
5.1. Prueba Q de Cochran .....	336
5.2. Análisis de la varianza de Friedman .....	338
6. Pruebas para k-muestras independientes .....	342
6.1. Extensión de la prueba de la mediana .....	342
6.2. Análisis de la varianza de Kruskal-Wallis .....	345
7. Correlación no paramétrica .....	348
7.1. El coeficiente de contingencia: C .....	348
7.2. El coeficiente de correlación de rangos de Spearman: $r_s$ .....	350
7.3. El coeficiente de correlación de rango de Kendall: $\tau$ .....	353
7.4. El coeficiente de correlación parcial de rango de Kendall: $\tau_{xyz}$ .....	356
7.5. El coeficiente de concordancia de Kendall: W .....	358
Ejercicios de autocomprobación .....	362
Solución a los ejercicios de autocomprobación .....	364
Bibliografía .....	368

## Capítulo 8 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

1. El significado de la experimentación .....	371
2. Elementos básicos del diseño de experimentos .....	372
3. Los diseños factoriales .....	375
4. Análisis de la varianza factorial .....	377
4.1. Análisis de la varianza con un factor: Modelo de efectos fijos. ....	378
4.2. Análisis de la varianza de dos factores .....	384
Ejercicios de autocomprobación .....	391
Solución a los ejercicios de autocomprobación .....	394
Bibliografía .....	398

## Capítulo 9 INTRODUCCIÓN AL MUESTREO

1. Introducción .....	401
2. Diseños muestrales .....	403
3. Selección de la muestra en diseños probabilísticos .....	404
4. Muestreo aleatorio simple .....	404
4.1. Estimación de media, total y proporción .....	405
4.2. Selección del tamaño de la muestra para la estimación de la media, total y proporción .....	410
5. Muestreo estratificado .....	413
5.1. Estimadores de la media, el total y la proporción poblacional ...	414

5.2. Cálculo del tamaño muestral para la estimación de la media, total y proporción poblacional .....	417
1.5.3. Afijación .....	418
6. Muestreo por conglomerados .....	421
6.1. Estimación de la media, total y proporción poblacional .....	422
6.2. Tamaño de la muestra para la estimación de la media, total y proporción poblacional .....	425
7. Muestreo por conglomerados en dos etapas .....	426
8. Muestreo sistemático .....	428
9. Muestreo por cuotas .....	430
Ejercicios de autocomprobación .....	431
Solución a los ejercicios de autocomprobación .....	433
Bibliografía .....	436

## APÉNDICE

Tablas estadísticas .....	437
---------------------------	-----

# Capítulo 1

## METODOLOGÍAS CUANTITATIVAS EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

### ESQUEMA

1. *Introducción*
  2. *Metodología cuantitativa. Características*
  3. *El proceso de investigación*
    - 3.1. *Planteamiento del problema*
    - 3.2. *Revisión de la bibliografía*
    - 3.3. *Formulación de las hipótesis*
    - 3.4. *Metodología*
      - 3.4.1. *Variables*
      - 3.4.2. *Muestra*
      - 3.4.3. *Diseño*
      - 3.4.4. *Procedimiento*
    - 3.5. *Análisis de datos*
    - 3.6. *Conclusiones*
  4. *El diseño en la investigación cuantitativa*
    - 4.1. *Objetivos de los diseños*
    - 4.2. *Clasificación de los diseños*
  5. *Métodos y diseños*
    - 5.1. *Método y diseños experimentales*
      - 5.1.1. *El control de la varianza*
      - 5.1.2. *Diseños completamente aleatorizados*
      - 5.1.3. *Diseños de bloques homogéneos al azar*
    - 5.2. *Método y diseños cuasi-experimentales*
      - 5.2.1. *Grupos no equivalentes*
      - 5.2.2. *Diseño de series temporales interrumpidas*
      - 5.2.3. *Diseños de sujeto único*
    - 5.3. *Métodos y diseños no experimentales*
- Ejercicios de autocomprobación*
- Solución a los ejercicios de autocomprobación*
- Bibliografía*

## **OBJETIVOS**

- Distinguir las características básicas de la investigación cuantitativa.
- Comprender las distintas fases del proceso de investigación.
- Conocer los elementos principales del diseño de investigación cuantitativa.
- Diferenciar los principales métodos y diseños de investigación cuantitativa.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de una disciplina corre paralelo a los avances metodológicos realizados en la misma. La investigación en Educación no puede ser un coto aislado dentro de la Ciencias Sociales; de ahí, que el desarrollo metodológico de éstas repercuta en la primera y viceversa.

En esa línea, en primer lugar, desde la perspectiva empírico-analítica (cuantitativa), se verá el proceso de investigación y sus hitos, así como los diseños de investigación relacionados con esta perspectiva metodológica.

Aún cuando al abordar una investigación siempre se utilizará el método más «potente», es decir, aquel que tenga mayor capacidad de generalizar los resultados obtenidos con la aplicación del mismo. Los métodos cuantitativos están muy ligados a un planteamiento metodológico donde la Estadística cobra especial relevancia, fundamentalmente en la generalización de resultados mediante la Inferencia Estadística.

Finalmente una observación muy importante: cuando se hable del proceso o del diseño de investigación, siempre se estará más cerca del proceso de investigación empírico-analítico experimental, pero se le ha querido dar este apelativo general, por cuanto otros procesos, no experimentales, utilizan la mayoría de los pasos, y sólo modifican aquellos exigidos por sus características metodológicas diferenciadas.

## **2. METODOLOGÍA CUANTITATIVA. CARACTERÍSTICAS**

La posición metodológica del investigador circula por distintos senderos no necesariamente excluyentes. En estos momentos se hablará de la perspectiva cuantitativa.

La metodología empírico-analítica, también llamada cuantitativa, positivista, científica, se resume en los siguientes rasgos (Arnal, del Rincón y Latorre, 1992, p. 85):

- *Naturaleza de la realidad*. Considera la realidad como algo externo al investigador, singular y tangible, que puede fragmentarse en variables.
- *Finalidad de la investigación*. Su cometido es conocer y explicar la realidad para predecirla y controlarla. Pretende llegar a generalizaciones libres del tiempo y contexto, con el fin de formular las leyes y explicaciones nomotéticas que rigen los fenómenos naturales.
- *Naturaleza de la relación investigador-objeto investigado*. El investigador es visto como un ser objetivo, apolítico, libre de valores, que trabaja distanciado del objeto de estudio.
- *Problemas que investiga*. La mayoría de las veces los problemas surgen de las teorías o postulados. Se orienta a contrastar teorías. Tiene una orientación eminentemente teórica, contempla menos las necesidades de los individuos.
- *Papel de los valores*. La investigación empírico-analítica mantiene que la metodología está libre de valores. El método es garantía de neutralidad.
- *Teoría y práctica*. Separa la teoría de la práctica. La teoría tiene un carácter de normativa para la práctica; ésta queda supeditada a los cánones que dicta la teoría.
- *Criterios de calidad*. Establece como criterios de calidad la validez, la fiabilidad y la objetividad.
- *Instrumentos*. Se basa en instrumentos que implican la codificación (cuantificación) de los hechos, utilizando tests, cuestionarios, escalas de medida, entrevistas estructuradas, etc.
- *Análisis de los datos*. Es de carácter estadístico. Aporta análisis cuantitativos.

### 3. EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Desde la perspectiva empírico-analítica, el proceso de investigación comprende un conjunto de etapas y unas acciones asociadas a las mismas. Siguiendo a Arnal, del Rincón y Latorre (1992, p. 50) estamos de acuerdo en clasificar en tres etapas, a las que se asocian otras tantas acciones del investigador en el proceso general de investigación:

- a) **planificación** de la investigación, que, para el investigador, representa la elaboración del proyecto;
- b) **realización** de la investigación, que comprende la recogida y análisis de datos
- c) **comunicación** de las conclusiones, es decir, la redacción del informe por el investigador.

Estas etapas y acciones representan para la mayoría de los autores (Fox, Kerlinger, Sierra Bravo, ...), un conjunto de fases: planteamiento del problema, revisión de la bibliografía, formulación de la/las hipótesis, metodología, análisis de resultados y conclusiones. A continuación se presentará brevemente cada una de estas fases.

### 3.1. Planteamiento del problema

De forma general, el problema es una cuestión que plantea el investigador ante un hecho o una situación, que le presenta una duda o disyuntiva. Según Bisquerra (1989, p. 20), en el caso educativo, surge:

- a) de la experiencia educativa,
- b) del campo teórico: estudio crítico de las Ciencias de la Educación y
- c) de la Investigación pedagógica ya realizada.

Según Kerlinger (1985, p. 12) para que sea científico, el problema debe de reunir unas características determinadas, como:

- ser relevante
- resoluble
- plantearse con claridad y precisión
- relacionar variables
- permitir verificación empírica

Esta última característica es la que le da el carácter de científico, desde la perspectiva experimental. En éste mismo sentido, Pérez Juste (1982, pp 15 y ss.) añade que debe fundamentarse en una teoría y excluye la verificación empírica, para darle más generalidad.

En suma, el problema debe encuadrarse dentro de un marco teórico donde las investigaciones previas sobre temas relacionados le den base de apoyo y posibilidad de desarrollo.

Cuando Fox (1987, p. 63) se refiere al problema realiza la siguiente aclaración:

«Para delimitar el problema concreto de investigación, suele servir de ayuda el plantearse cuál es la pregunta concreta que esperamos contestar con la investigación. El problema concreto de investigación debe ir encaminado a contestar esta pregunta.»

A su vez este autor recomienda distinguir en la expresión del problema, entre definición conceptual o académica y definición funcional u operativa, es decir, cómo se emplea en el estudio, abogando por centrarse en esta última.

### 3.2. Revisión de la bibliografía

Cuando está definido el problema, debemos enmarcarlo en una teoría y *centrar su dimensión y alcance*, es decir, se necesita una fundamentación teórica del problema. Para conseguir estos objetivos es preciso una revisión de la literatura sobre el tema: consulta a revistas especializadas, manuales, índices bibliográficos, abstracts, tesis doctorales, ponencias, etc.

Con el nacimiento de Internet, todas estas búsquedas se han facilitado enormemente. Consulta a bases de datos como ERIC (Educational Resources Information Center) o TESEO (Tesis doctorales de las universidades españolas), entre otras, se pueden realizar desde nuestro propio domicilio y recoger en soporte magnético la información demandada.

Insistiendo en los fines de la revisión bibliográfica, siguen estando vigentes las funciones que Fox (1987, p. 146) marca para la misma:

- 1) suministrar el marco de referencia conceptual;
- 2) comprender el estado de la cuestión en el área del problema;
- 3) indicaciones y sugerencias para el enfoque, el método y la instrumentación para el análisis de datos;
- 4) estimación de las posibilidades de éxito de la investigación y de la significación o utilidad de los resultados; y si se prosigue la investigación hasta su finalización;
- 5) información específica necesaria para formular las definiciones, los supuestos, las limitaciones y las hipótesis de la investigación.

### 3.3. Formulación de las hipótesis

Las hipótesis son un paso más hacia la sistematización y delimitación del problema; son un elemento directriz de la investigación. Para Kerlinger (1985, p. 18) «la hipótesis siempre aparece en forma de oración aseverativa y relaciona, de una manera general o específica, una variable con otra». Este mismo autor señala dos tipos de hipótesis: las sustantivas o *de investigación* y las *estadísticas*. Las primeras son hipótesis de investigación que expresan verbalmente lo que el investigador espera obtener del estudio y las segundas; las estadísticas, por lo general opuestas a las anteriores, indican de forma cuantitativa supuestos sobre uno o más parámetros de la población de estudio, sobre la base de los conocimientos disponibles de estadísticos muestrales.

A las hipótesis se les exige: *estar bien fundamentadas*, es decir, insertas en una teoría o marco teórico, y ser *contrastables estadísticamente* (Bisquera 1989, p. 30).

Se deben enunciar de forma condicional: si ... entonces ..., donde sus elementos más importantes son: la **unidad de análisis**, es decir, las entidades u objetos de estudio, como por ejemplo los alumnos, profesores, escuelas, etc., las **variables o atributos** (mal llamadas variables cualitativas), a las que dedicaremos un apartado a continuación, y finalmente, los **conectores lógicos**, indicados en cursiva en el siguiente ejemplo: *si* los alumnos estudian 2 horas al día álgebra *entonces* aprobarán la asignatura. Es decir, su formulación debe ser:

- a) **comprendiva**, explicando en detalle los resultados que espera el investigador;
- b) debe ser **comprobable**, formulada de forma operativa; **acorde** con la teoría donde se inserta y debe expresarse con **claridad y concisión**, es decir, permitiendo la fácil comprensión y procurando el máximo de parsimonia en su enunciado.

Según se ha visto anteriormente, las hipótesis se enuncian de dos maneras: como hipótesis de investigación y como hipótesis estadísticas. Entre las **hipótesis de investigación** señalamos las **inductivas**, que se generan a través de la observación y de la experiencia; muy utilizadas en investigación educativa, donde lo habitual es partir de casos singulares e intentar extender los conocimientos adquiridos a la generalidad, y las **deductivas**, que nos sirven para comprobar o refutar teorías en la práctica.

Por **hipótesis estadística**, entendemos la conjetura que realizamos sobre el acaecimiento de un suceso y designamos como «**contraste**» o «**tests**» de una hipótesis a la regla que nos permite dilucidar la validez de dicha hipótesis (López Cachero, 1993, p. 453). Como podemos observar, nos movemos en términos probabilísticos y necesitamos el conocimiento de unos datos para aceptar o rechazar las hipótesis: nivel de **riesgo** admitido e **intervalo de confianza** fijado donde se supone estará el parámetro poblacional. Las hipótesis estadísticas se pueden enunciar de dos maneras:

- a) **hipótesis nula ( $H_0$ )**, denominación que no debe entenderse como suposición del cero, sino, prueba de diferencia estadística cero y, en general, determina que no existe relación o diferencia entre las variables consideradas;
- b) **hipótesis alternativa ( $H_1$ )** en la que, en oposición a la anterior, se establece relación o diferencia entre las variables consideradas. La  $H_1$  es la idea que tiene el investigador (expresada en **hipótesis de investigación**) y que espera confirmar en el estudio.