

García, J. F., Frías, M. D., & Pascual, J. (2006). *Los diseños de la investigación*

experimental: Comprobación de las hipótesis [Experimental research designs:

Verification of hypotheses] (2nd ed.). Valencia, Spain: Cristóbal Serrano Villalba.

Tipo de Referencia:	Libro, Entero
Tipo de fuente:	Impreso
Autores:	García, José Fernando ; Frías, María Dolores; Pascual, Juan
Título del libro:	Los diseños de la investigación experimental: Comprobación de las hipótesis
Año de Publicación:	2006
No. Total de Páginas:	369
Notas:	José Fernando García Pérez, María Dolores Frías Navarro, Juan Pascual Llobell
Editorial:	Cristóbal Serrano Villalba
Lugar de Publicación:	Valencia, Spain
ISSN/ISBN:	84-889596-68-9
No. de Acceso:	BNE20001542350
Título Original/Traducido:	Experimental research designs: Verification of hypotheses
Signatura:	C_L_0019

En este libro se expone de una manera innovadora el centenario tópico de los diseños clásicos de investigación en las Ciencias del Comportamiento. Viniendo a demostrar que los diseños clásicos desarrollan una metodología válida para las áreas de conocimiento donde es imposible mantener constantes todas las variables que intervienen en la explicación de un determinado fenómeno.

Sin olvidar el más absoluto rigor expositivo, se tratan todos los aspectos del diseño con una estructura común y didáctica, sustituyendo las tradicionales fórmulas algorítmicas por explicaciones lógicas y razonadas. Imperando, en la organización de los contenidos, las cuestiones teóricas o aplicadas de la investigación sobre los aspectos del mero cálculo.

Pero, sin duda, la mejor aportación de los autores consiste en 35 supuestos prácticos, perfectamente programados, que permiten al lector apreciar la importancia que tienen estos diseños para desarrollar una investigación de calidad, integrando en su interpretación las limitaciones propias de la metodología -experimental, cuasi-experimental o no experimental- aplicada.

Incluye CD-ROM

- Corrige automáticamente los 9 capítulos prácticos del libro.
- Proporciona las instrucciones para solucionarlos con el programa SPSS®.
- Guarda en un fichero personal las calificaciones y los tiempos de ejecución.

Editorial CSV

CSV

Cristóbal
Serrano
Villalba

José Fernando García Pérez
María Dolores Frías Navarro
Juan Pascual Llobell

**Los diseños de la investigación
experimental: Comprobación de las hipótesis**

Los diseños de la investigación experimental: Comprobación de las hipótesis

José Fernando García Pérez
María Dolores Frías Navarro
Juan Pascual Llobell

Editorial CSV
Cristóbal Serrano Villalba

**LOS DISEÑOS DE LA INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**

J. F. García Pérez • M. D. Frías Navarro • J. Pascual Llobell

(UNIVERSITAT DE VALÈNCIA)

**LOS DISEÑOS DE LA INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**



© José Fernando García Pérez • María Dolores Frías Navarro • Juan Pascual Llobell

C. S. V. Cristóbal Serrano Villalba
✉ Av. Blasco Ibáñez, 21; 46010 Valencia (Spain)
☎ 34 - (9)6 - 362 22 48
✉ psico.repro@uv.es

I.S.B.N.: 84-89596-68-9

Depósito legal: V-4292-1999

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser impresa o reproducida por cualquier otro procedimiento (*Real Decreto 1434/1992. Artículo 10*), sin el permiso escrito de los propietarios del “Copyright” (*Ley de Propiedad intelectual. Artículo 17 y Código Penal. Artículo 270*)

Índice General

PRESENTACIÓN	11
Capítulos prácticos	14

INTRODUCCIÓN

LA CIENCIA Y SU MÉTODO	17
EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA: EL EJEMPLO DE LA FÍSICA	18
La astronomía	19
La física terrenal	21
La primera teoría general	23
EL MÉTODO CIENTÍFICO	23
Las características fundamentales	23
La precisión del lenguaje	24
El límite de la inducción	25
El argumento de la ciencia	27
CUESTIONARIO	29

CAPÍTULO I

PSICOLOGÍA CIENTÍFICA Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	31
DESARROLLO DE LAS TEORÍAS Y LOS MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	31
Un segundo desarrollo	33
Fisher. La aleatorización como técnica de control	34
Del conductismo al neoconductismo	38
El paradigma cognitivo	41
LA VALIDEZ DE LOS CONSTRUCTOS TEÓRICOS DE LA PSICOLOGÍA CIENTÍFICA	42
¿De los datos a la teoría?	43
La polémica de la hipótesis nula	45
Frick. La psicología, una ciencia ordinal	46
Los constructos teóricos	48
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE LA PSICOLOGÍA	50
CUESTIONARIO	54

CAPÍTULO II

EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	57
EL CONTROL MEDIANTE LA ALEATORIZACIÓN	57
TAMAÑO DEL EFECTO Y ERROR	59
GARANTÍAS EN LA VALIDEZ Y AMENAZAS	60
Validez interna	60
Cómo actúa la tercera variable	60
Artefactos experimentales	61
El sesgo de selección	62
¿Actúa la manipulación?	63
El tipo de relación entre independiente y dependiente	63
El efecto del orden	64
El error experimental	65
Validez externa	67
CUESTIONARIO	70

CAPÍTULO III

PARAMETRIZACIÓN DE LOS DATOS SEGÚN EL MODELO TEÓRICO	77
MODELO DEL DISEÑO	77
EJEMPLO DE UNA INVESTIGACIÓN: FRUSTRACIÓN Y AGRESIÓN	79
PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO	79
Estimación de los parámetros	79
Formulación del modelo	81
Modelo general	82
Supuestos del modelo lineal	84
Grados de libertad	84
AJUSTE DEL MODELO A LOS DATOS: MAGNITUD DEL EFECTO	85
Las sumas de cuadrados	85
Alternativas de cálculo	86
Magnitud del efecto experimental	87
EJERCICIOS	87
CUESTIONARIO	88

CAPÍTULO IV**VALIDEZ DE LA INFERENCIA**

ESTADÍSTICA	93
PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA	93
El teorema del límite central: la media de las muestras.....	95
La distribución muestral del estadístico F	97
Un ejemplo de distribución muestral.....	98
El estadístico F	99
Dos estimaciones insesgadas de la varianza	100
Supuestos de la distribución muestral de F	102
La prueba de significación del estadístico F	103
La probabilidad de replicar el error del Tipo I	104
El análisis de la varianza	104
Supuestos del ANOVA	105
LOS ENUNCIADOS CUANTITATIVOS Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA	106
El tamaño del efecto y el error de Tipo II.....	107
Error típico e intervalo de confianza	107
La probabilidad del error de Tipo II.....	108
La potencia de la prueba estadística.....	110
EJERCICIOS.....	112
CUESTIONARIO	113

CAPÍTULO V

PRÁCTICA 1. DISEÑO ENTRE GRUPOS	117
SUPUESTO 1: SINCRONÍA MENSTRUAL	117
Cuestionario	118
Ejercicios	119
SUPUESTO 2: SELECCIÓN DE LA DIETA.....	120
Cuestionario	120
Ejercicios	121
SUPUESTO 3: OBEDIENCIA Y RAZONAMIENTO	122
Cuestionario	122
Ejercicios	123
SUPUESTO 4: LA ATENCIÓN Y LA TENSIÓN MUSCULAR.....	124
Cuestionario	124
Ejercicios	125

CAPÍTULO VI**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS DE LA**

INVESTIGACIÓN	127
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS PARA LAS MEDIAS DE LAS CONDICIONES.....	128
ALGUNOS PROCEDIMIENTOS PARA EFECTUAR CONTRASTES.....	129
Corrección de Bonferroni	129
La ortogonalidad:	
ausencia de redundancias	131
La distancia crítica entre dos medias	132
Procedimiento de Dunnett.....	132
Procedimiento DHS de Tukey.....	133
Procedimiento de Scheffé.....	133
ELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	134
EJERCICIOS.....	135
CUESTIONARIO	136

CAPÍTULO VII**CONTRASTE DE LA INTERACCIÓN EN**

UN DISEÑO FACTORIAL	141
ECUACIÓN ESTRUCTURAL.....	142
Modelo aditivo o de los efectos principales	142
Modelo no aditivo y efectos de la interacción.....	143
INTERPRETACIÓN DEL EFECTO DE LA INTERACCIÓN.....	145
PROCEDIMIENTO GENERAL	146
DISEÑOS CON TRES VARIABLES INDEPENDIENTES.....	146
EJERCICIOS.....	147
CUESTIONARIO	147

CAPÍTULO VIII**PRÁCTICA 2. DISEÑO FACTORIAL 2×2** 151

SUPUESTO 1: HIPERACTIVIDAD.....	151
Cuestionario.....	152
Ejercicios	152
SUPUESTO 2: LOS ESTEREOTIPOS SEXUALES DE LOS CUENTOS.....	154
Cuestionario.....	155
Ejercicios.....	156
SUPUESTO 3: EL ESPEJO COMO TÉCNICA PARA FIJAR LA ATENCIÓN	158
Cuestionario.....	159
Ejercicios.....	160

SUPUESTO 4: EL EFECTO DE LA REPRESENTACIÓN	162
Cuestionario	163
Ejercicios.....	163

CAPÍTULO IX

PRÁCTICA 3. DISEÑO FACTORIAL

2 x 2 x 2	167
------------------------	-----

SUPUESTO 1: RECONOCIMIENTO FACIAL Y ACTIVIDAD ELECTRODERMAL	167
Cuestionario	168
Ejercicios.....	169

SUPUESTO 2: MODELADO CON EJEMPLOS NEGATIVOS	171
Cuestionario	172
Ejercicios.....	173

SUPUESTO 3: SESGOS DEL SEXO Y ATRACTIVO FÍSICO EN LA SELECCIÓN.....	176
Cuestionario	176
Ejercicios.....	177

CAPÍTULO X

REDUCCIÓN DEL COMPONENTE

RESIDUAL MEDIANTE

EL BLOQUEO	181
-------------------------	-----

ECUACIÓN ESTRUCTURAL	182
----------------------------	-----

INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA	183
--	-----

DISEÑOS DE CUADRADO LATINO: EL DOBLE BLOQUEO	184
--	-----

Ecuación estructural	185
----------------------------	-----

Verificación de los supuestos e interpretación del análisis de la varianza.....	186
---	-----

EJERCICIOS	187
------------------	-----

CUESTIONARIO.....	188
-------------------	-----

CAPÍTULO XI

PRÁCTICA 4. DISEÑO CON BLOQUES 193 |

SUPUESTO 1: TERAPIA AVERSIVA Y ALCOHOLISMO.....	193
---	-----

Cuestionario	194
--------------------	-----

Ejercicios.....	194
-----------------	-----

SUPUESTO 2: AROUSAL Y EJECUCIÓN	196
---------------------------------------	-----

Cuestionario	196
--------------------	-----

Ejercicios.....	197
-----------------	-----

SUPUESTO 3: PERCEPCIÓN DE EFICACIA Y EJECUCIÓN	199
--	-----

Cuestionario	199
--------------------	-----

Ejercicios	200
------------------	-----

SUPUESTO 4: HIPNOSIS Y RECUERDO	202
---------------------------------------	-----

Cuestionario	202
--------------------	-----

Ejercicios	203
------------------	-----

CAPÍTULO XII

PRÁCTICA 5. CUADRADO LATINO

3 / 3 x 3	205
------------------------	-----

SUPUESTO 1: TERAPIA CONDUCTUAL DE LA HIPERFAGIA	205
---	-----

Cuestionario	206
--------------------	-----

Ejercicios	207
------------------	-----

SUPUESTO 2: VOCABULARIO Y LECTO-ESCRITURA	209
---	-----

Cuestionario	210
--------------------	-----

Ejercicios	211
------------------	-----

SUPUESTO 3: FEROMONAS Y AGRESIÓN	214
--	-----

Cuestionario	214
--------------------	-----

Ejercicios	215
------------------	-----

SUPUESTO 4: OBESIDAD Y APETITO.....	217
-------------------------------------	-----

Cuestionario	218
--------------------	-----

Ejercicios	218
------------------	-----

CAPÍTULO XIII

DISEÑOS ANIDADOS CON EFECTOS

ALEATORIOS	221
-------------------------	-----

ECUACIÓN ESTRUCTURAL.....	222
---------------------------	-----

PRUEBA DE LA HIPÓTESIS E INTERPRETACIÓN	223
---	-----

EL DISEÑO ANIDADADO CON DOS VARIABLES INDEPENDIENTES	224
--	-----

Pruebas de la hipótesis e	
---------------------------	--

Interpretación	225
----------------------	-----

EJERCICIOS	226
------------------	-----

CAPÍTULO XIV

PRÁCTICA 6. DISEÑO ANIDADADO 3 / 2..... 227 |

SUPUESTO 1: EDUCACIÓN VOCACIONAL	227
--	-----

Cuestionario	228
--------------------	-----

Ejercicios	228
------------------	-----

SUPUESTO 2: ESTILOS EDUCATIVOS Y TOXICOMANÍA	230
--	-----

Cuestionario	230
--------------------	-----

Ejercicios	231
------------------	-----

SUPUESTO 3: DESEABILIDAD SOCIAL Y SELECCIÓN DE PERSONAL	232
Cuestionario	233
Ejercicios	233
SUPUESTO 4: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS INFANTILES	235
Cuestionario	235
Ejercicios	236

CAPÍTULO XV

PRÁCTICA 7. ANIDADO 2 / 2 x 2

SUPUESTO 1: NORMA SOCIAL Y AGRESIÓN	239
Cuestionario	240
Ejercicios	240
SUPUESTO 2: SEXO, ANSIEDAD, AUTOEFICACIA Y RENDIMIENTO DEPORTIVO	243
Cuestionario	243
Ejercicios	244
SUPUESTO 3: EVENTOS VITALES, AUTOESTIMA Y DEPRESIÓN	246
Cuestionario	247
Ejercicios	248
SUPUESTO 4: PERSONALIDAD Y TERAPIA ASERTIVA	250
Cuestionario	250
Ejercicios	251

CAPÍTULO XVI

DISEÑOS CON MÁS DE UNA VARIABLE

DEPENDIENTE. MANOVA	255
ECUACIÓN ESTRUCTURAL	256
Sumas de los productos, covarianza y correlación	256
Descomposición de la varianza	258
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS: MANOVA	258
EJERCICIOS	260
CUESTIONARIO	260

CAPÍTULO XVII

DISEÑOS CON VARIABLES COVARIADAS

ECUACIÓN ESTRUCTURAL	264
Parte explicada y parte ajustada	265
VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS	266
Independencia de la covariante y la independiente	266
Ausencia de interacción entre la independiente y la covariada	266

Relación entre la dependiente y la covariada	268
Otros supuestos	268
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS E INTERPRETACIÓN	268
COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	269
Contraste de las medias	270
EJERCICIOS	271
CUESTIONARIO	272

CAPÍTULO XVIII

PRÁCTICA 8. ANCOVA

SUPUESTO 1: HIPOGLUCEMIA Y AGRESIÓN	273
Cuestionario	274
Ejercicios	274
SUPUESTO 2: ESTEROIDES ANABOLIZANTES Y AGRESIVIDAD	277
Cuestionario	277
Ejercicios	278
SUPUESTO 3: PRÁCTICA DEPORTIVA Y AUTOCONCEPTO	280
Cuestionario	280
Ejercicios	281
SUPUESTO 4: EXPECTATIVA DEL PROFESOR Y RENDIMIENTO DEL ALUMNO	283
Cuestionario	284
Ejercicios	284

CAPÍTULO XIX

DISEÑO CON MEDIDAS REPETIDAS (I).

DOS SOLUCIONES ANALÍTICAS	289
PLANTEAMIENTO DE UNA INVESTIGACIÓN	291
Hipótesis	291
Procedimiento	292
Aplicación	292
ANÁLISIS UNIVARIADO	293
Estimación de los efectos	293
Ecuación estructural	294
Prueba de la hipótesis	295
Las dos hipótesis específicas	295
SOLUCIÓN MULTIVARIADA	296
Transformación de las puntuaciones	296
Ecuación estructural	297
Las sumas de cuadrados normalizadas	297
MANOVA	298
Pruebas específicas de las dos hipótesis	299

ANOVA VS. MANOVA. EL SUPUESTO DE LA ESFERICIDAD	299
Prueba de Mauchly para la esfericidad	300
La simetría compuesta	300
Prueba de Box para la simetría compuesta	301
Un nuevo experimento: los datos B.....	301
EL AJUSTE DE LOS GRADOS DE LIBERTAD EN EL ANOVA.....	302
Épsilon mínima: ϵ_{\min}	303
$\hat{\epsilon}$ de Box	303
$\tilde{\epsilon}$ de Huynh y Feldt	304
¿MANOVA O ANOVA, QUÉ SOLUCIÓN APLICAR?.....	304
EJERCICIOS.....	305
CUESTIONARIO	305

CAPÍTULO XX

PRÁCTICA 9. DISEÑO INTRA GRUPOS	307
SUPUESTO 1: REGULACIÓN HOMEOSTÁTICA DE FLUIDOS	307
Cuestionario	308
Ejercicios.....	308
SUPUESTO 2: MEMORIA Y SHOCK ELECTROCONVULSIVO.....	310
Cuestionario	310
Ejercicios.....	311
SUPUESTO 3: SEPARACIÓN MATERNA.....	312
Cuestionario	313
Ejercicios.....	313
SUPUESTO 4: PSICOMOTRICIDAD Y EDAD	315
Cuestionario	315
Ejercicios.....	316

CAPÍTULO XXI

DISEÑO CON MEDIDAS REPETIDAS (II). VARIAS MEDIDAS REPETIDAS Y MIXTO	319
DISEÑO CON DOS FACTORES DE MEDIDAS REPETIDAS	319
Solución univariada	320
Solución multivariada	322
Prueba multivariada de la hipótesis	323
Prueba de la hipótesis de cada contraste.....	323
DISEÑO MIXTO.....	324
EJERCICIOS.....	326
CUESTIONARIO	326

APÉNDICE I

AUTOEVALUACIÓN	327
PRIMERA PARTE	327
SEGUNDA PARTE	329
2º ejemplo.....	331

APÉNDICE II

ÁLGEBRA DE MATRICES	333
SUMA, RESTA Y PRODUCTO	334
Multiplicación de matrices.....	334
EL DETERMINANTE DE UNA MATRIZ	335
Menor complementario	335
Adjunto	335
Cálculo del determinante por la adjunta	336
INVERSA DE UNA MATRIZ	336
Cálculo de la inversa de una matriz por la adjunta	336
EJERCICIOS	337

APÉNDICE III

TABLAS ESTADÍSTICAS	339
DISTRIBUCIÓN NORMAL.....	339
DISTRIBUCIÓN <i>CHI-CUADRADO</i>	341
DISTRIBUCIÓN <i>T</i> DE STUDENT	342
DISTRIBUCIÓN <i>F</i>	343
$\alpha = 0,250$	343
$\alpha = 0,050$	345
$\alpha = 0,025$	347
$\alpha = 0,010$	349
$\alpha = 0,005$	351
$\alpha = 0,001$	353
DISTRIBUCIÓN <i>F</i> DE BONFERRONI	355
$\alpha = 0,050$	355
$\alpha = 0,010$	357
ESTADÍSTICO DEL RANGO ESTANDARIZADO	359
PRUEBA DE BRYANT-PAULSON	360
PRUEBA DE DUNNETT	361
Dos colas	361
Una cola	362
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN	362
BIBLIOGRAFÍA	365

Presentación

PARTIENDO de que la psicología es una ciencia cuyo objeto de estudio es el comportamiento humano, que el método de investigación experimental es uno de los caminos para contrastar los enunciados científicos, y, considerando, que los diseños de investigación experimentales comprenden la planificación de todos los componentes necesarios para contrastar la hipótesis de la investigación con dicho método; estamos suponiendo implícitamente un orden lógico en los elementos que componen estos diseños. En primer lugar, se establece una prevalencia de las cuestiones teóricas que conducen a plantear una hipótesis que sea contrastable. Si no existiera algún enunciado que comprobar o, al menos, una hipótesis de investigación, ni siquiera sería posible plantearse cómo se tiene que contrastar dicho enunciado. Para corroborar una hipótesis —que como mínimo relaciona dos variables— es necesario que las demás, todas aquellas que pudieran estar relacionadas con las dos de interés, no afecten a la relación de las que se pretenden analizar. Es preciso, por tanto, (1) definir qué variables se van a estudiar —las que Kish (1975) denomina experimentales— y (2) enunciar en la hipótesis, sin ambigüedades, cual es su relación de manera coherente con el planteamiento teórico o pragmático de la investigación. Asimismo, es necesario garantizar que otras variables extrañas a las relacionadas por la hipótesis no confundirán la relación real que exista entre ellas.

El método experimental, tal y como se aplica en los denominados *diseños experimentales clásicos* (Arnau, 1990a: 17), garantiza los resultados de esta comprobación, si aparte de los requisitos de validez teórica, interna, externa y de conclusión estadística, emplea dos técnicas de control específicas: la manipulación y la asignación aleatoria de los valores de la variable independiente a las unidades experimentales. Cualquier diseño que cumpla con estos dos requisitos pertenecerá a esta categoría (Pedhazur y Schmelkin (1991, p. 251):

«An experiment is a study in which at least one variable is manipulated and units are randomly assigned to the different levels or categories of the manipulated variable(s).»

Por lo tanto, un diseño de investigación será experimental si se realiza para comprobar una relación entre dos variables, una de las cuales —la independiente— ha sido manipulada y asignada aleatoriamente para confirmar si los cambios en la otra —dependiente— ratifican el enunciado de la hipótesis. Puede darse la circunstancia de que la hipótesis de la investigación suponga que dos o más variables independientes se relacionan con una dependiente, o más, que se controle el efecto de alguna variable extraña mediante la estratificación, etc. De hecho, es imposible enumerar todos los diseños que pueden plantearse para responder a las distintas cuestiones teóricas que investiga la psicología, puesto que la estructura final de un diseño dependerá de las hipótesis a las que tenga que responder. Pero sí es posible establecer unos criterios organizativos que permitan algún orden.

Este orden será válido en la medida que indique unas pautas de actuación justificadas y de aplicación general, y, si es posible, sencillas. Para ello, el criterio de clasificación tendrá que derivarse del planteamiento general o conceptual de estos diseños. Si nos remontamos a los orígenes históricos de esta materia, es necesario mencionar la obra de Fisher (1935/1971), *The design of experiments*, que aparece 10 años después de su libro *Statistical methods for research workers* (Fisher, 1925/1973). El propio título de las dos obras y su ubicación cronológica indican que los diseños de investigación experimentales tienen unos antecedentes claros en el desarrollo del cálculo estadístico.

La cuestión de si estos diseños pueden considerarse como una subdisciplina de la estadística, o como una materia de estudio propia que aplica las herramientas del cálculo estadístico, ya fue un tema de debate acalorado en sus orígenes; a este respecto, Fisher (1935/1971: 1-2) opinaba:

«The statistician cannot evade the responsibility for understanding the processes he applies or recommends. My immediate point is that the questions involved can be dissociated from all that is that the questions involved can be dissociated from all that is strictly technical in the statistician's craft, and, when so detached, are questions only of the right use of human reasoning powers, with which all intelligent people, who hope to be intelligible, are equally concerned, and on which the statistician, as such, speaks with no special authority. The statistician cannot excuse

himself from the duty of getting his head clear on the principles of scientific inference, but equally no other thinking man can avoid a like obligation».

Actualmente está claro que la labor investigadora no es exclusiva de ningún estamento científico, y que las inferencias que se hacen en una investigación no se pueden fundamentar exclusivamente en la formación académica de quienes la realicen, sino en los requisitos de validez que concurran en la misma. Los criterios de autoridad son los peores avales de una actividad científica.

Es cierto que los diseños experimentales emplean la estadística, pero no puede decirse estrictamente que sean reducibles a ésta. Sería una cuestión semejante a preguntarse si la física sería reducible a la matemática ¿Qué diferencia existe para un matemático entre un vector que expresara una longitud y otro que representara a una fuerza? El matemático indicaría en ambos casos que se trata de dos elementos de un espacio vectorial, no pudiendo distinguir conceptualmente entre longitud y fuerza. Si se considerase viable reducir la biología al estudio de la química: ¿Cómo se define químicamente el concepto de célula? Pero dicho esto, también es cierto que los vectores tienen que cumplir las propiedades matemáticas de los espacios vectoriales y el funcionamiento de la célula no puede entenderse sin considerar las reacciones entre los elementos químicos que la constituyan.

En el caso de los diseños experimentales es difícil explicar estadísticamente la diferencia entre una variable independiente y otra de bloqueo, atendiendo a alguna característica de su varianza. Pero también es cierto que si no se conoce la distribución muestral de un estadístico, no se puede hacer una prueba de la hipótesis o calcular los intervalos de confianza. Si no se dispusiera de los conocimientos estadísticos, el proceso de la inferencia en estos diseños, sería imposible.

Si es cierto que no se pueda entender el diseño de las investigaciones como una mera estadística aplicada, también lo es que su aplicación se basa en el cálculo estadístico. Plantearse actualmente la posibilidad de una metodología *anumérica* sería comparable a defender la arquitectura sin el cálculo. Si bien es aceptable que la arquitectura no puede reducirse a un problema de *cálculo matemático*, esto no exime a los arquitectos de conocer con profundidad esta disciplina matemática. Como resulta obvio si se trata de construirnos nuestra propia casa. Los cálculos estadísticos son una parte más en el diseño, como cualquier otra, y no existe ninguna necesidad de separarla del resto, sino, más bien se necesita integrarla con los demás aspectos, y hacerlo correctamente. Por otra parte, si no se cumplen todos los supuestos estadísticos, es imposible garantizar la validez de la inferencia que se haga en cualquier experimento.

Otra cuestión que ha influido en estos diseños ha sido que se desarrollaran en el campo de la in-

geniería agrícola. Parte de los nombres que actualmente empleamos proceden de la jerga de este campo de la investigación. En el léxico de los diseños se emplea: *parcela, diseño de parcela dividida, bloques, bloques al azar*, etc. junto con los términos *replicación, aleatorización, aleatorización restringida, aleatorización completa*, etc. Aunque el nombre que se asigne a los conceptos es irrelevante para la validez de un procedimiento, la investigación que se realiza en la psicología no se corresponde exactamente con las peculiaridades metodológicas de esta ingeniería. A pesar de las diferencias, la adaptación que se ha hecho para la investigación psicológica presenta algunas disonancias que, buscando un ejemplo literario, se diría que el proceso de traducción fue más literal que contextual.

La estructura de algunos tratados tradicionales de los diseños experimentales en psicología sigue la tradición de la pionera obra de Fisher (1935/1971); en ésta, después de algunos temas introductorios para justificar el proceso de la inferencia y las garantías de la aleatorización física, comienza exponiendo en el tema IV, *An agricultural experiment in randomised blocks*, en el V, *The Latin square* y en el VI, *The factorial design in experimentation*. Esta misma organización es posible encontrarla, por ejemplo, en la obra clásica de Kirk (1995), quién después de los aspectos más generales del diseño: la validez estadística, las comparaciones múltiples y el análisis de la varianza desde la perspectiva del modelo lineal general, a continuación en el tema VII trata *randomised blocks designs*, en el VIII, *Latin square and related designs* y en el IX, *Completely randomized factorial design with two treatments*. Siguiendo también en los restantes una exposición paralela a la de Fisher (1935/1971). La razón para que Fisher incluyese el diseño de bloques completamente aleatorizados antes, incluso, que los diseños factoriales, hay que buscarla en peculiaridades de las investigaciones agrícolas. Aunque las investigaciones de los dos campos comparten la idoneidad de esta metodología, por el alto número de variables extrañas que existen en sus experimentos y la práctica imposibilidad física de controlarlas manteniéndolas constantes, las características de sus unidades experimentales son diferentes.

En la investigación agrícola, la unidad experimental del diseño suele ser el bloque o parcela de terreno. Una investigación en esta materia sin comparar la productividad de las distintas parcelas resulta difícil. La solución para desligar la variable independiente del experimento (el tipo de semilla, abono, etc.) de las extrañas (condiciones de humedad, orientación, iluminación, aire, etc.) pasa necesariamente por aleatorizar la administración de las distintas condiciones de la variable independiente en partes pequeñas de un campo de cultivo grande. Las partes más próximas de dicho campo se carac-

terizan por mayor homogeneidad en la incidencia de las variables extrañas, mientras que en las más alejadas cabe suponer que éstas incidirán de manera más desigual. En cualquier caso, sobre cada una de estas parcelas, la incidencia que resulte de las distintas combinaciones de las variables extrañas hará que se puedan considerar como factores de efectos aleatorios. Los bloques se dividen en tantas parcelas como condiciones tenga la variable independiente, y se asigna a cada uno de éstos, aleatoriamente, una condición de la variable independiente.

En la investigación psicológica, las unidades experimentales no se pueden partir a voluntad, puesto que habitualmente suelen ser personas, y tampoco el criterio de vecindad corresponde en muchos casos a mayor homogeneidad. Sin embargo, se pueda considerar que algunas variables personales como puede ser el sexo, la edad, etc. son similares a los bloques de la investigación agrícola puesto que permiten comprobar las diferencias entre las condiciones experimentales en bloques homogéneos; siendo no obstante esta comparación, por lo menos, algo forzada. A no ser que se dispusiera de parejas de gemelos, o se realizara una investigación de mercado en la que se pudiera considerar apropiado definir como un bloque a las personas de la misma posición socioeconómica, o ubicadas en una zona similar.

El mayor parecido que se puede establecer con el bloque y la parcela de la investigación agrícola es el factor sujeto de los diseños de investigación de la psicología. En este sentido, cada uno de los sujetos de una investigación sí puede entenderse que constituyen un bloque homogéneo en el que se puede comparar el efecto de distintas condiciones experimentales (observaciones que se realizan en una parcela). En cierto modo, la importancia que ha tenido en la agricultura los diseños de bloques sería comparable en la psicología a los diseños con medidas repetidas en el factor sujeto. Aunque, dicho sea de paso, en el índice de la obra de Kirk (1995) no se puede encontrar ningún epígrafe que haga alusión a este tópico. A pasar de que esta clasificación de los diseños puede ser tan correcta como cualquier otra, no deja de contrastar con el subtítulo de su obra: *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*.

Mucho más importante que las nomenclaturas es la justificación que conduce a las mismas. Si el diseño se realiza para contrastar enunciados teóricos, la validez de éstos tendrá que prevalecer sobre lo demás. No se trata de restar importancia al resto; pero si atendemos a la prevalencia de la mera temporalidad que un proceso concatenado implica, es fácil entender que si el primero de los pasos falla, los restantes quedarán automáticamente invalidados. Con esto, nos estamos refiriendo a que para poder comprobar la relación entre dos variables, una independiente y otra dependiente, el resto de

variables tendrán que permanecer controladas. Aunque los diseños experimentales permitan garantizar la validez interna de la relación, si otra extraña confunde la relación de las dos estudiadas, todo el procedimiento restante quedará invalidado. De ahí que el primer requisito que tiene que suponerse en cualquier diseño sea precisamente la **aditividad** de las variables independientes con las extrañas. Para que una variable pueda ser considerada extraña en un experimento es preciso que **no confunda** a la relación que guarden la dependiente y la independiente. Por lo tanto, el primer paso del análisis de los datos es constatar los efectos de interacción, bien para comprobar si las variables independientes interactúan —si es esto lo que enuncia la hipótesis— o para constatar que realmente no lo hacen, en los demás casos. Atendiendo a esta justificación, parece lógico pensar que antes que intentar controlar el efecto de una variable extraña, sea necesario asegurar que se puede comprobar con garantías la relación entre las experimentales.

Si bien en la investigación agrícola, las unidades experimentales se encuentran dispuestas en una superficie y necesariamente relacionadas por la contigüidad, siendo muy difícil plantear un diseño sin formar bloques y réplicas de los mismos. En la investigación psicológica, las unidades experimentales suelen ser sujetos, pudiéndose asignar libremente las condiciones experimentales sin necesidad de suponer que están relacionadas, y que cada par o trío de sujetos suponen una réplica independiente del experimento. Esta posibilidad de comparar grupos distintos de sujetos entre sí no es incompatible con tomar distintas observaciones en la misma unidad experimental, que habitualmente suele ser el factor sujeto, siendo necesario por este motivo tratar con detalle las ventajas e inconvenientes de los diseños con medidas repetidas. Especialmente en lo que concierne a las prevenciones que deben tomarse para garantizar la validez de la inferencia, por el problema tan grave que puede suponer que las observaciones estén correlacionadas.

Sin desmerecer otras opiniones que también pueden razonarse, consideramos por estos dos motivos fundamentales, más adecuado el orden de exposición de los diseños que presentan Maxwell y Delaney (1990), quienes distinguen tres apartados generales grandes. El primero lo dedican a las cuestiones más básicas de la lógica del experimento y la tradición fisheriana, el segundo a las estrategias de comparación entre grupos, y el tercero a los diseños con medidas repetidas. En el apartado de comparación entre grupos, después del caso más sencillo de un diseño con una sola variable independiente y las comparaciones específicas entre condiciones, estos autores tratan los diseños factoriales antes que los que incluyen variables concomitantes (donde incluyen el bloqueo y la covarianza). Aunque las variables extrañas, si no intervie-

nen en la relación con las experimentales, por principio, se pueden aleatorizar; esto no es un impedimento para que se pueda mejorar la precisión del diseño si se identifica en la ecuación estructural la parte de la varianza de la variable dependiente que explican. Para que estos diseños sean válidos se tiene que comprobar que la variable o variables independientes no interaccionan con la extraña que se controla.

Sobre la base de que cualquier diseño es experimental si contrasta la relación entre una variable independiente y otra dependiente, garantizando la asignación aleatoria y la manipulación; podemos deducir fácilmente que la estructura de diseño más simple constará de una única variable independiente, cuyas condiciones serán manipuladas y las unidades experimentales asignadas aleatoriamente a dichas condiciones. Este diseño se denomina **unifactorial** atendiendo a que únicamente se considera un factor o variable que intervenga en la variable dependiente, que será necesariamente la independiente. Por el planteamiento de la hipótesis del experimento, este diseño puede constar de más de una variable independiente, **una** de ellas **necesariamente** será asignada y manipulada, denominándose habitualmente estos diseños, **diseños factoriales**. Si por el contrario, lo que se aumenta es el número de variables dependientes entonces los diseños se denominan **multivariados**, atendiendo a que se mide la variación en más de una variable dependiente. También es posible que en la ecuación estructural de los diseños se identifique la varianza que producen en la variable dependiente alguna de las variables extrañas. Si esta variable extraña consta de varios niveles se le denomina de **bloqueo**, mientras que si es continua **covariada**.

Ninguna de las anteriores posibilidades es en principio incompatible con las demás. Un diseño puede constar de varias variables independientes, alguna covariada y otras de bloqueo. Asimismo, también es posible que a su vez se midan varias variables dependientes. Por este motivo, en vez de denominarlos diseño de covarianza, o de bloqueo, preferimos llamarlos con una covariante o con un factor de bloqueo. De esta manera, pretendemos expresar que ninguna de las posibilidades anteriores es en principio incompatible, y en la actualidad, aún menos, con las posibilidades que ofrece el cálculo automático.

Aparte de estas grandes distinciones atendiendo a la función que cumple cada una de las variables en el diseño, también se puede distinguir, cuando existe más de un factor, si en la estructura del diseño se cruzan todos sus factores o si se encuentran anidados. En algunas ocasiones se encuentran anidados por la propia naturaleza del factor y, en otras, por intereses del diseño. Cuando la estructura factorial del diseño no está completa también se denomina al diseño incompleto o fraccional. También se puede considerar si los factores son de

efectos aleatorios o fijos, si las variables son susceptibles de manipulación o asignación aleatoria, etc. Finalmente, si únicamente se toma una observación en cada sujeto, se denominan de comparación entre grupos y si se toman varias, de comparación intragrupo o con medidas repetidas.

Capítulos prácticos

Los capítulos prácticos tienen un sentido muy especial en la comprensión de nuestra disciplina, puesto que permiten aplicar los conocimientos teóricos de la metodología experimental en la investigación psicológica. Constituyen, por tanto, el complemento y la continuidad de los contenidos que se exponen sistemáticamente en los capítulos teóricos. La estructura básica de estos capítulos consiste en recorrer los mismos pasos que en una investigación real, para comprobar si los datos de un experimento confirman o contradicen los presupuestos teóricos. En ocasiones, el lector no dispone de la formación teórica profunda y especializada que le permita emprender una investigación real en cualquier tema. Por otra parte, resulta inviable pretender que lean un amplio número de artículos para situar con la mínima profundidad un problema de investigación; se necesita, adaptar los problemas de investigación para que resulten asequibles desde los planteamientos teóricos mínimos que son conocidos por todos los psicólogos y futuros psicólogos, independientemente de su área de estudio específica y de su grado de formación actual. La estrategia de comentar artículos publicados en las revistas, conduce a perder mucho tiempo en las explicaciones teóricas y planteamientos muy específicos de materias especializadas, restando tiempo y atención para profundizar en los aspectos metodológicos que tenemos que exponer. La capacitación para comprender los artículos publicados en las revistas y las aplicaciones generales que se hacen del método de investigación experimental en la psicología, será, precisamente, parte de los resultados finales que tiene que conseguirse de la lectura de este libro.

Para hacer posible que la complejidad teórica sea asequible a cualquier lector, hemos optado por elaborar unos **supuestos** de investigación, que conservando la máxima similitud con la investigación experimental real, sean inteligibles. Estos ejemplos, que denominamos **supuestos**, contienen las citas de la literatura de donde se han extraído, y recogen una sucinta revisión que sitúa el tema de la investigación.

También se ha evitado reducir todos los ejemplos a los tópicos de lo que en otra época se denominaba '*Psicología experimental*', puesto que la restricción de una metodología de investigación, con un ámbito tan general como la experimental, a las aplicaciones particulares que hacen algunos

campos concretos de la Psicología Básica, no permite apreciar la extensa aplicación que este método de investigación tiene en la psicología, induciendo a confundir el método de investigación con los tó-

picos concretos en los que se pudiera pensar que se aplica este método. Por tanto, se selecciona literatura de psicofisiología, educativa, clínica, psicología social, etc.

Valencia, septiembre de 2006

Juan Pascual Llobell
María Dolores Frías Navarro
José Fernando García Pérez
Universitat de València
Facultat de Psicologia
Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento