

*Technical statistics and research design*

Dolores Frías-Navarro

*Universidad de Valencia (Spain)*

# TÉCNICA ESTADÍSTICA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Colección “*Reforma de la Práctica Estadística*”

1. *Técnica estadística y diseño de investigación* (2011). Dolores Frías Navarro. Universidad de València.

*Palmero Ediciones*

*Valencia*

*Ilustraciones:* Mercedes Balaguer Mitjans (aremitjansgrabado.blogspot.com)

1ª edición: septiembre 2011

*Copyright* 2011: Dolores Frías-Navarro

*Edita:* Palmero Ediciones  
Menéndez y Pelayo, 29  
46010 Valencia

*ISBN:*

*Depósito legal:*

Impreso en España

*Imprime:* Copias y Revelados, SL

**[trabajo@copias y revelados.com](mailto:trabajo@copias-y-revelados.com)**

***CITAR COMO:*** Frías-Navarro, D. (2011). [Técnica estadística y diseño de investigación](#).  
Valencia: [Palmero Ediciones](#). ([link](#)). [Technical statistics and research design]

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo y por escrito del titular del Copyright.

# Índice

Prólogo a la primera edición (Pascual Llobell, J.) .....	17
Nota al lector en la primera edición .....	21
<b>Capítulo I. <i>El proceso del diseño de investigación</i> (Frías-Navarro, D. Universidad de Valencia)</b> .....	<b>25</b>
Método científico .....	28
Diseño de investigación.....	30
Variables del estudio .....	33
Validez.....	36
Validez interna .....	38
Validez de conclusión estadística .....	44
Validez de constructo .....	46
Validez externa.....	50
<b>Capítulo II. <i>Metodologías de investigación</i> (Frías-Navarro, D. Universidad de Valencia)</b> .....	<b>53</b>
Asignación aleatoria.....	55
Metodología experimental.....	56
Metodología cuasi-experimental .....	59
Metodología no experimental .....	60
Estimación de efectos causales.....	61
Modelos de inferencia causal .....	61
Análisis por intención de tratamiento.....	65
Estimación de efectos causales con diseños experimentales.....	66
Estimación de efectos con diseños cuasi-experimentales .....	69
Sesgo y confundido.....	71
Asignación oculta.....	74

**Capítulo III. Técnica de inferencia estadística** (Frías-Navarro, D. Universidad de Valencia) 77

Variable aleatoria.....	78
Función de distribución de probabilidad .....	79
Distribuciones muestrales de los estadísticos .....	80
Distribución muestral de la media .....	82
Distribución de la media muestral cuando la población es normal.....	83
Distribución de la media muestral cuando la población no es normal.....	86
Características de la distribución muestral de la media .....	88
Estimación puntual de parámetros.....	88
Características deseables de los estimadores .....	89
Estimación por intervalos .....	91
Calcular un intervalo de confianza sobre la media cuando $\sigma$ es conocida.....	92
Calcular un intervalo de confianza sobre la media cuando $\sigma$ es desconocida.....	95
Técnicas de inferencia estadística.....	97
Inferencia paramétrica y no paramétrica.....	97
Proceso de inferencia estadística.....	99
Modelo tradicional de decisión estadística: procedimiento de significación de la hipótesis nula .....	100
Errores estadísticos.....	104
Significación estadística .....	105
Errores humanos implicados en el proceso de significación estadística .....	107
Problemas metodológicos implicados en el proceso de significación estadística....	113
Analogía entre la decisión del jurado y la decisión del contraste estadístico .....	114
Alternativas al procedimiento de significación estadística de la hipótesis nula ....	117
Comprobación de modelos.....	118
Meta-análisis.....	119
Estimación de tamaños del efecto y sus intervalos .....	120

**Capítulo IV. Reforma estadística. Tamaño del efecto** (Frías-Navarro, D. Universidad de Valencia) 123

Tamaño del efecto del tratamiento.....126

Qué es el tamaño del efecto.....128

Cómo estimar el tamaño del efecto .....129

    Intervalo de confianza para la diferencia de dos medias.....130

    La diferencia estandarizada de medias para diseños con dos grupos independientes (diseños entre-grupos) .....135

        La *d* de Cohen ..... 135

        La *d* de Hedges..... 140

        Aplicaciones informáticas .....141

    El *delta* de Glass ..... 143

    La diferencia estandarizada de medias para diseños con dos grupos relacionados (diseños de medidas repetidas o intra-sujetos).....145

Grado de asociación entre dos variables: coeficiente de correlación.....146

La proporción de varianza explicada ..... 149

Índices de asociación: *Odds Ratio* (OR) y *Riesgo Relativo* (RR) .....150

Tamaño del efecto en Lenguaje Común (CL) .....154

Cómo interpretar el tamaño del efecto .....156

Los intervalos de confianza. Grado de incertidumbre o precisión de la estimación .....161

    Qué es el intervalo de confianza.....161

Estimar la potencia estadística a priori .....164

Estado actual de la reforma de la práctica estadística.....167

**Capítulo V. Recomendaciones para elaborar el informe de investigación** (Frías-Navarro, D. Universidad de Valencia) 169

Informe de investigación de los resultados del proceso de diseño de investigación .....169

Título y resumen.....	171
Introducción.....	173
Método.....	175
Resultados.....	179
Resultados estadísticamente no significativos.....	183
Discusión.....	185
Referencias bibliográficas.....	187
Cómo citar recursos de información.....	187
Sistema de numeración por orden de mención. Estilo Vancouver.....	187
Sistema de numeración por apellido del autor y año. Estilo manual del APA.....	188
Referencia de un artículo de revista.....	189
Referencia de un objeto digital electrónico o con DOI.....	190
Referencia de una fuente publicada en Internet sin DOI.....	191
Referencia de un libro.....	191
Referencia de un capítulo de libro editado.....	192
Referencia de un congreso o jornadas científicas.....	192
Referencia de las tesis doctorales.....	193
Referencia de un documento o informe firmado por un autor disponible en una página Web de una institución.....	193
Búsqueda del conocimiento previo en bases de datos.....	193
Web of Knowledge (WoK).....	193
ISI Web of Science (WoS).....	195
Journal Citation Reports (JCR).....	195
Otros recursos: Dialnet, Latindex, IN-RECS, IN-RECJ, SciELO, ERIH, Google Scholar, Cochrane Collaboration y Campbell Collaboration.....	199

**Capítulo VI. *Introducción al muestreo para la inferencia estadística*** (Pascual Soler, M. Universidad de Valencia) 203

Métodos de muestreo.....	204
Métodos de muestreo probabilístico.....	204
Muestreo aleatorio simple.....	204
Muestreo sistemático.....	206
Muestreo estratificado.....	209
Muestreo por conglomerados.....	211
Métodos de muestreo no probabilístico.....	212

El tamaño de la muestra.....	213
Varianza poblacional.....	214
Nivel de confianza .....	216
Error de precisión .....	216
El programa MAS para el cálculo del tamaño de la muestra.....	205
<b>Capítulo VII. Lectura y valoración crítica de la investigación (Frías-Navarro, M. Universidad de Valencia)</b>	<b>219</b>
Listado de comprobación: CONSORT 2010 .....	224
Lecturas de trabajos de investigación experimental .....	230
Análisis de la varianza (ANOVA).....	239
Desarrollo de la ecuación estructural con un ejemplo .....	244
Estimación de parámetros .....	246
Sumas de Cuadrados .....	247
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>251</b>
<b>Apéndice. Tablas estadísticas.....</b>	<b>273</b>
Distribución Normal .....	273
Distribución <i>t</i> de Student.....	275
Distribución <i>F</i> .....	276

## **Prólogo a la primera edición**

A poco que nos acerquemos a un manual de metodología, particularmente en el contexto de las Ciencias Sociales, encontraremos pocas novedades independientemente de que haya sido publicado en esta primera década del siglo XXI o la última del siglo anterior e incluso con más años de antigüedad. Parece como si la metodología fuera poco cambiante, no se sabe bien si por haber alcanzado el techo de su desarrollo o quizá por haber encontrado el método definitivo y eterno para siempre de hacer Ciencia (social).

Parece difícil y hasta insensato creer esto último a pesar de que algunos principios metodológicos tengan validez más allá de la obsolescencia rápida a la que se ven sometidos la mayor parte de datos empíricos profusamente publicados en revistas científicas y, por supuesto, más perennes que la mayoría de las teorías explicativas propuestas para dar cuenta de los mismos. Para desgracia nuestra los datos y las teorías son poco consistentes unas veces, irrelevantes otras, faltos de refutación seria con frecuencia obtenidos y analizados las más de las veces desde modas circunstanciales y con pocas posibilidades de contribuir a una saludable acumulación de evidencias o a la obtención de interpretaciones potentes.

Y todo hay que decirlo, aunque el saber metodológico parece más estable e inmune al paso del tiempo, la práctica metodológica presenta aristas poco pulidas, cuando no imperfecciones que conviene subsanar o lo que es lo mismo, cambiar. Pocas veces la necesidad de cambio y mejora se ha sentido tanto en el ámbito metodológico como hoy en día porque se piensa que el poco desarrollo de nuestra disciplina, la Psicología, se debe entre otras razones a una praxis metodológica insuficiente e incluso poco rigurosa. El manual que nos presenta Dolores Frías-Navarro contribuye y aporta razones muy fundadas para defender el cambio y nos introduce en el presente y futuro del cambio.

La Psicología, se viene diciendo desde hace ya más de un siglo es una Ciencia, o sea, lo suyo no es la especulación (teórica) sino la explicación (de la mente y la conducta), no es la adivinación sino la predicción mediante la comprobación y la refutación. Y lo más importante, explicar o predecir, comprobar y refutar son actividades válidas en la medida en que cumplan ciertos requisitos, o sea, mientras sean conformes con ciertas reglas derivadas de la lógica, de la inferencia estadística

o de cualquier otro saber desde el que los metodólogos puedan fundamentar los criterios de validez de la investigación.

El contenido nuclear de la metodología está definido por el concepto de validez junto con los criterios para definirla y evaluarla. En consecuencia un programa de metodología se ha de desarrollar en torno a este núcleo y sus variantes, donde la validez interna y la validez de conclusión estadística, quizá las más importantes, si nos atenemos a la necesidad de rigor, de certeza y precisión pero sin ignorar la validez externa como ha puesto de relieve el debate actual acerca de la efectividad o eficacia de la psicoterapia.

En los últimos años los estudios de Psicología parece decantarse hacia una orientación aplicada, centrada más en la solución problemas que en el logro de un saber principalmente académico. Otra característica que la acompaña en esta evolución es la de afrontar cualquier problema psicológico desde una perspectiva multidisciplinar, pero sin olvidar que lo que distingue a los psicólogos de otros profesionales de la salud (entre otros) es su fuerte base científica. Aunque puede variar el nivel de entrenamiento científico requerido para la praxis profesional, la base científica sobre la que se sustenta y el apoyo constante sobre la evidencia empírica nos hacen quizá únicos.

La practica basada en la evidencia (empírica) es el futuro de la profesión de psicólogos, incluyendo toda evidencia fiable que pueda informar la práctica psicológica, desde la evidencia científica básica procedente, pongamos por caso, de la neurociencia, hasta de la evidencia específicamente psicológica, por ejemplo, saber que los resultados psicoterapéuticos dependen más de la relación terapeuta-cliente que del tipo de terapia utilizada.

En esencia, pues, el desarrollo del conocimiento científico y la praxis profesional fundamentada en el mismo, ha de seguir este doble camino: la búsqueda de interdisciplinaridad y la búsqueda de evidencia (lógica y empírica) científicamente fundada; o sea, ampliando horizontes teóricos y metodológicos.

Al alumno interesado por la Psicología y al estudiante de un curso de metodología le corresponde como objetivo terminal entender la investigación publicada y aprender la correcta planificación de nuevas investigaciones. Cosas ambas arduas, leer con comprensión exhaustiva lo publicado a día de hoy con sus restricciones

interpretativas impuestas por el marco de referencia teórico y metodológico y aprender a planificar nuevas investigaciones, o sea, construir los nuevos conocimientos a partir de los anteriores. Sin tradición y sin método, aunque sea para rebatirlos, se hace imposible hacer Ciencia.

Una advertencia, el conocimiento a adquirir será más o menos complejo – seguramente ambas cosas a la vez, unos más sencillos de entender otros más abstractos o densos- pero en la mayoría de los casos los contenidos metodológicos no son intuitivos, más bien contra-intuitivos y por ello sometidos a aprendizaje duro dado que a nuestra mente no le resulta fácil el abandono de las ideas preestablecidas.

Sesgos cognitivos de carácter metodológico existen muchos –uno de ellos puede ser el sesgo de verificación- y que si bien es cierto que pueden servir de heurísticos fiables para la toma de decisiones en nuestra vida ordinaria son de poca garantía a la hora de establecer juicios científicos. El libro que tiene entre manos le va a servir de mucha utilidad a este respecto, no en balde la autora ha investigado profusamente este tema y publicado varios trabajos de gran interés científico sobre errores e incomprensiones de los conceptos metodológicos tanto entre aprendices (estudiantes) como en gente experta.

No se deje llevar por la facilidad aparente de lectura del libro. Eso se debe al virtuosismo de la autora que nos provoca una primera emoción positiva al leerlo, pero el libro hay que digerirlo con lentitud, sosiego, concentración y esfuerzo que, no lo dude, a la larga resultarán muy gratificantes por habernos llevado a aprender cosas totalmente necesarias e imprescindibles para la futura profesión.

Juan Pascual Llobell

Catedrático de Metodología de las Ciencias del Comportamiento

Valencia, septiembre de 2011

## Nota al lector en la 1ª edición

Entre los objetivos del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica I+D+i 2008-2011 del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCCIN) español figura “*situar a España en el año 2015 entre los 10 países más avanzados del mundo en educación universitaria, ciencia, tecnología e innovación*” donde “*el sistema universitario sea fuerte, de calidad y competitivo globalmente que sitúe a nuestras mejores universidades entre las 100 primeras de Europa*”. La educación, la investigación y el conocimiento son tres retos fundamentales para el crecimiento de la sociedad del conocimiento donde también es necesaria la difusión de los resultados de investigación, de innovación, de cultura científica y de la educación superior universitaria a la propia sociedad

La calidad del conocimiento científico generado en una disciplina requiere que los investigadores planifiquen adecuadamente su investigación, la ejecuten eficientemente, analicen los datos correctamente, interpreten bien los resultados y presenten de forma clara y transparente las conclusiones. Sin embargo, los usos y abusos que los investigadores realizan del diseño estadístico y los problemas de validez de los hallazgos son cuestiones que rodean al proceso de investigación y que dificultan la acumulación del conocimiento basado en la mejor evidencia.

La generación de conocimiento mediante el desarrollo de actividades de investigación exige una formación educativa de calidad tanto de profesores como investigadores y alumnos universitarios, formación que debe ser actualizada de forma constante. Y en concreto mejorar la educación estadística que reciben nuestros estudiantes universitarios es un tema prioritario teniendo en cuenta los resultados de la literatura científica y en concreto, los resultados con muestra española obtenidos con los dos proyectos de investigación que han sido financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (“*Estimación de efectos: usos, abusos y creencias en el diseño y análisis de los efectos de la intervención psicológica*”, 2001-2004 y “*Revisión crítica del diseño estadístico en Psicología: análisis de los programas docentes y protocolos editoriales de revisión*”, 2004-2007). Nuestros resultados avalan lo que muchos investigadores señalan: la comprensión y la aplicación correcta de muchos conceptos estadísticos continúan siendo problemática y la aplicación de muchas técnicas estadísticas imprecisa y, además, sin atender a los requisitos o

supuestos de aplicación de las pruebas que conlleva en muchos casos la invalidez de los resultados o conclusiones obtenidas. Confundir el nivel de significación de alfa con la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta, interpretar un resultado estadísticamente significativo como un resultado importante o útil y creer que el nivel de significación se mantiene de forma estática independientemente del número de comparaciones o pruebas que se ejecuten son cuestiones que hemos estudiado y debatido en nuestros trabajos y publicaciones.

Como consecuencia de los usos y abusos de las pruebas estadísticas basadas en el contraste de la hipótesis nula entendida como efectos cero surgen las recomendaciones de los organismos como American Psychological Association (APA) y American Educational Research Association (AERA). El movimiento de la Medicina Basada en la Evidencia (MBE) y, en general, el de la Práctica Basada en la Evidencia (PBE) tiene un punto de arranque en la toma de conciencia de los problemas vinculados al procedimiento de significación de la hipótesis nula como único medio para producir descubrimientos, enfatizando el uso de las revisiones sistemáticas y la estimación del tamaño del efecto.

La denominada reforma estadística cambia el punto de mira desde “cómo es de probable o improbable el resultado muestral” hacia dos cuestiones principalmente: “cómo es de grande el tamaño del efecto detectado” y “si se puede replicar”. Es decir, hay que ‘evaluar’ el valor del tamaño del efecto estimado y su utilidad (su grado de importancia práctica) y para ello es necesario considerar el contexto de la investigación y comparar los resultados de forma explícita y directa con los obtenidos en el área de investigación donde se enmarca el trabajo (pensamiento meta-analítico).

La última edición del Manual de la American Psychological Association (2010) mantiene y refuerza su énfasis en la denominada reforma estadística destacando el uso de los tamaños del efecto y sus intervalos de confianza y las técnicas bayesianas tratando de minimizar la confianza excesiva que los investigadores tienen sobre las pruebas de significación estadística y las decisiones dicotómicas apoyadas en los valores  $p$  de probabilidad.

Los cambios que desde ya hace años se postulan como básicos en la práctica estadística no llegan a consolidarse entre la conducta de los investigadores, en los

manuales de metodología, en las políticas editoriales de las revistas ni tampoco son incorporados en la formación continua de los profesionales. Por todo ello es necesaria la elaboración de nuevos materiales de aprendizaje y de investigación, basados en los resultados de estudios sobre razonamiento estadístico, y, por supuesto, la difusión de los contenidos e implicaciones de la reforma estadística entre los profesionales, docentes y alumnos.

El siglo XXI se inicia después de una profunda reflexión sobre la significación estadística, el tamaño del efecto y la significación práctica, la importancia de la potencia estadística en el procedimiento de significación estadística, el desarrollo de la técnica de meta-análisis como una estrategia integradora, las limitaciones sobre las pruebas de significación estadística y el planteamiento de contrastes específicos y de efectos mínimos. Ya no es suficiente conocer si hay alguna relación entre las variables, ahora es esencial saber la magnitud de la relación o si es suficientemente grande y contextualizar el valor de dicha magnitud en un área concreta de investigación. El cambio propuesto no es sencillo.

El libro "*Técnica estadística y diseño de investigación*" trata de ofrecer una visión actualizada de los métodos y diseños de investigación y su herramienta estadística, aportando un material para el investigador, el profesional y el alumno interesados por el proceso de diseño de investigación y por la lectura crítica de las investigaciones empíricas.

Este trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación sobre educación estadística y cognición que nuestro equipo de investigación viene desarrollando desde hace años en el Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Universitat de València. En concreto dentro del proyecto de investigación "*Impacto de la reforma estadística en Educación y Psicología: de la significación estadística a la estimación de efectos*" (Frías-Navarro, D., Monterde-i-Bort, H, Pascual Soler, M. y Pascual Llobell, J.). Proyecto subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación español, Dirección General de Investigación y Gestión del Plan Nacional de I+D+i (EDU2011-22862).

Dolores Frías-Navarro (<http://www.uv.es/friasnav/>)

Valencia, septiembre de 2011

# Capítulo I. El proceso del diseño de investigación

Dolores Frías-Navarro

Universidad de Valencia

**M**ejorar la práctica estadística y la educación estadística es algo más que una necesidad urgente para todo estudiante universitario de cualquier disciplina científica y especialmente para el estudiante de Ciencias Sociales y de la Salud. Gran parte del cuerpo de conocimiento de estas disciplinas, por ejemplo la Psicología o la Medicina, se alcanza con la aplicación de lo que genéricamente se llama el ‘método científico’ del que la Estadística y la Matemática forman parte inexcusable. Sin embargo como se viene constatando por parte de muchos autores y muchas investigaciones (Balluerka, Gómez y Hidalgo, 2005; Cohen, 1990; Dar, Serlin y Omer, 1994; Frías-Navarro, Pascual, García y Monterde-i-Bort, 2006; Gordon, 2001; Gigerenzer, 2000, 2004; Lecoutre, Poitevineau y Lecoutre, 2003; Miller y Chapman, 2001; Mittag y Thompson, 2000; Monterde-i-Bort, Frías-Navarro y Pascual, 2010; Nickerson, 2000; Onwuegbuzie, 2001; Pascual, Frías-Navarro y García, 2000; Sedlmeier, 2009; Wilkinson and Task Force on Statistical inference, 1999) la comprensión y la aplicación correcta de muchos conceptos estadísticos continúan siendo incorrectos y la aplicación de muchas técnicas estadísticas imprecisa y, además, sin atender a los requisitos o supuestos de aplicación de las pruebas, provocando en muchos casos la invalidez de los resultados o conclusiones obtenidas (Díaz, Batanero y Wilhelmi, 2008; Faulkner, Fidler y Cumming, 2008). Detectar estas deficiencias es una tarea necesaria pero evidentemente no suficiente. Hay que dar un paso más para ayudar a los estudiantes y científicos a tomar decisiones (estadísticas) correctas y entrenarles adecuadamente para que así sea (Beretvas y Robinson, 2004; delMas, Garfield y Chance, 2007; Good y Hardin, 2009; Kirk, 2001; Schatz, Jay, McComb y McLaughlin, 2005). Actualmente el movimiento de la denominada “Práctica Basada en la Evidencia” (Frías-Navarro y Pascual, 2003; Levant, 2005; Wilson, Armoutliev, Yakunina y Werth, 2009) exige que los investigadores apliquen los diseños de investigación que maximicen el control de sesgos, garantizando la calidad o validez de los resultados y el avance del conocimiento. Por ello, la formación metodológica de estudiantes, investigadores y profesionales es fundamental para poder planificar la investigación y poder valorar críticamente los resultados de los informes (Batanero, Godino, Vallecillos, Green y Holmes, 1994; Castro, Vanhoof, Van den Noortgate, y Onghena, 2007; Haller y Kraus, 2002).

Los resultados de las investigaciones no valen lo mismo. La calidad metodológica del diseño de investigación se puede jerarquizar en función del tipo de metodología que se aplica en el estudio y el control del sesgo que se realiza. Comprender cómo se ha construido la investigación científica exige conocer en profundidad los elementos que determinan el método de investigación y el alcance de las interpretaciones causales o no de los hallazgos. Conocer los fundamentos de la metodología de investigación es un requisito para poder producir investigaciones con resultados válidos y acumular conocimiento científico. Sin embargo, la calidad de la producción científica no siempre cumple los criterios de validez (Imai, King y Stuart, 2008; Onwuegbuzie, 2001). Los problemas de comprensión de la

herramienta estadística y el diseño de investigación son una de las principales causas que invalidan los resultados de la investigación (Belia, Fidler, Williams y Cumming, 2005; delMas y Liu, 2005; Falk, 1986). Por lo tanto, la reforma en la educación estadística y metodológica es un tema necesario, urgente y actual. No se trata sólo de reformar la enseñanza de la metodología y la estadística sino de intervenir sobre todos los miembros (profesores, investigadores y profesionales) que están vinculados con la disciplina para potenciar un cambio en las prácticas profesionales (Fidler, Cumming, Burgman y Thomason, 2004; Finch, Cumming, Williams, Palmer, Griffith, Alders et al., 2004; Garfield y Ben-Zvi, 2008; Proctor y Capaldi, 2001). Productores y consumidores de la información necesitan la educación estadística y necesitan conocer y aplicar los elementos que la nueva reforma estadística ha introducido desde la década de los noventa del siglo XX (Hancock y Mueller, 2010; Huck, 2007).

Los profesionales de la Salud y las Ciencias Sociales nos encontramos en un continuo desarrollo profesional y la responsabilidad ética exige la actualización constante de los conocimientos que garantice la justificación de las decisiones adoptadas dentro de un modelo basado en las mejores pruebas o evidencia disponible. Por ejemplo, en España el Código Deontológico del Psicólogo señala *“la autoridad profesional del Psicólogo/a se fundamenta en su capacitación y cualificación para las tareas que desempeña. El/la Psicólogo/a ha de estar profesionalmente preparado y especializado en la utilización de métodos, instrumentos, técnicas y procedimientos que adopte en su trabajo. Forma parte de su trabajo el esfuerzo continuado de actualización de su competencia profesional. Debe reconocer los límites de su competencia y las limitaciones de sus técnicas”* (artículo 17). En el artículo 18 se señala: *“Sin perjuicio de la legítima diversidad de teorías, escuelas y métodos, el/la Psicólogo/a no utilizará medios o procedimientos que no se hallen suficientemente contrastados, dentro de los límites del conocimiento científico vigente. En el caso de investigaciones para poner a prueba técnicas o instrumentos nuevos, todavía no contrastados, lo hará saber así a sus clientes antes de su utilización”*.

Hay muchas clases de investigación que aportan conocimiento a las Ciencias Sociales y de la Salud y no todas implican el uso de la estadística pero, también es cierto, que la mayoría de las revistas incluyen un gran número de artículos con trabajos empíricos que hacen uso del diseño de investigación y la estadística. La calidad del conocimiento científico generado en una disciplina requiere que los investigadores planifiquen adecuadamente su investigación, la ejecuten eficientemente, analicen los datos correctamente, interpreten bien los resultados y presenten de forma clara las conclusiones. Sin embargo, los usos y abusos que los investigadores realizan del diseño estadístico y los problemas de validez de los hallazgos son cuestiones que rodean al proceso de investigación y que dificultan la acumulación del conocimiento basado en la mejor evidencia (Rossi, 1997; Schmidt, 1996). Muchos son los trabajos y las líneas de investigación que desde hace años están analizando la educación estadística (Batanero, Garfield, Ottaviani, y Truran, 2000; Garfield, 1998, 2003; Monderde-i-Bort, Frías-Navarro y Pascual, 2010). Sin embargo, la investigación aún es escasa sobre los procesos implicados en la comprensión y uso de la metodología y el diseño estadístico. Los nuevos programas docentes de metodología de investigación deben incidir de manera fundamental en el desarrollo de un pensamiento crítico y profundo de la metodología de investigación y su eficacia como herramienta de trabajo en la comprobación de hipótesis teóricas (modelos) y en la estimación de efectos causales y no causales.

En las Ciencias Sociales y de la Salud, los procedimientos de medida y las técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales son básicos para el desarrollo de instrumentos de medida, el diseño de investigación, el modelado estadístico y la elaboración válida de las

conclusiones. La última edición del Manual de la *American Psychological Association* (2010) mantiene su énfasis en la denominada reforma estadística, destacando el uso de los tamaños del efecto y sus intervalos de confianza y las técnicas bayesianas tratando de minimizar la confianza excesiva que los investigadores tienen sobre las pruebas de significación estadística y las decisiones dicotómicas apoyadas en los valores  $p$  de probabilidad (Hoekstra, Finch, Kiers y Johnson, 2006). Los cambios que desde hace años se postulan como básicos en la práctica estadística no llegan a consolidarse entre la conducta de los investigadores, en los manuales de metodología, en las políticas editoriales de las revistas ni tampoco son incorporados en la formación continua de los profesionales. Por todo ello es necesaria la elaboración de nuevos materiales de aprendizaje y de investigación, basados en los resultados de las investigaciones sobre razonamiento estadístico, y, por supuesto, la difusión de los contenidos e implicaciones de la reforma estadística.

Durante la década de los años noventa en el siglo XX se hicieron contribuciones importantes dentro del área del pensamiento estadístico (por ejemplo Moore, 1990) promoviendo cambios en las directrices de la *American Statistical Association* sobre la educación estadística. Desde entonces muchas han sido las iniciativas que se han centrado en el desarrollo del razonamiento estadístico (Ben-Zvi y Garfield, 2004; Rossi, 2009; Rossman y Chance, 1999; Wild y Pfannkuch, 1999). Respecto a la formación directa en los contenidos específicos de la reforma estadística un primer eslabón es conocer cómo se aprende la metodología y el diseño estadístico. Algunos autores han definido bajo el término de ‘cognición estadística’ al conjunto de procesos, representaciones y actividades implicadas en la adquisición y el uso del conocimiento estadístico (Beyth-Maron, Fidler y Cumming, 2008). Como adquiere y usa los conocimientos estadísticos el sujeto y cómo piensa acerca de los conceptos estadísticos (procesos cognitivos), define el aspecto ‘descriptivo’ de la cognición estadística. El estudio de cómo debería pensar acerca de los conceptos estadísticos es el aspecto ‘normativo’ de la cognición que normalmente se transmite en contextos formales del sistema educativo. Contrastar y confrontar la distancia que separa entre lo que hacemos y lo que deberíamos hacer, entre lo que es y lo que debería ser, es el aspecto más crítico y más necesario de la cognición estadística. Las inercias existentes en todo sistema educativo hacen que dicho sistema no sea todo lo flexible que debería ser para incorporar aquellos aspectos normativos que han demostrado ser superiores a otros estándares o algoritmos que se transmiten de manera acrítica. Pongamos el caso de los intervalos de confianza ¿Es preferible el contraste de hipótesis o la estimación de los intervalos de confianza? A pesar de los reiterados consejos a favor de estos últimos, poco se ha hecho para su aplicación sistemática en la docencia de la inferencia estadística (Gliner, Leech y Morgan, 2002, Smithson, 2000). Otra cuestión es que los conceptos sobre el contraste de hipótesis o sobre los intervalos de confianza sean correctamente entendidos, aplicados e interpretados de forma adecuada (Coulson, Healey, Fidler y Cumming, 2010).

Sabemos de la necesidad de la reforma estadística que vienen defendiendo muchos autores en el marco de las ciencias de la salud, social o psicológica (aspecto normativo) que se sustenta entre otros argumentos en la interpretación inadecuada de los estadísticos y en los abusos de la aplicación de los mismos como hemos podido comprobar en varias de nuestras investigaciones (Monterde-i-Bort, Pascual y Frías-Navarro, 2006; Monterde-i-Bort, Frías-Navarro y Pascual, 2010). Lo que procede es evitar estas interpretaciones y aplicaciones inadecuadas y, si cabe, cambiar el modelo estandarizado de actuación. Responder al cómo actuar implica generar un modelo educativo o un conjunto de prácticas educativas y de enseñanza que fomenten la cognición correcta, es decir la representación mental correcta y la aplicación sin error de la misma. Los humanos razonamos de acuerdo con ciertos heurísticos más que de

acuerdo a reglas formales, como han señalado algunos autores (Tversky y Kahneman, 1974), lo que genera errores sistemáticos o sesgos. Saber cómo razonamos y de acuerdo a qué estrategias, heurísticos o formalismos es cosa de la cognición estadística en su aspecto descriptivo. La educación estadística ha de mejorar esta capacidad de razonamiento estadístico. La mejor forma de hacerlo tendrá que apoyarse en los instrumentos y medios que la pedagogía educativa o las leyes del aprendizaje le puedan ofrecer (Lovett y Greenhouse, 2000). El libro “*Técnica estadística y diseño de investigación*” trata de ofrecer una visión actualizada de los métodos y diseños de investigación y su herramienta estadística, aportando un material para el investigador, el profesional y el alumno interesados por el proceso de diseño de investigación y por la lectura crítica de las investigaciones empíricas.

.....(***PÁGINAS NO DISPONIBLES***)

# Capítulo II. Metodologías de investigación

Dolores Frías-Navarro  
Universidad de Valencia

Toda investigación debe ser bien diseñada, eficientemente ejecutada, correctamente analizada, bien interpretada y claramente presentada. Todas estas competencias requieren un gran esfuerzo por parte de los investigadores y la calidad de los hallazgos está en gran medida relacionada con la metodología de investigación que se ha podido aplicar en el estudio.

Las características de manipulación o no manipulación de las condiciones de la variable independiente y la posibilidad de la asignación aleatoria del tratamiento a las unidades experimentales identifican la naturaleza de la metodología empleada en el diseño de investigación y la naturaleza causal o no de las relaciones encontradas entre las variables (ver Figura 7). Nos encontramos en el apartado de Método de investigación.



Figura 1. Metodologías de investigación

La investigación más sencilla con grupos de comparación incluye una variable independiente (A) con dos condiciones ( $a_1$  y  $a_2$ ) cuyas unidades experimentales deben ser todo lo similares que se pueda en todas las variables previas a la introducción del tratamiento, controlando con ello posibles variables contaminadoras o extrañas que afectan a la relación de las variables explicativas (independiente - dependiente) implicadas en la hipótesis de trabajo. Se trata de que exista homogeneidad previa entre las unidades experimentales que forman los grupos. Posteriormente, si es posible, se introduce la asignación aleatoria del tratamiento (las

condiciones de la denominada variable de tratamiento) a dichas unidades experimentales o sujetos. Es decir, un grupo de sujetos recibe el tratamiento objeto de estudio ( $a_1$  grupo experimental) y el otro grupo recibe otro tratamiento ( $a_2$  grupo de control) que puede ser un tratamiento de comparación, un tratamiento de placebo, un tratamiento de lista de espera, otro tipo de tratamiento... Al final del estudio y si los grupos están balanceados en todas las variables previas al tratamiento (grupos previamente homogéneos), cualquier diferencia entre las puntuaciones (variable dependiente Y) de los grupos posterior a la introducción del tratamiento se asume que estará causada por el efecto del tratamiento.

Veamos un ejemplo. En el año 2006 Dar-Nimrod y Heine realizaron un experimento para tratar de analizar si la exposición a teorías científicas afectaba al rendimiento de las mujeres en matemáticas, publicando sus hallazgos en la revista *Science*. En concreto, analizaron si la creencia de baja aptitud para las matemáticas de las mujeres afectaba a su rendimiento. La hipótesis sustantiva mantiene que dicha creencia se convierte en realidad cuando la mujer cree que lo es. Los investigadores crearon tres grupos ( $A = 4$ ) y asignaron de forma aleatoria a las mujeres a uno de ellos (*randomization*, R). La variable que se manipuló fue la creencia sobre el origen de las diferencias entre sexos en el rendimiento en matemáticas (a través de la lectura de un texto): grupo  $a_1$  origen genético, grupo  $a_2$  origen basado en la experiencia o aprendizaje, grupo  $a_3$  ideas estereotipadas generales y grupo  $a_4$  no hay diferencias entre los sexos. Posteriormente se midió el rendimiento (porcentaje de respuestas correctas) en una prueba de matemáticas (variable dependiente). El diseño tuvo un pre-test y un post-test. Se trata de un diseño pre-test/post-test con grupo de control equivalente ya que los tratamientos (condiciones de la variable independiente) fueron asignados al azar. El diseño de la investigación se representa gráficamente en la Figura 8.

Los resultados señalan que las mujeres sacan peor nota si creen sufrir una dificultad innata para las matemáticas. Por el contrario, su rendimiento mejora cuando creen que las diferencias entre los sexos está provocada por la experiencia o el aprendizaje.

Si la asignación hubiese sido no azarosa (diseño cuasi-experimental) entonces el diseño se formularía como diseño pre-test/post-test con grupo de control no equivalente (*non randomization*, nR).

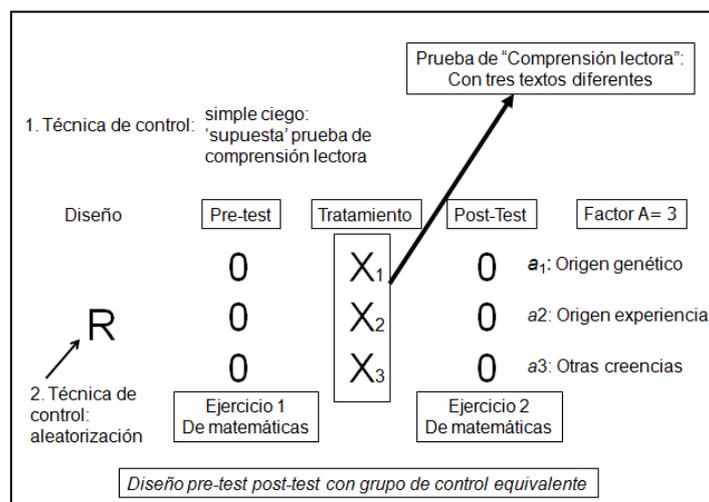


Figura 2. Configuración del diseño pre-test/post-test

.....(PÁGINAS NO DISPONIBLES)

# Capítulo III. Técnica de inferencia estadística

Dolores Frías-Navarro  
Universidad de Valencia

**E**l diseño de investigación suele ir acompañado en gran parte de las ocasiones por un diseño estadístico que requiere de la herramienta de la Estadística para describir el funcionamiento de un determinado fenómeno e inferir su representación más allá de la muestra estudiada.

Una afirmación empírica es posiblemente verdadera y posiblemente falsa. Para poder establecer su veracidad procedemos a la recolección de datos en una muestra de participantes o unidades experimentales para establecer conclusiones sobre una población. Se trata de un proceso de *inferencia estadística* desde la muestra a la población. Es decir, la inferencia estadística es un proceso que supone obtener conclusiones sobre un valor poblacional (parámetro) a partir de un valor obtenido de una muestra aleatoria (estadístico).

En definitiva, la Estadística utiliza datos para poder comprender un fenómeno y normalmente trabaja con muestras para poder inferir conclusiones sobre la población.

La población (también podemos encontrar que se define como *universo*) es el conjunto de elementos o sujetos que tienen las características que se desean estudiar. Cuando se conoce el número de elementos que componen la población se dice que es una población finita y si se desconoce su número entonces se habla de población infinita.

La muestra es el número de elementos o sujetos que se estudian en la investigación. Es un subconjunto de la población objeto de estudio que si se selecciona adecuadamente (método de muestreo) permitirá realizar el proceso de inferencia estadística de forma correcta. Para poder inferir (generalizar) conclusiones sobre la población es necesario que la muestra sea representativa de dicha población. Por ello, es necesario utilizar técnicas de muestreo apropiadas para garantizar dicha representatividad. El muestreo o la técnica de selección de la muestra puede ser probabilístico y no probabilístico.

Los métodos de muestreo probabilísticos y no probabilísticos son abordados con detalle en el capítulo dedicado a la técnica de muestreo.

Cuando queremos seleccionar una muestra dos dudas nos invaden: ¿qué sujetos debo incluir en la muestra? Y ¿cuántos sujetos deben formar la muestra?

La técnica de muestreo nos ayuda a responder a la primera pregunta. Los estudios de la potencia estadística a priori (validez de conclusión estadística) tratan de dar respuesta a la segunda cuestión sobre el tamaño de la muestra.

El muestreo, por lo tanto, asegura las condiciones básicas para la aplicación de la inferencia estadística y la estimación. Es decir, inferiremos propiedades de una población a partir de los datos observados de una muestra. El investigador debe tener siempre presente la necesidad de utilizar muestras que sean *representativas* de la población que pretende estudiar y que sean muestras *aleatorias*.

Una muestra es representativa de la población cuando reúne las características más importantes de la población relacionadas con los objetivos de estudio que se pretende realizar (Manzano, 1998). Una forma de asegurar la representatividad es utilizar muestras grandes, ya que a mayor tamaño de la muestra mayor representatividad. En la práctica, el investigador intentará determinar el tamaño óptimo de la muestra para asegurar la representatividad, pero deberá considerar también la disponibilidad de recursos de diversa índole para la realización del trabajo de campo. Se trata de estimar el tamaño de muestra que sea óptimo para los objetivos del estudio. Si se estudian más elementos de los necesarios se están derrochando recursos y si se estudian menos elementos de los necesarios entonces el diseño estadístico no tendrá la suficiente potencia estadística o seguridad sobre los hallazgos y podría suceder que no se detecten efectos que realmente sí que existen en la población.

Además, una muestra será adecuada para realizar una inferencia estadística cuando se siga para su elección un procedimiento que asegure que los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos, cuando esto se produce se puede hablar de muestra aleatoria.

Una vez tengamos seleccionada la muestra ya es posible pasar a realizar inferencias sobre la población (por ejemplo sobre los parámetros de media,  $\mu$ , o de desviación típica,  $\sigma$ ) a partir de los datos de la muestra (media muestral  $\bar{Y}$  y desviación típica muestral,  $s$ ).

.....(*PÁGINAS NO DISPONIBLES*)

# Capítulo IV. Reforma estadística: tamaño del efecto

Dolores Frías-Navarro

Universidad de Valencia

La reforma estadística supone reflexionar sobre el diseño de investigación, la medida de las variables, el modelado y los análisis estadísticos, la interpretación y el informe de los resultados estadísticos y finalmente la educación estadística (Swaminathan y Rogers, 2007). El movimiento de la reforma estadística en Psicología tiene en la publicación de la quinta edición del Manual de la *American Psychological Association* (2001) un punto de corte entre el ‘antes’ y el ‘después’ de la nueva práctica estadística.

El siglo XXI se inicia después de una profunda reflexión sobre la significación estadística, el tamaño del efecto y la significación práctica, la importancia de la potencia estadística en el procedimiento de significación estadística, el desarrollo de la técnica de meta-análisis como una estrategia integradora, las limitaciones sobre las pruebas de significación estadística y el planteamiento de contrastes específicos y de efectos mínimos. Ya no es suficiente conocer si hay alguna relación entre las variables, ahora es esencial saber la magnitud de la relación o si es suficientemente grande y contextualizar el valor de dicha magnitud en un área concreta de investigación, desarrollando el pensamiento meta-analítico entre los investigadores. Una de las herramientas estadísticas que se recomiendan con especial énfasis desde la reforma estadística es la estimación del tamaño del efecto y sus intervalos de confianza (American Psychological Association, 2001, p.22). El cambio propuesto no es sencillo. Se ha comprobado que los intervalos de confianza en Psicología tienen un escaso uso y además se ha probado que también es un concepto poco comprendido por los investigadores (Belia, Fidler, Williams y Cumming, 2005; Cumming, Williams y Fidler, 2004;).

La reforma de la práctica estadística en las ciencias sociales y de la conducta plantea reducir la confianza sobre el procedimiento de significación estadística y los valores  $p$  de probabilidad (Cohen 1990,1994; Thompson, 1996), dando paso a otras estrategias de análisis como la estimación del tamaño del efecto y sus intervalos de confianza ya sea como una alternativa a los valores  $p$  de probabilidad (Shrout, 1997) o como un suplemento junto a los valores  $p$  de probabilidad (American Psychological Association, 2001, 2010; Cumming y Finch, 2001; Fidler, Thomason, Cumming, Finch y Leeman, 2004, 2005).

El planteamiento de la reforma estadística destaca que junto a la clásica ‘significación estadística’ hay que considerar otros tipos de significación como el tamaño del efecto y la significación clínica o sustantiva. Por ejemplo, ¿qué es más interesante o más útil para el profesional, conocer que la Terapia A es significativamente mejor que el Placebo con una  $p < 0.0000000001$  y que la Terapia B lo es con una  $p < 0.00000001$ ? o ¿conocer que la Terapia A reduce la sintomatología depresiva en un 32% mientras que la Terapia B lo hace en un 20% respecto al grupo placebo? Desde luego, en la investigación aplicada es más importante conocer el cambio clínico o sustantivo que la significación estadística (Ogles, Lunnen y Bonesteel, 2001).

El ‘tamaño del efecto’ proporciona información sobre el grado en que los resultados de la muestra difieren de la hipótesis nula (Snyder y Lawson, 1993). Informa de la magnitud de un efecto observado y la medida puede ser estandarizada o no estandarizada. Cuando se trabaja con índices estandarizados es posible comparar tamaños del efecto obtenidos en diferentes estudios que han medido variables diferentes o que han utilizado instrumentos de medida diferentes. Hay docenas de estadísticos de tamaño del efecto y posteriormente analizaremos los más habituales (Kirk, 1996, 2007; Thompson, 2002a). El tamaño del efecto se suele vincular a la significación práctica, clínica o sustantiva de los hallazgos pero no es exactamente lo mismo.

El concepto de significación sustantiva es equivalente a efecto clínicamente significativo. Es decir, se trata de un efecto cuyo tamaño es suficiente para ser interesante o importante dentro del contexto de investigación en el que se ha computado. Su importancia es teórica. Y su valor mínimo dependerá siempre del contexto de investigación. Es el investigador quien cuantifica el valor mínimo del efecto sustantivo (o el valor máximo del efecto trivial) dependiendo de la importancia teórica del efecto, de la aplicación de los hallazgos, de los costes de la intervención e incluso de la sensibilidad de la escala de medida. En definitiva, la importancia del efecto es una cuestión sujeta al contexto concreto de investigación y no directamente relacionada con un cierto valor estadístico que ofrece el tamaño del efecto. Es una cuestión de utilidad de los hallazgos y es el investigador o el profesional quien decide su grado de significación sustantiva gracias a su juicio clínico y a la expresión de su pensamiento meta-analítico. Y, desde luego, nunca la importancia sustantiva de los hallazgos está vinculada al valor  $p$  de probabilidad o a los asteriscos que acompañen a ese valor  $p$  de probabilidad.

Las principales ventajas del cambio que ofrece la reforma de la práctica estadística son por una parte, dar a conocer la estimación puntual del valor del tamaño del efecto junto a la significación estadística y por otra, ofrecer información de la precisión de la estimación del estadístico a través de la estimación de la amplitud de los intervalos de confianza (Cumming y Finch, 2001, 2005). Conocer la precisión de la estimación del estadístico es un dato especialmente útil para la interpretación de los hallazgos, incluso más que el propio cálculo de la potencia estadística a posteriori como ya se ha comentado anteriormente. En general, se asume un intervalo de confianza del 95% seguramente como legado de las pruebas de decisión estadística, pero por supuesto se puede seleccionar a priori el 99%, el 90% o algún otro valor si se tienen argumentos teóricos para su defensa.

Otra novedad importante vinculada a las líneas de trabajo que acompañan a la reforma estadística es el énfasis que se pone en combinar la evidencia o las pruebas de diferentes investigaciones primarias apoyando los estudios de meta-análisis y el desarrollo del denominado ‘pensamiento meta-analítico’ entre los investigadores y profesionales.

El grupo de trabajo de inferencia estadística de la American Psychological Association y Wilkinson (Wilkinson and Task Force on Statistical Inference, 1999) y posteriormente el mismo manual del APA (American Psychological Association, 2001, 2010) apoyan de forma destacada la estimación del tamaño del efecto y sus intervalos de confianza en los estudios primarios junto a los valores  $p$  de probabilidad, recomendando informar siempre del valor exacto de probabilidad obtenido tanto para los resultados estadísticamente significativos como para los resultados no estadísticamente significativos. Las directrices del manual de publicación del APA es la guía de más de 1000 revistas de diferentes disciplinas (incluidas las revistas de Psicología y Educación españolas), de ahí la importancia de sus recomendaciones.

En la Tabla 15 se resumen las principales recomendaciones del informe de Wilkinson y APA (Wilkinson and Task Force on Statistical Inference, 1999).

Tabla 1. *Recomendaciones para el análisis estadístico de los datos del informa (Wilkinson y APA , 1999)*

<p>1. Antes de presentar los resultados, informe sobre las complicaciones, violaciones del protocolo y sobre otros sucesos no previstos en la recogida de los datos. Estos incluyen los datos perdidos (faltantes), la atrición y la tendencia a no-respuesta. Justificar las técnicas analíticas previstas para neutralizar estos problemas. Describa la no representatividad (de los datos) e informe de los patrones y de la distribución de los datos perdidos y de las consecuencias derivadas. Documente cómo los análisis aplicados difieren de los previstos antes de descubrir las complicaciones. El uso de las técnicas (estadísticas) que garanticen que los resultados no están contaminados por anomalías de los datos (por ejemplo outliers, puntos de alta influencia, datos perdidos no aleatorios, sesgo de selección, problemas de atrición) debería ser un componente habitual de todos los análisis.</p>
<p>2. La enorme variedad de métodos cuantitativos modernos obliga a los investigadores a la tarea nada trivial de integrar análisis y diseño de investigación. Aunque los diseños y métodos complejos son a veces necesarios para afrontar de manera efectiva las cuestiones a investigar, los acercamientos clásicos simples pueden igualmente aportar una respuesta elegante y suficiente a preguntas importantes. No se debe elegir un método analítico para impresionar a los lectores o para evitar las críticas. Siempre que los supuestos y la fuerza de un método simple sea razonable para los datos y para el problema de investigación debe utilizarse. El principio (de parsimonia) de OCAM debe aplicarse tanto a la teoría como a los métodos.</p>
<p>3. Hay muy buenos programas de computador para analizar los datos. Más importante que elegir entre paquetes estadísticos específicos es verificar sus resultados, entender lo que significan y saber cómo lo consiguen. Si usted no puede verificar sus resultados mediante “conjeturas” inteligentes, debería de contrastar los resultados con los ofrecidos por otros programas. A usted no le hará ninguna gracia que su proveedor informe de la existencia de un “huevo” (existencia de un error o defecto en un programa informático) después de que sus datos estén ya en proceso de publicación. No informe de los estadísticos encontrados en una salida de ordenador sin saber cómo han sido calculados o lo que significan. No informe de los estadísticos con una precisión mayor de la que es soportada por sus simples datos porque ellos suelen ser impresos con esa precisión por el programa informático. Usar el ordenador es una oportunidad para que usted controle su análisis y su diseño. Si un programa de ordenador no provee el análisis que usted necesita, use otro, en vez de dejar al ordenador que modele su pensamiento.</p>
<p>4. Debería comprobar que los supuestos exigidos por el análisis se están cumpliendo en los datos. Examine exhaustivamente los residuales. No utilice tests distribucionales e índices acerca de la forma de las distribuciones (curtosis...) como un sustituto del análisis gráfico de los residuales.</p>
<p>5. Es difícil imaginar una situación en la que la decisión dicotómica aceptar-rechazar es mejor que informar del valor <math>p</math> existente o, mejor aún, del intervalo de confianza. Nunca use la expresión desafortunada de “aceptar la hipótesis nula”. Siempre que se informe del valor <math>p</math>, informe también del tamaño del efecto.</p>
<p>6. Informe siempre del tamaño del efecto de los datos primarios. Si la unidad de medida tiene significado práctico (por ejemplo número de cigarros fumados por día) es preferible utilizar una medida no estandarizada del tamaño del efecto (coeficiente de regresión o diferencia de medias) que una medida estandarizada (<math>d</math> o <math>r</math>). Añada algunos comentarios que sitúen el tamaño del efecto en su contexto teórico y práctico.</p>
<p>7. Se estimará el intervalo de confianza para cualquier tamaño del efecto de los efectos principales. Se aportará información sobre los intervalos de los coeficientes de correlación y para cualquier otro coeficiente de asociación o variación que se analice.</p>
<p>8. Los resultados múltiples requieren un cuidado especial. Hay varias maneras de obtener inferencias razonables cuando nos enfrentamos a la multiplicidad (Bonferroni, tests multivariados, métodos bayesianos...). Es responsabilidad del autor definir y justificar el método aplicado.</p>

Informar del tamaño del efecto obliga al investigador a pensar meta-analíticamente, es decir, formulando los efectos específicos esperados en su investigación en función de los efectos anteriormente descubiertos en el conocimiento previo y explícitamente interpretados en relación con los efectos obtenidos en su propia investigación.

Los estudios de meta-análisis han inundado las publicaciones científicas dotando a los investigadores de un elemento clave en la planificación de la investigación: el valor del 'tamaño del efecto medio' (Cooper y Hedges, 1994; Schmidt, 1992; Sohn, 1996). Disponer del valor de alfa y del tamaño del efecto informado en los estudios de meta-análisis facilita que el investigador planifique el tamaño de la muestra a partir de un valor de potencia estadística de al menos .80 (beta = .20). Ya no es necesario recurrir a los valores generales propuestos por Cohen (1988) como tamaño del efecto 'pequeño', 'mediano' y 'grande' para planificar el tamaño de la muestra.

Los resultados de los trabajos de meta-análisis sobre un constructo o problema concreto de estudio aportan un valor de tamaño del efecto medio más valioso y cercano a la realidad del fenómeno objeto de estudio. Conviene recordar que el tamaño del efecto hallado en la muestra no es el que realmente interesa al investigador sino que es el tamaño del efecto en la población. Sin embargo, como no tenemos acceso a los datos de la población completa se trabaja con muestras y se calcula el tamaño del efecto en la muestra para estimar el probable tamaño del efecto en la población. Gracias al meta-análisis que estima el tamaño del efecto medio de varios estudios similares disponemos de un dato más cercano al verdadero valor poblacional.

El movimiento de la Medicina Basada en la Evidencia o, más genéricamente hablando el de la Práctica Basada en la Evidencia ha dado lugar a un término aún más general la Ciencia Basada en la Evidencia. Es decir, Ciencia basada en las pruebas con mejor calidad. Además, los niveles tradicionales de evidencia científica basados en la metodología de trabajo han dado un paso más. No es la aplicación de una metodología por sí misma lo que otorga calidad a las pruebas o a la evidencia encontrada sino que es la calidad en la ejecución de la metodología la que facilita la validez de los hallazgos. Desde este punto de vista surge el movimiento de las recomendaciones o protocolos de revisión para cada una de las diferentes metodologías de investigación. La calidad no es una propiedad de la metodología, es una propiedad de su planificación y ejecución correcta. Es decir, la calidad de las pruebas siempre estará conectada con la calidad del proceso de diseño de investigación entendido en un sentido amplio. Otra cuestión es plantear qué alcance pueden tener los resultados encontrados en función del tipo de metodología aplicada. En el caso de los estudios sobre eficacia del tratamiento los diseños que se ejecutan con una metodología experimental son los que permiten hablar en términos de causa y efecto de una manera directa. Pero, solamente si la ejecución del estudio se ha realizado de forma correcta y aquí el listado de comprobación CONSORT ayuda a valorar cada uno de los pasos del diseño de investigación experimental. Posteriormente se analizará con detalle los ítems del listado CONSORT.

.....(*PÁGINAS NO DISPONIBLES*)

# Capítulo V. Recomendaciones para elaborar el informe de investigación

Dolores Frías-Navarro  
Universidad de Valencia

Como hemos revisando anteriormente, los errores metodológicos relacionados con la conducta del investigador han sido y siguen siendo una fuente de amenaza directa al uso de las pruebas de significación estadística. Las pruebas de significación estadística tienen un objetivo y dan respuesta a unos problemas pero no podemos obtener de ellas lo que a nosotros (los investigadores, editores y lectores de los trabajos) nos gustaría que nos dijeran. Autores, editores y lectores están implicados en la mejora del diseño de investigación (Harris, Reeder y Hyun, 2009). Todos deben conocer mejor el proceso del diseño de investigación. Los investigadores deben mejorar su capacidad para diseñar y comunicar los resultados estadísticos, los editores deben aplicar los protocolos o guías de informes de investigación y los lectores deben aprender más sobre cómo interpretar los resultados de un trabajo de investigación y tener criterios para valorar la calidad de las pruebas o evidencia aportada en el estudio, demandando informes estadísticos adecuados.

A continuación se detallan una serie de indicaciones orientadas a elaborar el informe estadístico con claridad y rigor científico y al mismo tiempo para que los lectores puedan valorar la calidad de las pruebas aportadas por los trabajos de investigación.

## **Informe de investigación de los resultados del proceso de diseño de investigación**

La mayoría de los estudios científicos tienen como objetivo estimar la relación entre las variables implicadas en la hipótesis. Cuando se utiliza una metodología experimental el objetivo es establecer relaciones causales entre la variable de tratamiento y la variable de resultados. En los estudios con metodología cuasi-experimental a menudo el interés se centra en estudiar la relación entre las variables, controlando los efectos, si es posible, de terceras variables (variables de confundido). En los estudios con metodología no experimental el objetivo suele ser describir la magnitud y la dirección de las relaciones. En todos los casos, los métodos estadísticos se utilizan, generalmente, para medir la significación estadística, la fuerza y la precisión de las relaciones halladas y el conocimiento obtenido se elabora de forma clara y transparente en el informe de investigación. La redacción de los análisis estadísticos debe incluir la suficiente información para que los lectores comprendan los análisis llevados a cabo y las posibles explicaciones alternativas que podrían vincularse con los hallazgos.

El lenguaje de la Ciencia está sujeto al formato estándar y bastante rígido del denominado informe de trabajo o de investigación. La estructura del informe o artículo tiene como objetivo facilitar la lectura y la evaluación crítica del proceso del diseño de investigación llevado a cabo en el estudio. El diseño de investigación trata de dar respuesta a una pregunta o

cuestión mediante la planificación cuidadosa del trabajo, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados con el objetivo de acceder al conocimiento de la realidad del fenómeno estudiado de la manera más válida posible. De este modo se va produciendo la acumulación de información científica sobre un determinado problema de estudio.

Los hallazgos de investigación se comunican (publican) en documentos o informes que la comunidad científica valorará con la lectura crítica de los hallazgos. Los resultados de la investigación científica se publican en las revistas (*journals*) con una estructura definida por el formato IMRD cuyos apartados son Introducción, Métodos, Resultados y Discusión, precedidos por el título y el resumen y completados con las referencias bibliográficas (ver Figura 34).

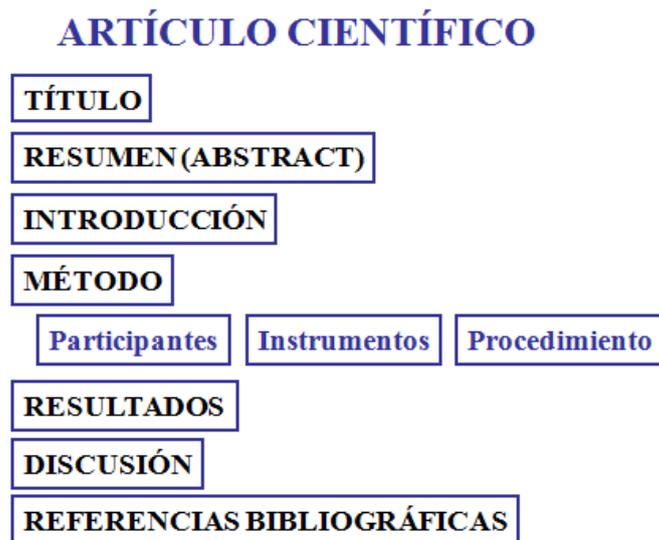


Figura 3. *Formato IMRD de un artículo científico*

El proceso de diseño de investigación trata de dar respuesta a una pregunta o hipótesis de investigación (‘necesidad de conocimiento’) a través de la planificación cuidadosa de un plan de trabajo que permita llegar a una respuesta lo más cercana posible a la realidad del fenómeno estudiado (validez de los resultados). La planificación supone operacionalizar variables y controlar fuentes de sesgo sistemático que distorsionan e invalidan los hallazgos del estudio. La investigación implica un proceso de análisis de la realidad con el objetivo de dar respuesta a la necesidad de conocimiento planteada como origen del estudio cuyo planteamiento puede ser eliminar cierta incertidumbre que exista sobre el fenómeno y/o modificar o añadir nuevo conocimiento. Por ejemplo, el objetivo de un trabajo puede plantear la siguiente necesidad de conocimiento: ¿la eficacia del tratamiento cognitivo-conductual tiene un efecto diferente según se trate de pacientes anoréxicos con atracones y purga o se trate de anoréxicos con restricciones? A partir de aquí se desarrollará la técnica y el análisis metodológico más adecuado para dar respuesta de la forma más válida posible a la cuestión de investigación y de este modo elaborar conocimiento que pasará a formar parte del conocimiento previo que una nueva investigación utilizará para formular sus hipótesis de trabajo. El proceso cíclico de acumulación del conocimiento científico seguirá desarrollándose.

La estructura IMRD no es un formato de publicación arbitrario, sino que es un reflejo directo del proceso de investigación llevado a cabo mediante el método científico. Si comparamos las

secciones de un trabajo de investigación científico (parte izquierda de la Figura 35) y el proceso de diseño de investigación (parte derecha de la Figura 35) podemos realizar un paralelismo entre la sección del artículo y la información del proceso de diseño que debe ser completada.

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

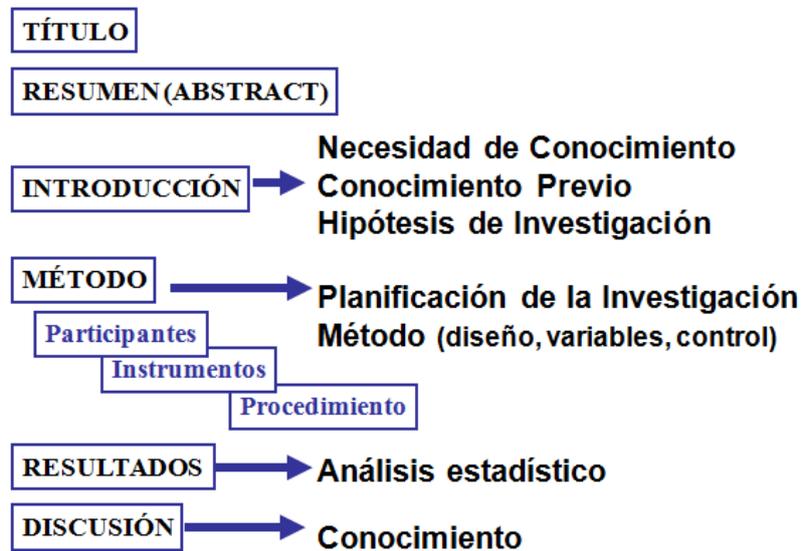


Figura 4. *Formato IMRD de un artículo y el proceso de investigación*

En el apartado de Introducción el investigador debe detallar qué problema se estudia y a qué tipo de pregunta se va a responder; en definitiva por qué se hizo la investigación o qué necesidad de conocimiento ha llevado al autor a emprender la tarea de investigar. En el apartado de Método se detalla cómo se hizo la investigación (planificación), qué tipo de medios y tareas se emplearon para obtener las respuestas más válidas. En el apartado de Resultados se presentan las técnicas estadísticas y los hallazgos obtenidos y en el de Discusión se lleva a cabo la interpretación de los resultados y se enmarcan los hallazgos con el conocimiento previo revisado en la introducción. Es en la discusión donde se aborda la reflexión teórica de los hallazgos y su generalización y las limitaciones del estudio.

El documento del informe de investigación o artículo se suele escribir a doble espacio con el estilo Times New Roman a 12 puntos.

# Capítulo VII. Introducción al muestreo para la inferencia estadística

Pascual Soler Marcos

Universidad de Valencia

**E**l muestreo hace referencia a diversos procedimientos que se caracterizan por observar únicamente una parte de la población objeto de estudio, denominada muestra, y extraer de ella informaciones generalizables a la población (Martínez, 1998). De este modo, el muestreo asegura las condiciones básicas para la aplicación de la inferencia estadística y la estimación. Se trata de inferir las propiedades de una población proyectando los datos observados en una muestra o porción se ésta.

En la definición anterior identificamos dos conceptos básicos que debemos delimitar. La *población* (también podemos encontrar que se define como *universo*) que es un conjunto de elementos de los que se desea conocer determinada información, y la *muestra* que es una parte de la población objeto de estudio, que si ha sido elegida convenientemente nos servirá para realizar el proceso de inferencia.

Así, si queremos conocer, por ejemplo, la percepción de la utilidad de los tests por parte de los psicólogos colegiados de la Comunidad Valenciana (población o universo de aproximadamente 5.500 psicólogos), podemos realizar dos planteamientos básicos. El primero consistiría en preguntar a todos los psicólogos de la base de datos del colegio, y aunque sería muy costoso, tanto en tiempo como en recursos económicos, al final podríamos responder al objetivo de la investigación. La segunda opción consistiría en recurrir a los métodos de muestreo y elegir sólo un grupo de psicólogos de la base de datos para llegar prácticamente a las mismas conclusiones.

En esta misma línea, imaginemos que queremos conocer qué piensan los ciudadanos de la Comunidad Valenciana sobre el servicio que prestan los psicólogos a la sociedad actualmente. La opción de preguntar a todos es completamente inviable, y por tanto sólo podríamos acceder a la información que buscamos a partir de una muestra de la población que queremos estudiar.

Pero, ¿nos sirve cualquier muestra?, ¿podríamos escoger a los psicólogos colegiados en el último año, o a un grupo de residentes de la ciudad de Valencia, y establecer conclusiones extrapolables para cada una de las poblaciones estudiadas? Lógicamente no. Las muestras deben reunir una serie de características para poder ser utilizadas como base para el proceso de inferencia. De hecho, el investigador debe tener siempre presente la necesidad utilizar muestras que sean *aleatorias* y *representativas* de la población que pretende estudiar.

Una muestra es representativa cuando reúne las características más importantes de la población en relación con los objetivos de estudio que se pretende realizar (Manzano, 1998). Una forma de asegurar la representatividad es utilizar muestras grandes, ya que a mayor tamaño de la muestra mayor representatividad.

En la práctica, el investigador intentará determinar el tamaño óptimo de la muestra para asegurar la representatividad, pero deberá considerar también la disponibilidad de recursos de diversa índole para la realización del trabajo de campo. Paralelamente, una muestra será adecuada para realizar una inferencia cuando se siga para su elección un procedimiento que asegure que los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos, cuando esto se produce podemos hablar de muestra aleatoria.

Del mismo modo, cuando se plantea el proceso de inferencia estadística mediante una prueba de contraste estadístico, las muestras de las diferentes condiciones de tratamiento se obtienen de forma aleatoria (asignación aleatoria). Se asume que se han obtenido dos muestras aleatorias e independientes de la población. Es decir, partimos de que las muestras se han obtenido con las mismas medias dado que la asignación se ha realizado de forma aleatoria. Posteriormente se obtiene la distribución muestral del estadístico (por ejemplo de la diferencia de medias) bajo la asunción de que la hipótesis nula es verdadera. Gracias a la información que nos proporciona la distribución muestral podemos calcular la probabilidad de una diferencia de medias al menos tan grande (o más) como la obtenida entre las dos medias de las dos muestras utilizadas en el estudio.

En el siguiente apartado centramos la atención en el proceso de selección de muestras aleatorias y presentamos de manera introductoria los principales *métodos de muestreo* que puede utilizar el investigador. Conviene tener en cuenta que no es lo mismo selección aleatoria de la muestra que asignación aleatoria del tratamiento tal y como hemos detallado en el párrafo anterior. El resto del capítulo está dedicado a la selección de la muestra.

.....(**PÁGINAS NO DISPONIBLES**)

# Capítulo VII . Lectura y valoración crítica de la investigación

Dolores Frías-Navarro

Universidad de Valencia

**E**l lenguaje de la Ciencia está sujeto al formato estándar y bastante rígido del denominado informe de trabajo o de investigación. Informar de forma transparente y precisa de los resultados de investigación es parte del proceso de investigación científica. La estructura del informe o artículo tiene como objetivo facilitar la lectura y la evaluación crítica del proceso del diseño de investigación llevado a cabo en el estudio. El diseño de investigación trata de dar respuesta a una pregunta o cuestión mediante la planificación cuidadosa del trabajo, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados con el objetivo de acceder al conocimiento de la realidad del fenómeno estudiado de la manera más válida posible. De este modo se va produciendo la acumulación de conocimiento sobre un determinado problema. Disponer de listas de comprobación de la calidad del diseño de investigación elaboradas por expertos supone avanzar hacia un modelo de Práctica Basada en la Evidencia donde la estructuración y la transparencia del trabajo son dos tareas básicas que facilitan la valoración de los hallazgos y su replicación.

La transparencia de los informes de investigación es fundamental para poder valorar de forma precisa la calidad de la evidencia o pruebas halladas en el estudio. Y, además, el grupo de trabajo de la American Psychological Association and Publications and Communications Board Working Group (2008) destaca la importancia de ‘la evidencia basada en la síntesis’. Es decir, la transparencia de los informes de investigación debe ir acompañada de toda la información estadística que facilite el uso de la información por los denominados ‘usuarios secundarios de los datos’ que elaboran los estudios de meta-análisis.

El movimiento de la Medicina Basada en la Evidencia (Práctica Basada en la Evidencia, PBE, en términos generales) aporta una estrategia de trabajo estructurada dirigida a la valoración crítica de los hallazgos y los resultados de investigación (Frías-Navarro y Pascual, 2003; Straus, Green, Bell, Badghett, Davis y Gerrity, 2004). Entre las competencias del profesional o el investigador, la PBE destaca la capacidad para valorar las debilidades y limitaciones de las pruebas obtenidas con diferentes metodologías de investigación. Sólo de este modo podrá el profesional o investigador integrar la mejor evidencia disponible con el juicio del experto. Valorar la calidad de las pruebas de los estudios empíricos e interpretar correctamente el alcance de los resultados estadístico son competencias cuya adquisición no resulta sencilla para investigadores, estudiantes o profesionales como ya hemos comentado anteriormente.

Maximizar la calidad de los informes de investigación supone informar con claridad, facilitando la lectura crítica y el desarrollo del denominado pensamiento meta-analítico (Cumming y Finch, 2005; Henson, 2006). Y se ha constatado de forma repetida que la calidad de los informes de investigación no es la adecuada, provocando sesgos en la estimación de los efectos del tratamiento y en su interpretación (Chan y Altman, 2005; Pildal, 2007; Pocock, Hughes y Lee, 1987; Schulz, Chalmers, Hayes y Altman, 1995). Por ejemplo, exagerar o enfatizar los resultados estadísticamente significativos sin valorar la utilidad práctica de los

hallazgos puede confundir a los lectores que no han desarrollado una lectura crítica de los hallazgos.

La calidad de la investigación publicada no es tan válida como sería deseable e incluso la calidad del proceso de revisión por los *referees* o expertos se cuestiona (Bacchetti, 2002). En la revisión elaborada por Finch, Cumming y Thomason (2001) de los trabajos publicados en la revista *Journal of Applied Psychology* desde 1940 a 1999 se observa que los investigadores interpretan erróneamente los fundamentos del procedimiento de significación de la hipótesis nula. Su análisis revela, entre otros aspectos, inconsistencias en el informe de los valores de alfa y de probabilidad, frecuente *aceptación* de la hipótesis nula sin considerar la potencia estadística, escasos trabajos estiman la potencia a priori y el cálculo de los intervalos de confianza brilla por su ausencia. El estudio de Sarria y Silva (2004) señala que el uso que realizan los investigadores de las pruebas de significación estadística en tres revistas biomédicas sigue estando unido a la interpretación de los valores  $p$  de probabilidad, con escaso impacto del tamaño del efecto y sus intervalos de confianza.

La reforma estadística, que se está llevando a cabo desde hace años y que es el origen de los cambios en las políticas editoriales de las revistas, enfatiza la estimación del tamaño del efecto junto a los valores  $p$  de probabilidad para evitar ese sesgo de interpretación que durante años ha minado los trabajos de investigación confundiendo ‘significación estadística’ con ‘importancia de los efectos hallados’.

.....(PÁGINAS NO DISPONIBLES)

## **Apéndice. Tablas estadísticas**

## Distribución *t* de Student

Tabla II. ( $T \leq p, gl$ )

<i>gl</i>	0.750	0.900	0.950	0.975	0.980	0.990	0.995	0.999
1	1.0000	3.0777	6.3138	12.7062	15.8945	31.8205	63.6567	318.3088
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	4.8487	6.9646	9.9248	22.3271
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	3.4819	4.5407	5.8409	10.2145
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7764	2.9985	3.7469	4.6041	7.1732
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	2.7565	3.3649	4.0321	5.8934
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	2.6122	3.1427	3.7074	5.2076
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.5168	2.9980	3.4995	4.7853
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.4490	2.8965	3.3554	4.5008
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.3984	2.8214	3.2498	4.2968
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.3593	2.7638	3.1693	4.1437
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.3281	2.7181	3.1058	4.0247
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.3027	2.6810	3.0545	3.9296
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.2816	2.6503	3.0123	3.8520
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.2638	2.6245	2.9768	3.7874
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1314	2.2485	2.6025	2.9467	3.7328
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.2354	2.5835	2.9208	3.6862
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.2238	2.5669	2.8982	3.6458
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.2137	2.5524	2.8784	3.6105
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.2047	2.5395	2.8609	3.5794
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.1967	2.5280	2.8453	3.5518
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.1894	2.5176	2.8314	3.5272
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.1829	2.5083	2.8188	3.5050
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.1770	2.4999	2.8073	3.4850
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.1715	2.4922	2.7969	3.4668
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.1666	2.4851	2.7874	3.4502
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.1620	2.4786	2.7787	3.4350
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.1578	2.4727	2.7707	3.4210
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.1539	2.4671	2.7633	3.4082
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.1503	2.4620	2.7564	3.3962
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.1470	2.4573	2.7500	3.3852
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.1438	2.4528	2.7440	3.3749
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.1409	2.4487	2.7385	3.3653
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.1382	2.4448	2.7333	3.3563
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.1356	2.4411	2.7284	3.3479
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.1332	2.4377	2.7238	3.3400
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.1309	2.4345	2.7195	3.3326
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.1287	2.4314	2.7154	3.3256
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.1267	2.4286	2.7116	3.3190
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.1247	2.4258	2.7079	3.3128
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.1229	2.4233	2.7045	3.3069
45	0.6800	1.3006	1.6794	2.0141	2.1150	2.4121	2.6896	3.2815
50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.1087	2.4033	2.6778	3.2614
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.0994	2.3901	2.6603	3.2317
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.0809	2.3642	2.6259	3.1737
120	0.6765	1.2886	1.6577	1.9799	2.0763	2.3578	2.6174	3.1595
500	0.6750	1.2832	1.6479	1.9647	2.0591	2.3338	2.5857	3.1066
1000	0.6747	1.2824	1.6464	1.9623	2.0564	2.3301	2.5808	3.0984
5000	0.6745	1.2817	1.6452	1.9604	2.0543	2.3271	2.5768	3.0919

## ***Distribución F***

Tabla III (continuación).  $F (\alpha = 0.050, gl_{entre} = \text{columnas}, gl_{error} = \text{filas})$

$gl$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
1	161.448	199.500	215.707	224.583	230.162	233.986	236.768	238.883	240.543	241.882	243.906	249.052
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396	19.413	19.454
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.745	8.639
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.912	5.774
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.678	4.527
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.000	3.841
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.575	3.410
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.284	3.115
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.073	2.900
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.913	2.737
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.788	2.609
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.687	2.505
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.604	2.420
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.534	2.349
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.475	2.288
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.425	2.235
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.381	2.190
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.342	2.150
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.308	2.114
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.278	2.082
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.250	2.054
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.226	2.028
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.204	2.005
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.183	1.984
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.165	1.964
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.148	1.946
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.132	1.930
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.118	1.915
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.104	1.901
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.092	1.887
31	4.160	3.305	2.911	2.679	2.523	2.409	2.323	2.255	2.199	2.153	2.080	1.875
32	4.149	3.295	2.901	2.668	2.512	2.399	2.313	2.244	2.189	2.142	2.070	1.864
33	4.139	3.285	2.892	2.659	2.503	2.389	2.303	2.235	2.179	2.133	2.060	1.853
34	4.130	3.276	2.883	2.650	2.494	2.380	2.294	2.225	2.170	2.123	2.050	1.843
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161	2.114	2.041	1.833
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.003	1.793
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.952	1.737
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.917	1.700
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.893	1.674
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.875	1.654
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.861	1.639
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.850	1.627
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910	1.834	1.608
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.772	1.539
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.762	1.528
5000	3.843	2.998	2.607	2.374	2.216	2.100	2.011	1.940	1.882	1.833	1.754	1.519

Tabla III (continuación).  $F (\alpha = 0.025, gl_{entre} = \text{columnas}, gl_{error} = \text{filas})$

$gl$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
1	647.789	799.500	864.163	899.583	921.848	937.111	948.217	956.656	963.285	968.627	976.708	997.249
2	38.506	39.000	39.165	39.248	39.298	39.331	39.355	39.373	39.387	39.398	39.415	39.456
3	17.443	16.044	15.439	15.101	14.885	14.735	14.624	14.540	14.473	14.419	14.337	14.124
4	12.218	10.649	9.979	9.605	9.364	9.197	9.074	8.980	8.905	8.844	8.751	8.511
5	10.007	8.434	7.764	7.388	7.146	6.978	6.853	6.757	6.681	6.619	6.525	6.278
6	8.813	7.260	6.599	6.227	5.988	5.820	5.695	5.600	5.523	5.461	5.366	5.117
7	8.073	6.542	5.890	5.523	5.285	5.119	4.995	4.899	4.823	4.761	4.666	4.415
8	7.571	6.059	5.416	5.053	4.817	4.652	4.529	4.433	4.357	4.295	4.200	3.947
9	7.209	5.715	5.078	4.718	4.484	4.320	4.197	4.102	4.026	3.964	3.868	3.614
10	6.937	5.456	4.826	4.468	4.236	4.072	3.950	3.855	3.779	3.717	3.621	3.365
11	6.724	5.256	4.630	4.275	4.044	3.881	3.759	3.664	3.588	3.526	3.430	3.173
12	6.554	5.096	4.474	4.121	3.891	3.728	3.607	3.512	3.436	3.374	3.277	3.019
13	6.414	4.965	4.347	3.996	3.767	3.604	3.483	3.388	3.312	3.250	3.153	2.893
14	6.298	4.857	4.242	3.892	3.663	3.501	3.380	3.285	3.209	3.147	3.050	2.789
15	6.200	4.765	4.153	3.804	3.576	3.415	3.293	3.199	3.123	3.060	2.963	2.701
16	6.115	4.687	4.077	3.729	3.502	3.341	3.219	3.125	3.049	2.986	2.889	2.625
17	6.042	4.619	4.011	3.665	3.438	3.277	3.156	3.061	2.985	2.922	2.825	2.560
18	5.978	4.560	3.954	3.608	3.382	3.221	3.100	3.005	2.929	2.866	2.769	2.503
19	5.922	4.508	3.903	3.559	3.333	3.172	3.051	2.956	2.880	2.817	2.720	2.452
20	5.871	4.461	3.859	3.515	3.289	3.128	3.007	2.913	2.837	2.774	2.676	2.408
21	5.827	4.420	3.819	3.475	3.250	3.090	2.969	2.874	2.798	2.735	2.637	2.368
22	5.786	4.383	3.783	3.440	3.215	3.055	2.934	2.839	2.763	2.700	2.602	2.331
23	5.750	4.349	3.750	3.408	3.183	3.023	2.902	2.808	2.731	2.668	2.570	2.299
24	5.717	4.319	3.721	3.379	3.155	2.995	2.874	2.779	2.703	2.640	2.541	2.269
25	5.686	4.291	3.694	3.353	3.129	2.969	2.848	2.753	2.677	2.613	2.515	2.242
26	5.659	4.265	3.670	3.329	3.105	2.945	2.824	2.729	2.653	2.590	2.491	2.217
27	5.633	4.242	3.647	3.307	3.083	2.923	2.802	2.707	2.631	2.568	2.469	2.195
28	5.610	4.221	3.626	3.286	3.063	2.903	2.782	2.687	2.611	2.547	2.448	2.174
29	5.588	4.201	3.607	3.267	3.044	2.884	2.763	2.669	2.592	2.529	2.430	2.154
30	5.568	4.182	3.589	3.250	3.026	2.867	2.746	2.651	2.575	2.511	2.412	2.136
31	5.549	4.165	3.573	3.234	3.010	2.851	2.730	2.635	2.558	2.495	2.396	2.119
32	5.531	4.149	3.557	3.218	2.995	2.836	2.715	2.620	2.543	2.480	2.381	2.103
33	5.515	4.134	3.543	3.204	2.981	2.822	2.701	2.606	2.529	2.466	2.366	2.088
34	5.499	4.120	3.529	3.191	2.968	2.808	2.688	2.593	2.516	2.453	2.353	2.075
35	5.485	4.106	3.517	3.179	2.956	2.796	2.676	2.581	2.504	2.440	2.341	2.062
40	5.424	4.051	3.463	3.126	2.904	2.744	2.624	2.529	2.452	2.388	2.288	2.007
50	5.340	3.975	3.390	3.054	2.833	2.674	2.553	2.458	2.381	2.317	2.216	1.931
60	5.286	3.925	3.343	3.008	2.786	2.627	2.507	2.412	2.334	2.270	2.169	1.882
70	5.247	3.890	3.309	2.975	2.754	2.595	2.474	2.379	2.302	2.237	2.136	1.847
80	5.218	3.864	3.284	2.950	2.730	2.571	2.450	2.355	2.277	2.213	2.111	1.820
90	5.196	3.844	3.265	2.932	2.711	2.552	2.432	2.336	2.259	2.194	2.092	1.800
100	5.179	3.828	3.250	2.917	2.696	2.537	2.417	2.321	2.244	2.179	2.077	1.784
120	5.152	3.805	3.227	2.894	2.674	2.515	2.395	2.299	2.222	2.157	2.055	1.760
500	5.054	3.716	3.142	2.811	2.592	2.434	2.313	2.217	2.139	2.074	1.971	1.669
1000	5.039	3.703	3.129	2.799	2.579	2.421	2.300	2.204	2.126	2.061	1.958	1.654
5000	5.027	3.692	3.119	2.788	2.569	2.411	2.290	2.194	2.116	2.051	1.947	1.643

Tabla III (continuación).  $F (\alpha = 0.010, gl_{entre} = \text{columnas}, gl_{error} = \text{filas})$

$gl$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
1	4052.18	4999.50	5403.35	5624.58	5763.65	5858.98	5928.35	5981.08	6022.47	6055.84	6106.32	6234.63
2	98.503	99.000	99.166	99.249	99.299	99.333	99.356	99.374	99.388	99.399	99.416	99.458
3	34.116	30.817	29.457	28.710	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345	27.229	27.052	26.598
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546	14.374	13.929
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051	9.888	9.466
6	13.745	10.925	9.780	9.148	8.746	8.466	8.260	8.102	7.976	7.874	7.718	7.313
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.460	7.191	6.993	6.840	6.719	6.620	6.469	6.074
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.029	5.911	5.814	5.667	5.279
9	10.561	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257	5.111	4.729
10	10.044	7.559	6.552	5.994	5.636	5.386	5.200	5.057	4.942	4.849	4.706	4.327
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069	4.886	4.744	4.632	4.539	4.397	4.021
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.640	4.499	4.388	4.296	4.155	3.780
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620	4.441	4.302	4.191	4.100	3.960	3.587
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.140	4.030	3.939	3.800	3.427
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805	3.666	3.294
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.890	3.780	3.691	3.553	3.181
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.102	3.927	3.791	3.682	3.593	3.455	3.084
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508	3.371	2.999
19	8.185	5.926	5.010	4.500	4.171	3.939	3.765	3.631	3.523	3.434	3.297	2.925
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368	3.231	2.859
21	8.017	5.780	4.874	4.369	4.042	3.812	3.640	3.506	3.398	3.310	3.173	2.801
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258	3.121	2.749
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.710	3.539	3.406	3.299	3.211	3.074	2.702
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168	3.032	2.659
25	7.770	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129	2.993	2.620
26	7.721	5.526	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094	2.958	2.585
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.149	3.062	2.926	2.552
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.120	3.032	2.896	2.522
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092	3.005	2.868	2.495
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.304	3.173	3.067	2.979	2.843	2.469
31	7.530	5.362	4.484	3.993	3.675	3.449	3.281	3.149	3.043	2.955	2.820	2.445
32	7.499	5.336	4.459	3.969	3.652	3.427	3.258	3.127	3.021	2.934	2.798	2.423
33	7.471	5.312	4.437	3.948	3.630	3.406	3.238	3.106	3.000	2.913	2.777	2.402
34	7.444	5.289	4.416	3.927	3.611	3.386	3.218	3.087	2.981	2.894	2.758	2.383
35	7.419	5.268	4.396	3.908	3.592	3.368	3.200	3.069	2.963	2.876	2.740	2.364
40	7.314	5.179	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801	2.665	2.288
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.186	3.020	2.890	2.785	2.698	2.562	2.183
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632	2.496	2.115
70	7.011	4.922	4.074	3.600	3.291	3.071	2.906	2.777	2.672	2.585	2.450	2.067
80	6.963	4.881	4.036	3.563	3.255	3.036	2.871	2.742	2.637	2.551	2.415	2.032
90	6.925	4.849	4.007	3.535	3.228	3.009	2.845	2.715	2.611	2.524	2.389	2.004
100	6.895	4.824	3.984	3.513	3.206	2.988	2.823	2.694	2.590	2.503	2.368	1.983
120	6.851	4.787	3.949	3.480	3.174	2.956	2.792	2.663	2.559	2.472	2.336	1.950
500	6.686	4.648	3.821	3.357	3.054	2.838	2.675	2.547	2.443	2.356	2.220	1.829
1000	6.660	4.626	3.801	3.338	3.036	2.820	2.657	2.529	2.425	2.339	2.203	1.810
5000	6.640	4.609	3.786	3.323	3.021	2.806	2.643	2.515	2.411	2.324	2.188	1.795

.....(PÁGINAS NO DISPONIBLES)