

García, J. F., Frías, M. D., & Pascual, J. (1999). *Los diseños de la investigación*

experimental: Comprobación de las hipótesis [Experimental research designs:

Verification of hypotheses]. 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:	1999
No. Total de Páginas:	539
Descriptores:	Psicología experimental
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

COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS



COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

EDITA



LOS DISEÑOS DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL: Comprobación de las Hipótesis

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

COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

LOS DISEÑOS DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS



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

COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

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

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

(UNIVERSITAT DE VALENCIA)

**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

 C/ Gascó Oliag, 10 b; 46010 Valencia (Spain)

 34 - (9)6 - 339 25 12

 editcsv@teleline.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 Decretol434/1992. 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	15
Capítulos prácticos	21

INTRODUCCIÓN

LA CIENCIA Y SU MÉTODO	23
EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA: EL EJEMPLO DE LA FÍSICA	26
EL MÉTODO CIENTÍFICO	34
Las características fundamentales	34
La precisión del lenguaje	36
El límite de la inducción	38
El argumento de la ciencia	41

CAPÍTULO I

PSICOLOGÍA CIENTÍFICA Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	45
DESARROLLO DE LAS TEORÍAS Y LOS MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	46
LA VALIDEZ DE LOS CONSTRUCTOS TEÓRICOS DE LA PSICOLOGÍA CIENTÍFICA	66
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE LA PSICOLOGÍA	80

CAPÍTULO II

EL DISEÑO DE LAS INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES	87
EL CONTROL MEDIANTE LA ALEATORIZACIÓN	87
TAMAÑO DEL EFECTO Y ERROR	90
GARANTÍAS EN LA VALIDEZ Y AMENAZAS	92
Validez interna	93
Validez externa	102

CAPÍTULO III

PARAMETRIZACIÓN DE LOS DATOS SEGÚN EL MODELO TEÓRICO	111
MODELO DEL DISEÑO	112
EJEMPLO DE UNA INVESTIGACIÓN: FRUSTRACIÓN Y AGRESIÓN	114

PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO	115
Estimación de los parámetros	115
Formulación del modelo	118
Modelo general	121
Supuestos del modelo lineal	124
Grados de libertad	125
AJUSTE DEL MODELO A LOS DATOS: MAGNITUD DEL EFECTO	126
Las sumas de cuadrados	126
Magnitud del efecto experimental	130
EJERCICIOS	132

CAPÍTULO IV

VALIDEZ DE LA INFERENCIA ESTADÍSTICA

Y CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS	133
PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA	133
La distribución muestral de un estadístico	136
La distribución muestral del estadístico F	141
El estadístico F	145
La prueba de significación del estadístico F	151
Análisis de la varianza	155
Supuestos del ANOVA	156
LOS ENUNCIADOS CUANTITATIVOS Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA ...	157
El tamaño del efecto y el error de Tipo II	158
La potencia de la prueba estadística	164

CAPÍTULO V

PRÁCTICA 1. DISEÑO ENTRE GRUPOS	169
SUPUESTO 1: SINCRONÍA MENSTRUAL	170
Cuestionario	171
Ejercicios	172
SUPUESTO 2: SELECCIÓN DE LA DIETA	173
Cuestionario	174
Ejercicios	175
SUPUESTO 3: OBEDIENCIA Y RAZONAMIENTO	177
Cuestionario	178
Ejercicios	180
SUPUESTO 4: LA ATENCIÓN Y LA TENSIÓN MUSCULAR	181

Cuestionario	182
Ejercicios	183

CAPÍTULO VI

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS DE LA INVESTIGACIÓN	185
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS PARA COMPARAR LAS MEDIAS DE LAS CONDICIONES	187
ALGUNOS PROCEDIMIENTOS PARA EFECTUAR CONTRASTES	189
Corrección de Bonferroni	190
La ortogonalidad: ausencia de redundancias	193
La distancia crítica entre dos medias	194
Procedimiento de Dunnett	195
Procedimiento DHS de Tukey	196
Procedimiento de Scheffé	197
ELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	199
EJERCICIOS RESUELTOS	200

CAPÍTULO VII

CONTRASTE DE LA INTERACCIÓN EN UN DISEÑO FACTORIAL	209
ECUACIÓN ESTRUCTURAL	210
Modelo aditivo o de los efectos principales	210
Modelo no aditivo y efectos de la interacción	213
INTERPRETACIÓN DEL EFECTO DE LA INTERACCIÓN	216
PROCEDIMIENTO GENERAL	219
DISEÑOS CON TRES VARIABLES INDEPENDIENTES	220
EJERCICIOS	221
CUESTIONARIO	222

CAPÍTULO VIII

PRÁCTICA 2. DISEÑO FACTORIAL 2 × 2	225
SUPUESTO 1: HIPERACTIVIDAD	226
Cuestionario	226
Ejercicios	227
SUPUESTO 2: LOS ESTEREOTIPOS SEXUALES DE LOS CUENTOS	230
Cuestionario	232

Ejercicios.....	233
SUPUESTO 3: EL ESPEJO COMO TÉCNICA PARA FIJAR LA ATENCIÓN	236
Cuestionario	237
Ejercicios.....	238
SUPUESTO 4: EL EFECTO DE LA REPRESENTACIÓN	241
Cuestionario	242
Ejercicios.....	243

CAPÍTULO IX

PRÁCTICA 3. DISEÑO FACTORIAL 2 × 2 × 2.....	247
SUPUESTO 1: RECONOCIMIENTO FACIAL Y ACTIVIDAD ELECTRODERMAL	249
Cuestionario	250
Ejercicios.....	252
SUPUESTO 2: MODELADO CON EJEMPLOS NEGATIVOS	255
Cuestionario	257
Ejercicios.....	258
SUPUESTO 3: SESGOS DE GÉNERO Y ATRACTIVO FÍSICO EN LA SELECCIÓN.....	262
Cuestionario	264
Ejercicios.....	265

CAPÍTULO X

REDUCCIÓN DEL COMPONENTE RESIDUAL MEDIANTE

EL BLOQUEO.....	269
ECUACIÓN ESTRUCTURAL	270
INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA	273
DISEÑOS DE CUADRADO LATINO: EL DOBLE BLOQUEO	276
Ecuación estructural	277
Verificación de los supuestos e interpretación del análisis de la varianza	281

CAPÍTULO XI

PRÁCTICA 4. DISEÑO CON BLOQUES.....	285
SUPUESTO 1: TERAPIA AVERSIVA Y ALCOHOLISMO	286
Cuestionario	287
Ejercicios.....	288

SUPUESTO 2: AROUSAL Y EJECUCIÓN	290
Cuestionario	291
Ejercicios	292
SUPUESTO 3: PERCEPCIÓN DE EFICACIA Y EJECUCIÓN.....	294
Cuestionario	296
Ejercicios	297
SUPUESTO 4: HIPNOSIS Y RECUERDO	299
Cuestionario	300
Ejercicios	301

CAPÍTULO XII

PRÁCTICA 5. CUADRADO LATINO 3 / 3 x 3	305
SUPUESTO 1: TERAPIA CONDUCTUAL DE LA HIPERFAGIA	306
Cuestionario	307
Ejercicios	308
SUPUESTO 2: VOCABULARIO Y LECTO-ESCRITURA	311
Cuestionario	314
Ejercicios	314
SUPUESTO 3: FEROMONAS Y AGRESIÓN	318
Cuestionario	319
Ejercicios	320
SUPUESTO 4: OBESIDAD Y APETITO.....	323
Cuestionario	324
Ejercicios	325

CAPÍTULO XIII

DISEÑOS ANIDADOS CON EFECTOS ALEATORIOS	329
ECUACIÓN ESTRUCTURAL.....	331
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS E INTERPRETACIÓN	334
EL DISEÑO ANIDADADO CON DOS VARIABLES INDEPENDIENTES	335
Pruebas de la hipótesis e Interpretación	338

CAPÍTULO XIV

PRÁCTICA 6. DISEÑO ANIDADADO 3 / 2.....	343
SUPUESTO 1: EDUCACIÓN VOCACIONAL	344

Cuestionario	345
Ejercicios.....	346
SUPUESTO 2: ESTILOS EDUCATIVOS Y TOXICOMANÍA	348
Cuestionario	349
Ejercicios.....	350
SUPUESTO 3: DESEABILIDAD SOCIAL Y SELECCIÓN DE PERSONAL	352
Cuestionario	353
Ejercicios.....	354
SUPUESTO 4: DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS INFANTILES.....	356
Cuestionario	357
Ejercicios.....	358

CAPÍTULO XV

PRÁCTICA 7. ANIDADO 2 / 2 x 2	361
SUPUESTO 1: NORMA SOCIAL Y AGRESIÓN.....	362
Cuestionario	363
Ejercicios.....	364
SUPUESTO 2: GÉNERO, ANSIEDAD, AUTOEFICACIA Y RENDIMIENTO DEPORTIVO.....	367
Cuestionario	368
Ejercicios.....	369
SUPUESTO 3: EVENTOS VITALES, AUTOESTIMA Y DEPRESIÓN	372
Cuestionario	373
Ejercicios.....	374
SUPUESTO 4: PERSONALIDAD Y TERAPIA ASERTIVA	378
Cuestionario	379
Ejercicios.....	380

CAPÍTULO XVI

DISEÑOS CON MÁS DE UNA VARIABLE DEPENDIENTE. MANOVA....	385
ECUACIÓN ESTRUCTURAL	386
Sumas de los productos, covarianza y correlación	388
Descomposición de la varianza	391
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS: MANOVA	392
EJERCICIOS RESUELTOS	395

CAPÍTULO XVII

DISEÑOS CON VARIABLES COVARIADAS	397
ECUACIÓN ESTRUCTURAL.....	398
Parte explicada y parte ajustada	400
VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS.....	403
Independencia de la covariante y la independiente	403
Ausencia de interacción entre la independiente y la covariada	404
Relación entre la dependiente y la covariada	407
Otros supuestos	408
PRUEBA DE LA HIPÓTESIS E INTERPRETACIÓN.....	408
COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	410
Contraste de las medias	413

CAPÍTULO XVIII

PRÁCTICA 8. ANCOVA	417
SUPUESTO 1: HIPOGLUCEMIA Y AGRESIÓN	418
Cuestionario	418
Ejercicios	420
SUPUESTO 2: ESTEROIDES ANABOLIZANTES Y AGRESIVIDAD	423
Cuestionario	424
Ejercicios	425
SUPUESTO 3: PRÁCTICA DEPORTIVA Y AUTOCONCEPTO.....	428
Cuestionario	429
Ejercicios	430
SUPUESTO 4: EXPECTATIVA DEL PROFESOR Y RENDIMIENTO DEL ALUMNO.....	433
Cuestionario	434
Ejercicios	435

CAPÍTULO XIX

DISEÑO CON MEDIDAS REPETIDAS (I).

DOS SOLUCIONES ANALÍTICAS	439
PLANTEAMIENTO DE UNA INVESTIGACIÓN.....	442
Hipótesis	442
Procedimiento	443
Aplicación	445

ANÁLISIS UNIVARIADO	445
Estimación de los efectos	447
Ecuación estructural	449
Las dos hipótesis específicas	450
Prueba de la hipótesis	450
SOLUCIÓN MULTIVARIADA	452
Transformación de las puntuaciones	452
Ecuación estructural	454
Las sumas de cuadrados normalizadas	455
MANOVA.....	457
Pruebas específicas de las dos hipótesis	458
ANOVA VS. MANOVA. EL SUPUESTO DE LA ESFERICIDAD	459
Prueba de Mauchly para la esfericidad.....	461
La simetría compuesta	462
Prueba de Box para la simetría compuesta	463
Un nuevo experimento: los datos B.....	464
EL AJUSTE DE LOS GRADOS DE LIBERTAD EN EL ANOVA	466
Épsilon mínima: ϵ_{\min}	467
$\hat{\epsilon}$ de Box	468
$\tilde{\epsilon}$ de Huynh y Feldt	470
¿MANOVA O ANOVA, QUÉ SOLUCIÓN APLICAR?	471

CAPÍTULO XX

PRÁCTICA 9. DISEÑO INTRA GRUPOS	473
SUPUESTO 1: REGULACIÓN HOMEOSTÁTICA DE FLUIDOS	474
Cuestionario	475
Ejercicios.....	476
SUPUESTO 2: MEMORIA Y SHOCK ELECTROCONVULSIVO	478
Cuestionario	478
Ejercicios.....	479
SUPUESTO 3: SEPARACIÓN MATERNA.....	481
Cuestionario	482
Ejercicios.....	483
SUPUESTO 4: PSICOMOTRICIDAD Y EDAD	485
Cuestionario	486
Ejercicios.....	486

CAPÍTULO XXI

DISEÑO CON MEDIDAS REPETIDAS (II).

VARIAS MEDIDAS REPETIDAS Y MIXTO	489
DISEÑO CON DOS FACTORES DE MEDIDAS REPETIDAS	490
Solución univariada.....	490
Solución multivariada	493
DISEÑO MIXTO	496

APÉNDICE I

AUTOEVALUACIÓN	501
MÓDULO TEÓRICO	501
Solución.....	504
MÓDULO PRÁCTICO	506
Solución.....	508

APÉNDICE II

TABLAS ESTADÍSTICAS	511
DISTRIBUCIÓN NORMAL.....	511
DISTRIBUCIÓN <i>CHI-CUADRADO</i>	514
DISTRIBUCIÓN <i>T</i> DE STUDENT	516
DISTRIBUCIÓN <i>F</i>	517
PRUEBA DE DUNNETT	523
DISTRIBUCIÓN <i>F</i> DE BONFERRONI	525
ESTADÍSTICO DEL RANGO ESTANDARIZADO	527
PRUEBA DE BRYANT-PAULSON	528
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN	530
BIBLIOGRAFÍA	531

Presentación

PARTIENDO del concepto de psicología como una actividad científica cuyo objeto de estudio es el comportamiento humano, del método de investigación experimental como uno de los caminos válidos 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 plantearse 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 pretende 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 atendiendo al 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 el caso 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 de la investigación a las que tenga que responder. Pero sí es posible establecer unos criterios organizativos que permitan determinar cierto orden.

Este orden será válido en la medida que permita justificar unas pautas de actuación que resulten bien justificadas y de uso general, para nuestro campo de conocimiento. Para ello, el criterio de clasificación tendrá que derivarse del planteamiento general o del concepto propio de estos diseños. Si atendemos 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 son indicativos de 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 acalorado debate 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 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 únicamente en la formación profesional de quienes la realicen, sino en los requisitos de validez que concurran en la misma.

Es obvio que los diseños de investigación experimental emplean la estadística, pero tampoco puede decirse que sean estrictamente reducibles a ésta. Sería una cuestión semejante a preguntarnos 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 consideramos la posibilidad de reducir la biología al estudio de la

química, de nuevo nos encontraríamos que el concepto de célula no puede definirse en términos químicos. 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 explicar 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 para constatar si dos variables del experimento se relacionan. Si no se dispusiera de los conocimientos estadísticos el proceso de la inferencia en estos diseños sería imposible.

Aunque no se pueda entender el diseño de las investigaciones como una mera estadística aplicada, tampoco es posible su realización sin emplear la estadística. Plantearse esta posibilidad sería algo semejante a pensar que actualmente se pueden construir edificios sin conocer el cálculo. Si bien podamos razonar que la arquitectura no puede ser reducida a un problema de *cálculo matemático*, esto no exime que los arquitectos tengan que emplearla para calcular la resistencia de determinada estructura de un edificio. A no ser que la arquitectura se reduzca al dibujo de bocetos, en vez de a la construcción de edificios. 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 ingeniería agrícola. Parte de los nombres que actualmente empleamos proceden de la jerga empleada en 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 esto la adaptación que se ha hecho para la investigación psicológica de los diseños de la ingeniería agrícola en algunos matices se podría calificar mejor como una traducción literal que como contextual.

La estructura de algunos tratados tradicionales de los diseños de la investigación experimental 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 agricultura!*

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 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, es por la naturaleza 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, por lo que 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 caracterizan 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 pesar 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 variable 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 intervienen 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 valores 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 tópicos 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, febrero de 2001

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