

ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA

Aplicada a las ciencias de la conducta

Sidney Siegel



ESTADÍSTICA
NO
PARAMÉTRICA

Traducción: **JAVIER AGUILAR VILLALOBOS**
Catedrático de la Escuela de
Psicología
Facultad de Ciencias
Universidad Veracruzana

Revisión técnica: **LISHA JACOBO RUSEIL**
Coordinador del Departamento
de Psicología de la Universidad
Iberoamericana

Revisión literaria: **RICARDO VINOS CRUZ - LOPEZ**



Obra recomendada y revisada por el
**CONSEJO NACIONAL PARA LA ENSEÑANZA
E INVESTIGACIÓN EN PSICOLOGÍA**

BIBLIOTECA TECNICA DE PSICOLOGIA

bajo la dirección de

Rolando Díaz Loving

Profesor de tiempo completo, departamento de psicología social, división de estudios de posgrado, Facultad de psicología, Universidad Nacional Autónoma de México
Presidente de la asociación Mexicana de Psicología Social

Título de esta obra en inglés:
Non parametric statistics for the behavioral sciences

Versión autorizada en español de la quinta edición primera edición publicada en inglés por
© McGraw-Book Company
Nueva York, E. U. A.

La presentación y disposición en conjunto de **ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA** son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del editor

Derechos reservados en lengua española
© 1970, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,
Av. Río Churubusco 385, Col. Pedro María Anaya,
C.P. 03340, México, D. F.

Miembro de la Cámara Nacional de la
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición en español, 1970
Segunda edición revisada en español, 1972 (ISBN 968-24-0146-1)
Reimpresiones 1974, 1975, 1976, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983
1985, 1986 y 1988

Tercera edición en español, junio 1990
ISBN 968-24-3896-9

Impreso en México
Printed in Mexico

Esta obra se terminó de imprimir y encuadernar el día 15 de junio de 1990, en los talleres de Impresora Roma, S. A., Tomás Vázquez núm. 152, Col. Ampliación Moderna, C.P. 03510, México, D. F., se tiraron 1 500 ejemplares, más sobrantes de reposición

PRÓLOGO

YO CREO que las técnicas no paramétricas para probar hipótesis se pres-
tan especialmente para tratar los datos de las ciencias de la conducta.
Los dos nombres con que frecuentemente se designan estas pruebas nos
sugieren dos razones por las que son convenientes. A las pruebas a me-
nudo se las llama "distribuciones libres" pues uno de sus principales
méritos es que no suponen que los puntajes que se están analizando
se hayan sacado de una población distribuida por una determinada ma-
nera, por ejemplo, de una población distribuida normalmente. Otras
veces, a muchas de esas pruebas se les llama "pruebas de rango" y este
título nos indica otro de sus ritos principales: las técnicas no paramétricas
pueden usarse con puntajes que no son exactos en sentido numérico,
sino simples rangos. Una tercera ventaja de estas técnicas, por supuesto,
es la de la sencillez con que se computan. Muchos creen que los investi-
gadores y los estudiosos de las ciencias de la conducta necesitan dedicar
más tiempo y reflexión a la formulación cuidadosa de sus problemas
de investigación y a la recolección de datos precisos y pertinentes. Quizá
presten más atención a estas tareas si se les alivia de la necesidad de
computar estadísticas complicadas, que se llevan mucho tiempo. Otro
conveniente de las pruebas no paramétricas es su utilidad con mues-
tras pequeñas, lo cual es una ventaja para el investigador que recoge
datos de un estudio piloto y para el investigador cuyas muestras deben
ser pequeñas por su misma naturaleza (por ejemplo, muestras de per-
sonas con una forma rara de enfermedad mental, o muestra de culturas).

Actualmente no hay un texto que presente las técnicas no paramé-
tricas de manera que se las pueda utilizar y en términos con los que esté
familiarizado el científico de la conducta. Las técnicas se han expuesto
en varias publicaciones matemáticas y de estadística. En su mayoría los
científicos de la conducta no tienen la preparación matemática suficiente
para consultar estas fuentes. Además, algunos autores han resumido estas

úlicas en artículos dirigidos a los científicos sociales. Notables entre ellos son Blum y Fattu (1954), Moses (1952a), Mosteller y Bush (1954) y Smith (1953). Así también, algunos de los textos más recientes de estadística para científicos sociales contienen capítulos dedicados a los métodos no paramétricos, entre los que figuran los textos de Edwards (1954), McNemar (1955) y Walker y Lev (1953). No obstante su valor, estas fuentes generalmente han sido muy selectivas en lo que se refiere a las técnicas presentadas o no han incluido las tablas de valores de significación que se usan en la aplicación de las diversas pruebas. En consecuencia he pensado que sería conveniente añadir un texto sobre los métodos no paramétricos a la bibliografía antes mencionada. En este libro he presentado las pruebas de acuerdo con el diseño de investigación para el que es más conveniente. Al examinar cada prueba, he procurado indicar su función, es decir, la clase de datos a la que se aplican, he procurado dar alguna noción del fundamento o demostración de la prueba, explicar su cálculo, poner ejemplos de su aplicación a la investigación de la conducta y comparar la prueba con su equivalente paramétrico, si lo hay, y con algunas pruebas no paramétricas de función similar.

Al lector le sorprenderá tal vez la cantidad de espacio concedido a los ejemplos del uso de estas pruebas y también quizá la reiteración que en algunos ejemplos causan. Puedo justificar el espacio que les he reservado alando que a) los ejemplos sirven para enseñar el cálculo de la prueba, los ejemplos permiten ver la aplicación de la prueba a los problemas de investigación de las ciencias de la conducta y c) el uso de los seis mismos ejemplos en cada prueba de hipótesis demuestra que en una lógica idéntica se funda cada una de las diversas técnicas estadísticas, cosa que no siempre entienden muchos investigadores.

Puesto que he tratado de presentar todos los datos crudos de cada uno de los ejemplos, no pude sacar éstos de un grupo misceláneo de fuentes. Las publicaciones de investigación no presentan características diferentes de datos crudos y por consiguiente me vi obligado a sacar de un grupo de fuentes más bien restringido la mayoría de mis ejemplos, de fuentes que presentaron datos crudos. El lector comprenderá que espero disculparme por la frecuencia con que he presentado, en los ejemplos, mi propia investigación y la de mis colegas. Algunas veces he encontrado datos adecuados para ejemplificar el uso de una prueba y los he tenido que "inventar".

Mientras redactaba este libro, tuve plena conciencia de la considerable influencia que varios profesores y colegas han ejercido en mi desarrollo. El profesor Quinn McNemar me proporcionó el adiestramiento fundamental en materia de inferencia estadística y me inició

en el estudio de la importancia de los supuestos en que se apoyan diversas pruebas estadísticas. El profesor Lincoln Moses ha enriquecido mi conocimiento de la estadística y fue el primero que me interesó en la bibliografía de las estadísticas no paramétricas. Los estudios con el profesor George Polya me permitieron penetrar en la teoría de la probabilidad. Los profesores Kenneth J. Arrow, Albert H. Bowker, Douglas H. Lawrence y el difunto J. C. C. McKimsey me ayudaron a entender la estadística y el diseño experimental. Ahondé en mis conocimientos de la teoría de la medida gracias a la colaboración en la investigación con los profesores Donald Davidson y Patrick Suppes.

A este libro le han beneficiado enormemente las indicaciones y críticas estimulantes y detalladas que los profesores James B. Bartoo, Quinn McNemar y Lincoln Moses me hicieron después de haber leído el manuscrito. Estoy profundamente agradecido a cada uno de ellos por haberme cedido su tiempo y sus conocimientos. También estoy en deuda con los profesores John F. Hall y Robert E. Stover, que me animaron a escribir este libro y que hicieron provechosos comentarios críticos a algunos capítulos. Por supuesto, a ninguna de estas personas se puede achacar los defectos que tenga la obra. Además les agradeceré a los lectores que me señalen errores y obscuridades.

Gran parte de la utilidad de este libro se debe a la generosidad de los numerosos autores y editores que amablemente me permitieron adaptar o reproducir tablas y otros materiales presentados originalmente por ellos. He mencionado todas las fuentes en que aparecen los materiales, y también deseo mencionar aquí mi gratitud a Donovan Auble, Irvin L. Child, Frieda Swed Cohn, Churchill Eisenhart, D. J. Finney, Milton Friedman, Leo A. Goodman, M. G. Kendall, William Kruskal, Joseph Lev, Henry B. Mann, Frank J. Massey, Jr., Edwin G. Olds, George W. Snedecor, Helen M. Walker, W. Allen Wallis, John E. Walsh, John W. M. Whiting, D. R. Whitney y Frank Wilcoxon y al Instituto de Estadística Matemática, a la Asociación Americana de Estadística, a *Biometrika*, a la Asociación Americana de Psicología, a la Editorial del Iowa State College, a la Editorial de la Universidad de Yale, al Instituto de Investigación Educativa de la Universidad de Indiana, a la American Cyanamid Company, a Charles Griffin & Co., Ltd., a John Wiley & Sons, Inc., y a Henry Holt y Compañía, Inc. Estoy agradecido al profesor Sir Ronald A. Fisher, Cambridge, al Dr. Frank Yates, Rothamsted y a los señores Oliver y Boyd, Ltd., de Edimburgo, por su permiso de reimprimir las tablas núms. III y IV de su libro *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*.

La mayor deuda personal es la que tengo con mi esposa, la doctora Alberta Engvall Siegel, sin cuya ayuda este libro no se hubiera escrito.

Colaboró en cada etapa de su planeación y redacción. Sé que este libro ha recibido los beneficios no sólo de su conocimiento de las ciencias de la conducta, sino también de su cuidadosa redacción, la cual ha acrecentado los méritos de exposición que pueda tener.

SIDNEY SIEGEL

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO	Pág.	7
ÍNDICE DE SÍMBOLOS		15
CAPÍTULO 1		
INTRODUCCIÓN		19
CAPÍTULO 2		
EL USO DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA INVESTIGACIÓN		25
I La hipótesis de nulidad		26
II La elección de la prueba estadística		27
III El nivel de significación y el tamaño de la muestra		27
IV La distribución muestral		30
V La región de rechazo		33
VI La decisión		34
CAPÍTULO 3		
ELECCIÓN DE LA PRUEBA ESTADÍSTICA ADECUADA		38
El modelo estadístico		38
Potencia - eficiencia		40
Medición		41
Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas		52
CAPÍTULO 4		
EL CASO DE UNA MUESTRA		56
La prueba binomial		57
La prueba χ^2 de una muestra		64
La prueba de una muestra de Kolmogorov - Smirnov		69
La prueba de rachas de una muestra		74
Análisis		81

CAPÍTULO 5

CASO DE DOS MUESTRAS RELACIONADAS

- La prueba de McNemar para la significación de los cambios
- La prueba de los signos
- La prueba de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon
- La prueba de Walsh
- Prueba de aleatoriedad para pares igualados
- Análisis

CAPÍTULO 6

CASO DE DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES

- La prueba de la probabilidad exacta de Fisher
- La prueba χ^2 para dos muestras independientes
- La prueba de la mediana
- La prueba U de Mann - Whitney
- Prueba de dos muestras de Kolmogorov - Smirnov
- Prueba de las rachas de Wald - Wolfowitz
- Prueba de Moses de reacciones extremas
- Prueba de aleatoriedad para dos muestras independientes
- Análisis

CAPÍTULO 7

CASO DE k MUESTRAS RELACIONADAS

- La prueba Q de Cochran
- Análisis de la varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman
- Análisis

CAPÍTULO 8

CASO DE k MUESTRAS INDEPENDIENTES

- La prueba χ^2 para k muestras independientes
- Extensión de la prueba de la mediana
- Análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal - Wallis
- Análisis

CAPÍTULO 9

EDADAS DE CORRELACIÓN Y SUS PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

- El coeficiente de contingencia: C
- El coeficiente de correlación de rango de Spearman: r_s
- El coeficiente de correlación de rango de Kendall: τ
- El coeficiente de correlación parcial de rango de Kendall: τ_{xy}
- El coeficiente de concordancia de Kendall: W
- Análisis

GRAFÍA

APÉNDICE

Tabla A	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan extremos como los valores observados de z en la distribución normal	Pág. 281
B	Tabla de valores críticos de t	282
C	Tabla de valores críticos de chi cuadrada	283
D	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan pequeños como los valores observados de x en la prueba binomial	284
E	Tabla de valores críticos de D en la prueba de una muestra de Kolmogorov - Smirnov	285
F	Tabla de valores críticos de r en la prueba de rachas	286
G	Tabla de valores críticos de T en la prueba de rangos señalados de pares igualados de Wilcoxon	288
H	Tabla de valores críticos para la prueba de Walsh	289
I	Tabla de valores críticos de D (o C) en la prueba de Fisher	290
J	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan pequeños como los valores observados de U en la prueba de Mann-Whitney	305
K	Tabla de los valores críticos de U en la prueba de Mann-Whitney	308
K_z	Valores críticos de U para una prueba de una cola en $\alpha = 0.001$ o para una prueba de dos colas en $\alpha = 0.002$	309
K_H	Valores críticos de U para una prueba de una cola en $\alpha = 0.01$ o para una prueba de dos colas en $\alpha = 0.02$	310
K_M	Valores críticos de U para una prueba de una cola en $\alpha = 0.025$ o para una prueba de dos colas en $\alpha = 0.05$	311
K_N	Valores críticos de U para una prueba de una cola en $\alpha = 0.05$ o para una prueba de dos colas en $\alpha = 0.10$	312
L	Tabla de valores críticos de K_D en la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov	313
M	Tabla de valores críticos de D en la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov	314
N	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan grandes como los valores observados de χ^2 en el análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman	316
O	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan grandes como valores observados de H en el análisis de varianza de una clasificación de rangos de Kruskal-Wallis	318
P	Tabla de valores críticos de r_s , el coeficiente de correlación de rangos de Spearman	319
Q	Tabla de probabilidades asociadas con valores tan grandes como los valores observados de S en el coeficiente de correlación de rango de Kendall	320
R	Tabla de valores críticos de s en el coeficiente de concordancia de Kendall	321
S	Tabla de factoriales	322
T	Tabla de coeficientes binomiales	323
U	Tabla de cuadrados y raíces cuadradas	335

ÍNDICE ANALÍTICO

Pág. 84	120	121	130	137	143	155	165	174	181	186	188	190	195	202	204	205	210	215	224	226	227	233	245	256	262	272	275
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- A** Celdilla superior izquierda en una tabla de 2×2 ; número de casos observados en esa celdilla.
- α** Alfa. Nivel de significación = probabilidad de un error tipo I.
- B** Celdilla superior derecha en una tabla de 2×2 ; número de casos observados en esa celdilla.
- β** Beta. Potencia de la prueba = probabilidad de error tipo II.
- C** Celdilla inferior izquierda en una tabla de 2×2 ; número de casos observados en esa celdilla.
- C** Coeficiente de contingencia.
- Chi cuadrada** Variable aleatoria que sigue la distribución chi cuadrada; ciertos valores de ella aparecen en la Tabla C del Apéndice.
- χ^2** Una estadística cuyo valor se calcula a partir de los datos observados.
- χ_r^2** La estadística en el análisis de varianzas de dos clasificaciones por rangos de Friedman.
- d_i** Puntaje de diferencia, usado en el caso de los pares iguales, obtenido para cualquier par sustrayendo el puntaje de un miembro del puntaje del otro.
- D** Celdilla inferior derecha en una tabla de 2×2 ; número de casos observados en esa celdilla.
- D** La diferencia máxima entre las dos distribuciones acumulativas en la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- E_{ij}** Conforme a H_0 , el número de casos esperados en la hilera i y la columna j en una prueba χ^2 .
- F** Frecuencia, es decir, número de casos.
- F** La prueba F ; análisis paramétrico de varianzas.
- $F_0(X)$** Conforme a H_0 , la proporción de casos en la población cuyos puntajes son iguales o menores que X . Es una estadística en la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- g** En la prueba de Moses, la cantidad por la que un valor observado de s_h excede $nc - 2h$, donde $nc - 2h$ es la mínima amplitud de los rangos de los casos control.
- G_j** En la prueba de Q Cochran, el número total de "éxitos" en la columna j (muestra).
- g'_j** Grados de libertad.
- h** En la prueba de Moses, el número predeterminado de rangos control extremos, que se quitan a cada lado de la amplitud de los rangos control antes de determinar s_h .

- H** La estadística usada en el análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis.
- H₀** La hipótesis de nulidad.
- H₁** La hipótesis alterna, la declaración operacional de la hipótesis de investigación.
- i** Una variable subscrita, usualmente denota hileras.
- j** Una variable subscrita, usualmente denota columnas.
- K** En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el número de observaciones que son iguales o menores que X .
- K_D** En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el numerador de D .
- L_i** En la prueba Q de Cochran, el número total de "éxitos" en la hilera i .
- μ** La media de la población.
- μ_0** La media de la población conforme a H_0 .
- μ_1** La media de la población conforme a H_1 .
- n** El número de casos recogidos independientemente en una sola muestra.
- N** El número total de casos recogidos independientemente usado en una prueba estadística.
- O_{ij}** El número observado de casos en la hilera i de la columna j en una prueba χ^2 .
- p** Probabilidad asociada con la ocurrencia conforme a H_0 de un valor tan extremo o más extremo que el valor observado.
- P** En la prueba binomial, la proporción de "éxitos".
- Q** En la prueba binomial, $1 - P$.
- Q** La estadística usada en la prueba de Cochran.
- r** El número de hileras.
- r** El número de hileras en una tabla $k \times r$.
- r** El coeficiente de correlación momento-producto de Pearson.
- R_j** La suma de los rangos en la columna o muestra j .
- r_s** El coeficiente de correlación de rango de Spearman.
- r_{sav}** La media de varias r_s .
- s** En la W de Kendall, la suma de los cuadrados de las desviaciones de la R_j del valor medio de R_j .
- s'** En la prueba de Moses, la amplitud o extensión de los rangos de los casos control.
- s_h** En la prueba de Moses, la amplitud o extensión de los rangos de los casos control después de haber eliminado h casos de cada extremo de su extensión.
- S** Una estadística en la τ de Kendall.
- $S_N(X)$** En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la función acumulativa observada de una muestra aleatoria de N observaciones.
- σ** Sigma. La desviación estándar de la población. Cuando se da un subscrito, el error estándar de una distribución muestral, por ejemplo, $\sigma_v =$ el error estándar de la distribución muestral de U .
- σ^2** La varianza de la población.
- Σ** Suma de.
- t** Prueba t de Student, una prueba paramétrica.
- t** El número de observaciones en cualquier grupo ligado.
- T** En la prueba de Wilcoxon, la más pequeña de las sumas de rangos señalados.
- T** Un factor de corrección por ligas.
- τ** Tau. El coeficiente de correlación de rango de Kendall.
- $\tau_{xy,s}$** El coeficiente de correlación parcial de rango de Kendall.
- U** La estadística en la prueba de Mann-Whitney.
- U'** $U = n_1 n_2 - U'$, una transformación en la prueba de Mann-Whitney.
- W** El coeficiente de concordancia de Kendall.
- x** En la prueba binomial, el número de casos en uno de los grupos.

$\frac{X}{X}$
 $\frac{X}{X}$
 z

$\binom{a}{b}$

El coeficiente binomial $\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!}$.

La Tabla T del Apéndice da los coeficientes para N de 1 a 20. Factorial. $N! = N(N-1)(N-2)\dots 1$. Por ejemplo,

$$5! = (5)(4)(3)(2)(1) = 120$$

$0! = 1$. La Tabla S del Apéndice contiene los factoriales para N de 1 a 20.

$|X - Y|$ El valor absoluto de la diferencia entre X y Y . Esto es, el valor numérico de la diferencia independientemente del signo. Por ejemplo,

$$|5 - 3| = |3 - 5| = 2.$$

$X > Y$ X es mayor que Y .

$X < Y$ X es menor que Y .

$X = Y$ X es igual a Y .

$X \geq Y$ X es igual o mayor que Y .

$X \leq Y$ X es igual o menor que Y .

$X \neq Y$ X diferente a Y .

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

EL ESTUDIANTE de las ciencias de la conducta llega pronto a acostumbrarse a usar de maneras particulares palabras del uso común. Desde el principio de sus estudios aprende que cuando un científico de la conducta habla de *sociedad*, no está pensando en un grupo ocioso de personas cuyos nombres aparecen en las páginas de sociales de los periódicos. Sabe que el significado científico del término *personalidad* tiene poco o nada en común con el que tiene para el adolescente. Aunque un estudiante de secundaria pueda rechazar desdenosamente a uno de sus compañeros por no tener "personalidad", al científico de la conducta le resultará difícil imaginarse tal posibilidad. El estudiante ha aprendido que el término *cultura*, en su acepción técnica, designa mucho más que un refinamiento estético. Y no se le oirá decir el disparate de que un vendedor "usa" la *psicología* para persuadir a un cliente de que compre sus productos.

De manera semejante, el estudiante ha descubierto que el campo de la *estadística* es completamente diferente de la idea común que se tiene de él. En los periódicos y revistas comunes, se representa al estadístico como si coleccionase gran cantidad de información cuantitativa y después abstractase ciertos números representativos de esa información. Todos estamos familiarizados con la idea de que el estadístico se encarga de la determinación del salario promedio por hora en una industria, o del número promedio de niños de las familias urbanas americanas. Pero el estudiante que haya tomado un curso de estadística, aun cuando sólo fuese introductorio, sabrá que la descripción es solamente una de las funciones de la estadística.

Un tema capital de la estadística moderna es la de la *inferencia estadística*. La inferencia estadística se interesa en dos tipos de problemas: la estimación de los parámetros de la población y las pruebas de

hipótesis. Es este último tipo de problemas, las pruebas de hipótesis, lo que nos interesa tratar principalmente en este libro.

El diccionario nos dice que el verbo "inferir" significa "sacar una consecuencia", conclusión o probabilidad. Cuando vemos que una mujer no usa anillo en el dedo anular de la mano izquierda, podemos inferir que es soltera.

A la inferencia estadística, le interesa sacar conclusiones de un gran número de acontecimientos fundándose en las observaciones de parte de los mismos. La estadística nos proporciona herramientas que formalizan y uniforman nuestros procedimientos para sacar conclusiones. Por ejemplo, podríamos desear determinar cuál de tres variedades de salsa de tomate es de mayor consumo entre las amas de casa. Informalmente, podríamos reunir la información necesaria colocándonos cerca del estante de las salsas de tomate en una tienda de abarrotes para contar cuántas latas de cada variedad se venden en el curso de un día. Casi seguramente, los números de latas compradas de las tres variedades serán desiguales. ¿Pero podemos inferir que la que se haya escogido más frecuentemente ese día, en esa tienda, por los compradores de ese día, es realmente la de mayor consumo? El que podamos hacer tal inferencia dependerá del margen de popularidad que tenga la marca escogida con más frecuencia, de lo representativo de la tienda de abarrotes y también de lo representativo del grupo de compradores observados.

Los procedimientos de la inferencia estadística introducen orden en cualquier inferencia a partir de los testimonios proporcionados por las muestras. La lógica de los procedimientos pone algunas de las condiciones en que los testimonios deben reunirse, y las pruebas estadísticas determinan cuán grandes deben ser las diferencias observadas antes de que podamos confiar en que representarán diferencias reales en el grupo más grande, del que fueron muestreados sólo unos pocos acontecimientos.

Un problema común de la inferencia estadística es determinar, en términos de probabilidad, si las diferencias observadas entre dos muestras significan que las poblaciones muestreadas son ellas mismas realmente diferentes. Ahora bien, siempre que reunamos dos grupos de puntajes por métodos al azar, probablemente encontraremos que los puntajes difieren en algún grado. Las diferencias aparecen simplemente a causa de las operaciones al azar. ¿Entonces cómo podemos determinar, en un caso dado, si las diferencias observadas se deben simplemente al azar, o no? Los procedimientos de la inferencia estadística nos permiten determinar, en términos de probabilidad, si la diferencia observada está dentro del rango en el que podría aparecer fácilmente por azar, o si es tan grande que significa que las dos muestras son, probablemente, de dos poblaciones diferentes. Otro problema común es el de determinar

la probabilidad de que una muestra de puntajes sea de una población específica. Otro más, es el de decidir si podemos inferir legítimamente que varios grupos difieren entre sí. En este libro nos ocuparemos de cada una de estas tareas de inferencia estadística.

En el desarrollo de los métodos estadísticos modernos, las primeras técnicas de inferencia que aparecieron fueron las que hicieron buen número de suposiciones acerca de la naturaleza de la población de la que se obtuvieron los puntajes. Puesto que los valores de población son "parámetros", estas técnicas estadísticas son llamadas *paramétricas*. Por ejemplo, una técnica de inferencia puede basarse en la suposición de que los puntajes se sacaron de una población distribuida normalmente; o la técnica de inferencia puede basarse en la suposición de que ambos conjuntos de puntajes se sacaron de poblaciones que tienen la misma varianza (σ^2) o dispersión de puntajes. Tales técnicas nos conducen a conclusiones que tienen limitaciones, por ejemplo: "Si las suposiciones con respecto a la forma de la población son válidas, entonces podemos concluir que...".

Más recientemente se ha presenciado el desarrollo de gran número de técnicas de inferencia que no hacen suposiciones numerosas ni severas acerca de los parámetros. Estas nuevas "distribuciones-libres" o técnicas *no paramétricas* permiten sacar conclusiones a las que hay que hacer menos reservas. Cuando usamos una de ellas, podemos decir que "independientemente de la forma de la(s) población(es), podemos sacar su conclusión que...". De estas técnicas nos ocuparemos en este libro.

A algunas técnicas no paramétricas se las llama a menudo "pruebas de rango" o "pruebas de orden", y estos títulos nos indican otras diferencias con las pruebas paramétricas. Al computar pruebas paramétricas, sumamos, dividimos y multiplicamos los puntajes de las muestras. Cuando estas operaciones aritméticas se hacen con puntajes que no son verdaderamente numéricos, ocasionan naturalmente deformaciones de los datos y menoscaban el valor de las conclusiones de la prueba. Por eso las técnicas paramétricas sólo se deben usar con puntajes que sean verdaderamente numéricos. En cambio, muchas pruebas no paramétricas, se fijan en el orden o rango de los puntajes, no en sus valores "numéricos", y otras técnicas no paramétricas se pueden utilizar con datos en los que ni siquiera es posible meter orden (por ejemplo, con datos clasificados). Mientras que una prueba paramétrica fijará su atención en la diferencia entre las medias de dos conjuntos de puntajes, la prueba no paramétrica equivalente se fijará en la diferencia entre las medianas. La computación de la media requiere operaciones aritméticas (sumar y después dividir); la computación de la mediana sólo exige contar. Las ventajas de las estadísticas de orden para datos de las ciencias de la

conducta (en las que los puntajes "numéricos" tal vez sólo lo sean en apariencia) son evidentes. Examinaremos este punto más ampliamente en el capítulo 3, donde se contrastan las pruebas paramétricas con las no paramétricas.

De los nueve capítulos de este libro, seis están dedicados a la presentación de diversas pruebas estadísticas no paramétricas. Las pruebas se han distribuido entre los capítulos conforme al diseño de investigación para el que son adecuadas. Un capítulo contiene las pruebas que pueden usarse cuando se desea determinar si una muestra particular proviene de una clase específica de población. Dos capítulos contienen las pruebas que pueden usarse cuando se desea comparar los puntajes dados por dos muestras; en uno de estos capítulos se estudian las pruebas de dos muestras conexas, mientras que en el otro se examinan las pruebas de dos muestras independientes. De manera semejante, hay dos capítulos dedicados a las pruebas de significancia para k (3 o más) muestras; uno de ellos presenta las pruebas para k muestras relacionadas y el otro, las pruebas para k muestras independientes. El último capítulo trata las medidas no paramétricas de asociación y las pruebas de significación que son útiles para algunas de éstas.

Sin embargo, antes de que llegue a estos capítulos, el lector encontrará otros dos, además del presente. El primero de éstos, el capítulo 2, está dedicado a un examen general de las pruebas de hipótesis. Pero este examen es realmente algo más que una exposición sumaria de los aspectos elementales de la prueba de hipótesis y como casi todo su vocabulario podrá ser ignorado, a algunos lectores —especialmente que poseen pocos o ningunos conocimientos de la teoría de la inferencia estadística— les resultará difícil su lectura. Sugerimos a tales personas que consulten la bibliografía ahí citada para que se les facilite la comprensión de las nociones examinadas. Sin embargo, creemos que a la mayoría de los lectores el capítulo 2 dará los antecedentes necesarios para entender el resto de este libro. Las nociones y el vocabulario del capítulo 2 se emplean con frecuencia y aún reiteradamente a lo largo del libro, por lo que el lector llegará a familiarizarse más con ellos, y a encontrarles más sentido, a medida que vaya avanzando en el libro.

En el capítulo 3 se estudia la elección de la técnica estadística más adecuada para analizar una determinada cantidad de datos. Este estudio comprende la comparación entre las pruebas estadísticas paramétricas y las no paramétricas e inicia al lector en la teoría de la medición. Otra vez, el lector pensará que se le está presentando mucho material nuevo en unas cuantas páginas. Y nuevamente le indicamos que se irá familiarizando con el nuevo material a medida que progresa en la lectura de los capítulos subsiguientes.

Hemos procurado que el libro resulte comprensible para el lector que sólo ha hecho estudios preliminares de estadística. Se presume que el lector tendrá conocimientos de estadística descriptiva (medias, medias, desviaciones estándares, etc.), de métodos paramétricos correlacionales (particularmente de la correlación r momento-producto de Pearson) y de las nociones básicas de la inferencia estadística y de su empleo en la prueba t y en el análisis de varianzas. Al lector que tenga experiencia aunque sea limitada, de estas estadísticas y pruebas estadísticas, le resultarán comprensibles las referencias a las mismas.

Además, hemos tratado de hacer que el libro sea completamente inteligible para el lector cuya preparación matemática se limita al álgebra elemental. Esto nos ha impedido la presentación de muchas derivaciones. Cuando ha sido posible, hemos tratado de facilitar la comprensión "intuitiva" de los fundamentos de la prueba Y , hemos pensado que esta comprensión es más útil que tratar de seguir la derivación. El lector que posea una preparación matemática avanzada podrá profundizar en los temas de este libro recurriendo a las fuentes que se mencionan.

A los lectores cuya preparación matemática es reducida y especialmente aquellos cuyas experiencias de estudio han sido tales que han adquirido respuestas emocionales negativas a los símbolos, a menudo les resultan difíciles los libros de estadística por el gran uso de símbolos. Estos lectores descubrirán que gran parte de la dificultad desaparece con sólo leer más lentamente de lo que acostumbra. No creemos que un lector instruido en las ciencias de la conducta asimile con la misma rapidez un libro de estadística que una obra de, digamos, personalidad, o de hostilidad entre grupos, o acerca de la influencia de la geografía en las diferencias culturales. Las obras de estadística están más condensadas que la mayoría de los libros de los científicos sociales —usamos símbolos para abreviar y también para ser más exactos— y por consiguiente requieren una lectura más lenta. Al lector que le resulten difíciles los símbolos le servirá el glosario que ofrecemos. En él se resume el significado de los diversos símbolos.

Al lector que tenga una preparación matemática limitada, los ejemplos tal vez le sean especialmente útiles: se da un ejemplo del uso en la investigación de cada prueba estadística. Una de las razones por las que el gran uso de símbolos hace más difícil el material es que éstos son términos generales o abstractos, que adquieren una variedad de significados precisos en una diversidad de casos específicos. Por tanto, cuando hablamos de k muestras entendemos por ello cualquier número de muestras, 3 o 4, u 8, o 5, o cualquier otro número. En los ejemplos, por supuesto, cada símbolo adquiere un valor numérico espe-

cífico, y de este modo los ejemplos pueden servir para concretar la exposición.

Los ejemplos también sirven para ilustrar la importancia de las estadísticas y el papel que desempeñan en la investigación del científico de la conducta. Tal vez sea ésta su función más útil, pues hemos orientado este libro hacia el investigador que se interesa principalmente en la materia o sustancia de las ciencias sociales más que en su metodología. Los ejemplos muestran la íntima interrelación de sustancia y método en las ciencias de la conducta.

CAPÍTULO 2

EL USO DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA INVESTIGACIÓN

EN LAS ciencias de la conducta se efectúan investigaciones para determinar en qué medida son aceptables las hipótesis que derivamos de las teorías de la conducta. Después de seleccionar cierta hipótesis que parece importante en una teoría determinada, se recogen los datos empíricos que dan información directa acerca de la aceptabilidad de esa hipótesis. La decisión acerca del significado de los datos puede conducir la confirmación, revisión o rechazo de la hipótesis y, con ella, la teoría que la originó.

Para decidir con objetividad si una hipótesis particular es confirmada por un conjunto de datos, necesitamos un procedimiento que nos lleve a un criterio objetivo para rechazar o aceptar esa hipótesis. Se insiste en la objetividad porque el método científico requiere que las conclusiones sean alcanzadas por métodos públicos susceptibles de ser repetidos por otros investigadores competentes.

Este procedimiento objetivo debe basarse tanto en la información obtenida al investigar como en el margen de riesgo que estemos dispuestos a aceptar si nuestro criterio de decisión con respecto a la hipótesis resulta incorrecto.

El procedimiento que por lo común se sigue, comprende varios pasos, los cuales enunciamos en el orden de su ejecución; este capítulo y el siguiente están dedicados a examinar cada uno en detalle.

- i. Formulación de la hipótesis de nulidad (H_0).
- ii. Elección de una prueba estadística (con su modelo estadístico asociado) para probar H_0 . De las pruebas capaces de usarse con un diseño de investigación dado, hay que escoger aquella cuyo modelo se aproxima más a las condiciones de la investigación (en términos de los supuestos que califican el uso de la prueba) y cuyos requisitos de medición satisfacen las medidas usadas en la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R. L., y Bancroft, T. A. 1952. *Statistical theory in research*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Andrews, F. C. 1954. Asymptotic behavior of some rank tests for analysis of variance. *Ann. Math. Statist.*, 25, 724-736.
- Auble, D. 1953. Extended tables for the Mann-Whitney statistic. *Bull. Inst. Educ. Res. Indiana Univer.*, 1, No. 2.
- Barnard, G. A. 1947. Significance tests for 2×2 tables. *Biometrika*, 34, 123-138.
- Bergman, G., y Spence, K. W. 1944. The logic of psychological measurement. *Psychol. Rev.*, 51, 1-24.
- Birnbaum, Z. W. 1952. Numerical tabulation of the distribution of Kolmogorov's statistic for finite sample values. *J. Amer. Statist. Ass.*, 47, 425-441.
- Birnbaum, Z. W. 1953. Distribution-free tests of fit for continuous distribution functions. *Ann. Math. Statist.*, 24, 1-8.
- Birnbaum, Z. W., y Tingey, F. H. 1951. One-sided confidence contours for probability distribution functions. *Ann. Math. Statist.*, 22, 592-596.
- Blackwell, D., y Girshick, M. A. 1954. *Theory of games and statistical decisions*. Nueva York: Wiley.
- Blum, J. R., y Fattu, N. A. 1954. Nonparametric methods. *Rev. Educ. Res.*, 24, 467-487.
- Bowker, A. H. 1948. A test for symmetry in contingency tables. *J. Amer. Statist. Ass.*, 43, 572-574.
- Brown, G. W., y Mood, A. M. 1951. On median tests for linear hypotheses. *Proceedings of the second Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*. Berkeley, Calif.: Univer. of Calif. Press. Pp. 159-166.
- Glopper, C. J., y Pearson, E. S. 1934. The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika*, 26, 404-413.
- Cochran, W. G. 1950. The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, 37, 256-266.
- Cochran, W. G. 1952. The χ^2 test of goodness of fit. *Ann. Math. Statist.*, 23, 315-345.
- Cochran, W. G. 1954. Some methods for strengthening the common χ^2 tests. *Biometrics*, 10, 417-451.
- Coombs, C. H. 1950. Psychological scaling without a unit of measurement. *Psychol. Rev.*, 57, 145-158.
- Coombs, C. H. 1952. A theory of psychological scaling. *Bull. Univer. Michigan Enging Res. Inst.*, 34.
- David, F. N. 1949. *Probability theory for statistical methods*. Nueva York: Cambridge Univer. Press.

- Davidson, D., Siegel, S., y Suppes, P. 1955. *Some experiments and related theory on the measurement of utility and subjective probability*. Rep. 4, Stanford Value Theory Project.
- Fixon, W. J. 1954. Power under normality of several non-parametric tests. *Ann. Math. Statist.*, 25, 610-614.
- Fixon, W. J., y Massey, F. J. 1951. *Introduction to statistical analysis*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Fixon, W. J., y Mood, A. M. 1946. The statistical sign test. *J. Amer. Statist. Ass.*, 41, 557-566.
- Goodman, A. L. 1954. *Statistical methods for the behavioral sciences*. Nueva York: Rinehart.
- Hotelling, L. 1946. The significance of differences between means without reference to the frequency distribution function. *Psychometrika*, 11, 97-105.
- Hotelling, L. 1948. The Fisher-Yates test of significance in 2×2 contingency tables. *Biometrika*, 35, 145-156.
- Hotelling, L. A. 1934. *Statistical methods for research workers*. (5th. Ed.) Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Hotelling, L. A. 1935. *The design of experiments*. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Hotelling, L. A. 1952. *Modern elementary statistics*. Nueva York: Prentice-Hall.
- Hotelling, L. A. 1937. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *J. Amer. Statist. Ass.*, 32, 675-701.
- Hotelling, L. A. 1940. A comparison of alternative tests of significance for the problem of m rankings. *Ann. Math. Statist.*, 11, 86-92.
- Hotelling, L. A. 1954. Kolmogorov-Smirnov tests for psychological research. *Psychol. Bull.*, 51, 160-168.
- Hotelling, L. A., y Kruskal, W. H. 1954. Measures of association for cross classifications. *J. Amer. Statist. Ass.*, 49, 732-764.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. Fundamentals of concept formation in empirical science. *Int. Encycl. Unif. Sci.*, 2, No. 7. (Univ. of Chicago Press)
- Hotelling, L. A., y Pabst, Margaret R. 1936. Rank correlation and tests of significance involving no assumption of normality. *Ann. Math. Statist.*, 7, 29-43.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. A distribution-free k-sample test against ordered alternatives. *Biometrika*, 41, 133-145.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30, 81-93.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. The treatment of ties in ranking problems. *Biometrika*, 33, 239-251.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. The variance of τ when both rankings contain ties. *Biometrika*, 34, 297-298.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. Rank correlation methods. Londres: Griffin.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. The advanced theory of statistics. Vol. 1. (4th Ed.) Londres: Griffin.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. Rank and product-moment correlation. *Biometrika*, 36, 177-193.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. The problem of m rankings. *Ann. Math. Statist.*, 10, 275-287.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1950. Confidence limits for an unknown distribution function. *Ann. Math. Statist.*, 12, 461-463.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1952. A nonparametric test for the several sample problem. *Ann. Math. Statist.*, 23, 525-540.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *J. Amer. Statist. Ass.*, 47, 583-621.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1953. Tests of significance in a 2×2 contingency table: Extension of Finney's table. *Biometrika*, 40, 74-86.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1953. The power of rank tests. *Ann. Math. Statist.*, 24, 23-43.
- Hotelling, L. A., y Tukey, J. W. 1953. The use and misuse of the chi-square test. *Psychol. Bull.*, 46, 433-489.

- McNemar, Q. 1946. Opinion-attitude methodology. *Psychol. Bull.*, 43, 289-374.
- McNemar, Q. 1947. Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, 12, 153-157.
- McNemar, Q. 1955. *Psychological statistics*. (2nd Ed.) Nueva York: Wiley.
- Mann, H. B., y Whitney, D. R. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann. Math. Statist.*, 18, 50-60.
- Massey, F. J., Jr. 1951a. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *J. Amer. Statist. Ass.*, 46, 68-78.
- Massey, F. J., Jr. 1951b. The distribution of the maximum deviation between two sample cumulative step functions. *Ann. Math. Statist.*, 22, 125-128.
- Mood, A. M. 1940. The distribution theory of runs. *Ann. Math. Statist.*, 11, 367-392.
- Mood, A. M. 1950. *Introduction to the theory of statistics*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Mood, A. M. 1954. On the asymptotic efficiency of certain non-parametric two-sample tests. *Ann. Math. Statist.*, 25, 514-522.
- Moore, G. H., y Wallis, W. A. 1943. Time series significance tests based on signs of differences. *J. Amer. Statist. Ass.*, 38, 153-164.
- Moran, P. A. P. 1951. Partial and multiple rank correlation. *Biometrika*, 38, 26-32.
- Moses, L. E. 1952a. Non-parametric statistics for psychological research. *Psychol. Bull.*, 49, 122-143.
- Moses, L. E. 1952b. A two-sample test. *Psychometrika*, 17, 239-247.
- Mosteller, F. 1948. A k-sample slippage test for an extreme population. *Ann. Math. Statist.*, 19, 58-65.
- Mosteller, F., y Bush, R. R. 1954. Selected quantitative techniques. In G. Lindzey (Dir.), *Handbook of social psychology*. Vol. 1. *Theory and method*. Cambridge, Mass.: Addison-Wesley, Pp. 289-334.
- Mosteller, F., y Tukey, J. W. 1950. Significance levels for a k-sample slippage test. *Ann. Math. Statist.*, 21, 120-123.
- Olds, E. G. 1949. The 5% significance levels for sums of squares of rank differences and a correction. *Ann. Math. Statist.*, 20, 117-118.
- Pitman, E. J. G. 1937a. Significance tests which may be applied to samples from any populations. Supplement to *J. R. Statist. Soc.*, 4, 119-130.
- Pitman, E. J. G., 1937b. Significance tests which may be applied to samples from any populations. II. The correlation coefficient test. Supplement to *J. R. Statist. Soc.*, 4, 225-232.
- Pitman, E. J. G. 1937c. Significance tests which may be applied to samples from any populations. III. The analysis of variance test. *Biometrika*, 29, 322-335.
- Savage, J. R. 1953. Bibliography of non-parametric statistics and related topics. *J. Amer. Statist. Ass.*, 48, 844-906.
- Savage, L. J. 1954. *The foundations of statistics*. Nueva York: Wiley.
- Scheffé, H. 1943. Statistical inference in the non-parametric case. *Ann. Math. Statist.*, 14, 305-332.
- Siegel, S. 1956. A method for obtaining an ordered metric scale. *Psychometrika*, 21, 207-216.
- Smirnov, N. V. 1948. Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. *Ann. Math. Statist.*, 19, 279-281.
- Smith, K. 1953. Distribution-free statistical methods and the concept of power efficiency. In L. Festinger y D. Katz (Dir.) *Research methods in the behavioral sciences*. Nueva York: Dryden, Pp. 536-577.
- Snedecor, G. W. 1946. *Statistical methods*. (4th Ed.) Ames, Iowa: Iowa State College Press.
- Stevens, S. S. 1946. On the theory of scales of measurement. *Science*, 103, 677-680.
- Stevens, S. S. 1951. Mathematics, measurement, and psychophysics. In S. S. Stevens (Dir.) *Handbook of experimental psychology*. Nueva York: Wiley. Pp. 1-49.
- Stevens, W. L. 1939. Distribution of groups in a sequence of alternatives. *Ann. Eugenics*, 9, 10-17.

- wed, Frieda S., y Eisenhart, C. 1943. Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *Ann. Math. Statist.*, 14, 66-87.
- Tocher, K. D. 1950. Extension of the Neyman-Pearson theory of tests to discontinuous variates. *Biometrika*, 37, 130-144.
- Tukey, J. W. 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5, 99-114.
- Wald, A. 1950. *Statistical decision functions*. Nueva York: Wiley.
- Walker, Helen M., y Lev, J. 1953. *Statistical inference*. Nueva York: Holt.
- Walsh, J. E. 1946. On the power function of the sign test for slippage of means. *Ann. Math. Statist.*, 17, 358-362.
- Walsh, J. E. 1949a. Some significance tests for the median which are valid under very general conditions. *Ann. Math. Statist.*, 20, 64-81.
- Walsh, J. E. 1949b. Applications of some significance test for the median which are valid under very general conditions. *J. Amer. Statist. Ass.*, 44, 342-355.
- Welch, B. L. 1937. On the χ^2 -test in randomized blocks and Latin squares. *Biometrika*, 29, 21-52.
- White, C. 1952. The use of ranks in a test of significance for comparing two treatments. *Biometrics*, 8, 33-41.
- Whitney, D. R. 1948. A comparison of the power of non-parametric tests and tests based on the normal distribution under non-normal alternatives. Unpublished doctor's dissertation, Ohio State Univer.
- Whitney, D. R. 1951. A bivariate extension of the U statistic. *Ann. Math. Statist.*, 22, 274-282.
- Coxon, F. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bull.*, 1, 80-83.
- Coxon, F. 1947. Probability tables for individual comparisons by ranking methods. *Biometrics*, 3, 119-122.
- Coxon, F. 1949. *Some rapid approximate statistical procedures*. Stamford, Conn.: American Cyanamid Co.
- Lehmann, S. S. 1948. Order statistics. *Bull. Amer. Math. Soc.*, 54, 6-50.
- Lerman, B. 1955. The adaptation and use of Kendall's coefficient of concordance (W) to sociometric-type rankings. *Psychol. Bull.*, 52, 132-133.
- Stuart, F. 1934. Contingency tables involving small numbers and the χ^2 test. Supplement to *J. R. Statist. Soc.*, 1, 217-235.

TABLE U. Tabla de cuadrados y raíces cuadradas*
(Continuación)

Número	Cuadrado	Raíz cuadrada	Número	Cuadrado	Raíz cuadrada
961	92 35 21	31.0000	981	96 23 61	31.3209
962	92 54 44	31.0161	982	96 43 24	31.3369
963	92 73 69	31.0322	983	96 62 89	31.3528
964	92 92 96	31.0483	984	96 82 56	31.3688
965	93 12 25	31.0644	985	97 02 25	31.3847
966	93 31 56	31.0805	986	97 21 96	31.4006
967	93 50 89	31.0966	987	97 41 69	31.4166
968	93 70 24	31.1127	988	97 61 44	31.4325
969	93 89 61	31.1288	989	97 81 21	31.4484
970	94 09 00	31.1448	990	98 01 00	31.4643
971	94 28 41	31.1609	991	98 20 81	31.4802
972	94 47 84	31.1769	992	98 40 64	31.4960
973	94 67 29	31.1929	993	98 60 49	31.5119
974	94 86 76	31.2090	994	98 80 36	31.5278
975	95 06 25	31.2250	995	99 00 25	31.5436
976	95 25 76	31.2410	996	99 20 16	31.5595
977	95 45 29	31.2570	997	99 40 09	31.5753
978	95 64 84	31.2730	998	99 60 04	31.5911
979	95 84 41	31.2890	999	99 80 01	31.6070
980	96 04 00	31.3050	1000	100 00 00	31.6228

* Con permiso de *Statistics for students of psychology and education*, por H. Sorenson. Copyright 1936, McGraw-Hill Book Company, Inc.

ÍNDICE ANALÍTICO

Adams, L., 134
 Adorno, T., W., 161n., 217n., 236n.
 Aleatoriedad, prueba de, 78-81
 Alfa (α), definición de, 28
 y Error de tipo I, 28
 (Véase también Nivel de significación)
 Amplitud en la prueba de Moses, 175
 Análisis de varianza, naturaleza de, 188-190, 204-205
 no paramétrico, 188-225
 interacciones en, 55
 paramétrico (véase prueba F)
 Análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman, 195-202
 comparado con otras pruebas para k muestras relacionadas, 202-203
 función, 195
 fundamento, 196-198
 método, 196-201
 ejemplo, 199-201
 muestras pequeñas, 198n.
 potencia, 201
 tabla de probabilidades asociadas, 314-315
 Análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis, 215-225
 comparado con otras pruebas para k muestras independientes, 224-244
 fundamento, 216
 método, 216, 217
 muestras grandes, 220-223
 muestras pequeñas, 217-219
 observaciones ligadas, 219-220
 asignación de rangos a, 219
 corrección por, 219-223
 efecto de, 219
 ejemplo con, 220-223
 potencia-eficiencia, 224
 tabla de probabilidades asociadas, 316-317

Anderson, R. L., 37, 53n.
 Andrews, F. C., 224
 Asch S. E., 236n., 239
 Auble, D., 155, 308n., 311n.
 Bancroft, T. A., 37, 53n.
 Barnard, G. A., 130
 Barthol, R. P., 60n.
 Bergman, G., 51
 Beta (β), definición de, 29
 (Véase también Error tipo II)
 Birnbaum, C. W., 71, 74, 165
 Blackwell, D., 28n.
 Bloques aleatorios, 190
 Bondad del ajuste, prueba binomial de la, 57-64
 prueba χ^2 de la, 64-69
 prueba de Kolmogorov-Smirnov de la, 69-74
 y el caso de una muestra, 56, 81-83
 Bowker, A. H., 91
 Brown, G. W., 143
 Buford H. J., 71n.
 Burke, C. J., 69, 137, 209
 C (véase Coeficiente de contingencia)
 Child, I. L., 139-143, 149, 150n.
 Clopper, C. J., 64
 Cochran, W. G., 68-69, 130, 137, 189, 191, 195, 209, 215, 233
 Coeficientes binomiales, tabla de, 322
 Coeficiente de concordancia de Kendall (W), 262-273
 comparado con otras medidas de asociación, 272-273
 datos ordinales, uso con, 50-51
 función, 262
 fundamento, 262-264
 interpretación de, 271-272
 método, 264-268, 270-271
 ejemplo, 265-266

- observaciones ligadas, 267-269
 asignación de rangos a, 267
 corrección por, 267-268
 efecto de, 267-268
 ejemplo con, 268
 prueba de significación, 269n.
 muestras grandes, 269-270
 aproximación de χ^2 , 269
 ejemplo, 270n.
 muestras pequeñas, 269-270
 tabla de valores críticos, 320
 Coeficiente de contingencia (C), 227-233
 comparado con otras medidas de asociación, 271-273
 datos nominales, uso con, 43-44, 51
 función, 227
 limitaciones de, 232-233
 método, 227-228
 ejemplo, 229n.
 potencia, 233n.
 prueba de significación, 229-231
 ejemplo, 231
 Coeficiente de correlación de rango de Kendall (τ) 245-255
 comparado con otras medidas de asociación, 270-273
 comparación de τ y r_s , 251n.
 en valores numéricos, 251
 en potencia, 251, 254, 255, 272-273
 en usos, 245n.
 datos ordinales, uso con, 45, 50-51
 función, 245-246
 fundamento, 246-247
 método, 247-251, 254-255
 ejemplo, 248-249
 observaciones ligadas, 250-251
 asignación de rangos a, 249
 corrección por, 250
 efecto de, 250-251
 ejemplo con, 250-251
 potencia-eficiencia, 255
 prueba de significación, 252-254
 muestras grandes, 252-253
 ejemplo, 254
 aproximación de la distribución normal, 254n.
 muestras pequeñas, 252-253
 tabla de probabilidades asociadas, 319
 Coeficiente de correlación de rango de Spearman (r_s), 233-245
 comparado con otras medidas de asociación, 271-273
 comparado con τ , 251-252
 en valores numéricos, 251-252
 en potencia, 251, 254-255, 272-273
 en usos, 245-246
 función, 233
 fundamento y derivación, 233-236
 método, 236, 244-245
 ejemplo, 236-238
 observaciones ligadas, 238
- asignación de rangos a, 237
 corrección por, 238-239
 efecto de, 238, 241
 ejemplo con, 239-242
 potencia-eficiencia, 245
 prueba de significación, 242
 muestras grandes, 244
 aproximación de la distribución t , 244
 muestras pequeñas, 242
 ejemplo, 243
 $r_{s_{adj}}$, 262-265
 tabla de valores críticos, 318
 Coeficiente de correlación momento-producto de Pearson (r), escala de intervalo, uso con datos en, 48-49, 50-51
 medida de asociación, 226-227
 potencia, comparada con r_s , 245
 comparada con τ , 255
 Coeficiente de correlación parcial de rango de Kendall (τ_{sp}), 256-262
 comparado con otras medidas de asociación, 271-272
 función, 256n.
 fundamento, 256-259
 método, 259n.
 ejemplo, 259-260
 prueba de significación, 261
 Coeficiente de variación, uso con datos en una escala de proporción, 49-50
 Coeficiente fi, 259
 Coles, M. R., 145, 147n.
 Continuidad, corrección por (véase corrección por continuidad)
 Coombs, C. H., 51, 100n.
 Corrección por continuidad, en la prueba binomial, 61-63
 en la prueba χ^2 de tabla 2×2 , 133
 en la prueba de McNemar, 87
 en la prueba de las rachas de Wald-Wolfowitz, 169-170
 en la prueba de los signos, 95-96
 Correlación múltiple momento-producto, uso con datos en escala de intervalo, 50-51
 Correlación parcial de rango, 256-261
 Cuadrados y raíces cuadradas, tabla de, 323-335
 David, F. N., 64
 Davidson, D., 51
 Decisión, estadística, teoría, 28n.
 en la inferencia estadística, 25-26, 34
 Desorden, τ como coeficiente de, 247
 Desviación estándar, uso con datos en escala de intervalo, 48-52
 Diseño de pares (véase Grupos iguales)
 Diseño de investigación, antes y después, 86-87

- correlacional, 226-227
 dos muestras independientes, 120-121
 dos muestras relacionadas, 188-190
 k muestras independientes, 204-205
 k muestras relacionadas, 188-190
 una sola muestra, 56-57
 Distribución acumulativa de frecuencias, en la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov, 69-74
 en la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 155-164
 Distribución binomial, 36, 57-59
 aproximación normal a la, 61-62
 tabla de probabilidades asociadas, 284
 uso de (véase Prueba binomial; Prueba de los signos)
 Distribución chi-cuadrada, 65n., 132n.
 aproximación a la, en la prueba Q de Cochran, 191-192
 en el análisis de varianzas de dos clasificaciones por rangos de Friedman, 197
 en el análisis de varianzas de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis, 216
 en el coeficiente de concordancia de Kendall, 269-270
 en el coeficiente de correlación parcial de rango de Kendall, 259, 261-262
 en la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 159-163
 tabla de valores críticos, 283
 (Véase también Prueba χ^2)
 Distribución muestral, 30-32
 de la media, 31-32
 definición de, 30
 identificación de, en los pasos para probar hipótesis, 25
 región de rechazo de, 33-34
 Distribución normal, aproximación a la, en la prueba binomial, 61-62
 en la prueba de aleatoriedad para dos muestras relacionadas, 116-117
 en la prueba de las rachas de una muestra, 78-80
 en la prueba de las rachas de Wald-Wolfowitz, 168-173
 en la prueba de los rangos señalados de pares igualados de Wilcoxon, 103-107
 en la prueba de los signos, 95-98
 en la prueba de significación para la τ de Kendall, 253-254
 suposición de, en el escalamiento de intervalos, 47
 en las pruebas t y F , 39
 tabla de, 281
 Distribución t , tabla de probabilidades asociadas, 282
- uso en la prueba de significación para r_s , 244
 (Véase también prueba t)
 Dixon, W. J., 37, 53n., 69, 99, 112, 137, 165, 209
 Edwards, A. L., 53n., 137, 209
 Eells, K., 44n.
 Eisenhart, C., 81, 174, 286n., 287.
 Engvall, A., 92n.
 Equivalencia de clases, en escala de intervalo, 48-51
 en escala de proporción, 49-51
 en escala nominal, 43, 50-51
 en escala ordinal, 44-45, 50-51
 Error tipo I, en una decisión, 34
 definición de, 28
 y nivel de significación, 28-30
 Error tipo II, definición de, 29
 y nivel de significación, 28-30
 y potencia de una prueba, 29-30
 y tamaño de la muestra, 28-30
 Error estándar, definición de, 33n.
 Escala clasificatoria (véase Escala nominal)
 Escala de intervalo, 47-48, 51
 definición de, 47
 ejemplos de, 47
 operaciones admisibles, 49
 propiedades formales, 48-49, 51
 punto cero, 47-49
 unidad de medida, 47
 Escala métrica ordenada, 100n.
 Escala nominal, 42-43, 51
 definición de, 42
 ejemplos de, 42-43
 propiedades formales de, 43
 pruebas y estadísticas apropiadas a, 43-44, 51
 Escala de proporción, 49-50
 definición de, 49
 ejemplo de, 49
 operaciones admisibles, 50
 propiedades formales de, 50
 punto cero en, 47-49
 Escalas de rango (véase Escala ordinal)
 Escalas parcialmente ordenadas, 44-45
 Escala ordinal, 44-47, 51
 definición de, 44
 ejemplos de, 44
 ligas, ocurrencia en, 45-47
 propiedades formales de, 44
 pruebas y estadísticas apropiadas a, 45-47, 51
 operaciones admisibles, 45-46
 Estadísticas, función, en la inferencia estadística, 25
 naturaleza de, 19
 Estimación, 19
 Extensión de la prueba de la mediana (véase Prueba de la mediana)

- Factoriales, tabla de, 321
 Fagan, J., 236n., 239, 259
 Festinger, L., 155n.
 Finney, D. J., 130, 290n., 304n.
 Fisher, R. A., 53n., 117, 127, 130, 282n., 283n.
 Fluctuaciones cíclicas y la prueba de las rachas de una muestra, 74-75
 Frecuencias, cuenta de, uso con datos nominales, 43-44, 51
 Frecuencias esperadas, en una prueba χ^2 de una muestra, 65-66
 en una prueba χ^2 de dos muestras, 131-132
 en un coeficiente de contingencia, 227-228
 pequeñas, 68, 135, 208-209
 Frenkel-Brunswik, E., 161n., 217n., 236n.
 Freund, J. E., 81
 Friedman, M., 197, 200n., 202, 272, 314n., 315n., 320n.
 Generalización de pruebas paramétricas y no paramétricas, 38-40
 Ghiselli, E. E., 170, 171n.
 Girsick, M. A., 28n.
 Goodman, L. A., 71, 74, 82, 160, 165, 187, 272, 312n.
 Gordon, J. E., 266n.
 Grados de libertad, 65-66
 Grosslight, J. H., 199n.
 Grupos igualados y análisis de varianza, 189-190
 sensibilidad de, 85
 y prueba de dos muestras, 84-86
 Hempel, C. G., 51
 Hipótesis, derivada de la teoría, 25
 errores en la prueba de, 27-33
 formulaciones operacionales de, 26
 procedimientos en la prueba de, 25-27
 pruebas de, 19-20
 (Véase también Hipótesis alterna; Hipótesis de nulidad; Hipótesis de investigación; Pruebas estadísticas)
 Hipótesis alterna (H_1), definición de, 26
 y localización de la región de rechazo, 33-34
 (Véase también Prueba de una cola; Prueba de dos colas)
 Hipótesis de investigación, definición de, 26
 formulación operacional, 26-27
 Hipótesis de nulidad (H_0), definición de, 26
 formulación de, en los pasos para probar hipótesis, 25-26
 Hollingshead, A. B., 206, 207, 229, 231
 Homoscedasticidad, definición de, 39
 suposición de, en las pruebas t y F , 39-40

- isomorfismo, 42
 modelo estadístico paramétrico, requisitos asociados con, 39-48
 niveles de, 42
 escala de intervalo, 47-49
 escala métrica ordenada, 100n.
 escala nominal, 42-44
 escala ordinal, 44-47
 escala de proporción, 49-50
 propiedades formales de las escalas, 43
 y pruebas estadísticas no paramétricas, 21-22
 Meeker, M., 44n.
 Método científico, objetividad en, 25
 Modelo estadístico, 38-40
 como criterio en la elección de la prueba estadística, 52-53
 de la prueba F , 39-40
 de la prueba t , 39-40.
 Modo, uso con datos nominales, 43-44, 50-51
 Mood, A. M., 37, 53n., 64, 99, 108, 142, 143, 154, 174, 215, 225
 Moore, G. H., 81
 Moran, P. A. P., 225, 262
 Moses, L. E., 99, 108, 117, 143, 174-181, 185
 Mosteller, F., 225
 "N inflada" en la prueba χ^2 , 66, 136, 261
 New York Post, 66n.
 Neyman, J., 130
 Nivel de significación (α), 28-30
 definición, 28
 especificación de, en los pasos para probar una hipótesis, 25
 y error tipo I, 28-30
 y región de rechazo, 33
 y teoría de la decisión estadística, 28n.
 Observaciones ligadas, efecto de la longitud de, 153
 procedimiento con y corrección de, en el coeficiente de concordancia de Kendall, 266-268
 en el coeficiente de correlación de rango de Kendall, 250-251
 en el coeficiente de correlación de rango de Spearman, 206-210
 en la prueba de Kruskal-Wallis, 219-220
 en la prueba de Moses, 180
 en la prueba de las rachas de Wald-Wolfowitz, 171-172
 en la prueba de los signos, 94-95
 en la prueba U de Mann-Whitney, 151-153
 en la prueba de Wilcoxon, 100
 y continuidad subyacente, 45-47, 150-151
 Olds, E. G., 45, 318n.
 Ordenación de censos, uso de la W de Kendall para obtener, 271-272
 Pabst, M. R., 245, 255
 Parámetros, supuestos en las pruebas paramétricas, 52-53
 definición de, 19-20
 Pearson, E. S., 64, 130
 Percentil, uso con datos ordinales, 50-51
 Pitman, E. J. G., 117, 181n., 184, 185
 Pool, I. de S., 120n.
 Potencia-Eficiencia, 40-41
 como criterio en la elección de una prueba estadística, 52
 definición de, 40-41, 54
 de pruebas no paramétricas, 54-55
 análisis de varianza de dos clasificaciones por rangos de Friedman, 201
 análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis, 224n.
 coeficiente de contingencia, 233n.
 extensión de la prueba de la mediana, 214
 prueba de aleatoriedad, para pares igualados, 117
 para dos muestras independientes, 185
 prueba binomial, 63
 prueba χ^2 , 64, 137, 209
 prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 164
 prueba de Fisher, 130
 prueba de McNemar, 90
 prueba de la mediana, 142
 prueba de Moses, 180
 prueba Q de Cochran, 195n.
 prueba de las rachas de Wald-Wolfowitz, 173-174
 prueba de los rangos señalados de pares igualados de Wilcoxon, 108
 prueba de los signos, 99
 prueba U de Mann-Whitney, 154
 prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov, 73
 prueba de Walsh, 112
 r_s de Spearman, 245, 250-251
 r de Kendall, 250-251, 256
 y tamaño de la muestra, 40-41
 Principio mínimax, 28n.
 Probabilidad asociada, definición de, 30
 y distribución muestral, 30-31
 y nivel de significación, 27
 y región de rechazo, 33
 Promedio (véase Mediana)
 Prueba de aleatoriedad, para pares igualados, 111-118
 comparada con otras pruebas para dos muestras relacionadas, 118
 función, 112-113
 fundamento, 113-114

- método, 113-114
muestras pequeñas, 114
ejemplo, 114-117
muestras grandes, 116
aproximación de la distribución normal, 116-117
prueba de Wilcoxon como alternativa, 116
potencia-eficiencia, 117
para dos muestras independientes, 181-183
comparado con otras pruebas para dos muestras independientes, 185
Prueba de aleatoriedad para dos muestras independientes, 181-182
función, 181
fundamento, 181-185
método, 181-183
muestras grandes, 184-185
aproximación de la distribución t , 184-185
la prueba de Mann-Whitney como alternativa, 185
muestras pequeñas, 181-183
potencia-eficiencia, 185
Prueba bilateral, y naturaleza de H_1 , 26
potencia de, 30
región de rechazo de, 33-34
Prueba binomial, 57-64
comparada con otras pruebas de una muestra, 81-82
función y fundamento, 57
método, 58-59
para muestras grandes, 61-63
corrección por continuidad, 61-62
aproximación de la distribución normal, 61
pruebas de una y dos colas, 62
para muestras pequeñas, 59-61
ejemplo, 35-37, 60-63
prueba de dos colas, 60
prueba de una cola, 59-61
potencia-eficiencia, 63
tabla de probabilidades asociadas, 284
Prueba χ^2 coeficiente de contingencia, uso en la prueba de significación, 227-232
"N inflada" en, 65, 135-136, 260-261
para k muestras independientes, 205-207
comparada con otras pruebas para k muestras independientes, 225
función, 205
método, 205
ejemplo, 206-208
hipótesis de orden, prueba de, 209
potencia, 209
requerimientos para el uso, 209
frecuencias esperadas pequeñas, 208-210
- (Véase también Prueba de la mediana, extensión de)
Prueba χ^2 , datos nominales, uso con, 44
para dos muestras independientes, 130-137
comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186, función, 130
hipótesis de orden, prueba de, 136-137
método, 130-136
frecuencias esperadas, 131-133, 135
grados de libertad, 132
tablas de contingencia 2×2 , 133
corrección por continuidad en, 133-134
como prueba de la mediana, 138-139
potencia, 137
comparada con la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 164-165
requerimientos para su uso, 136
prueba de una muestra, 64-68
comparada con otras pruebas de una muestra, 81-82
función, 64
hipótesis de orden, prueba de, 67n., 68-69
método, 64-69
ejemplo, 66-68
frecuencias esperadas pequeñas, 68
grados de libertad, 65-66
potencia, 69
comparada con la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov, 73
tabla de valores críticos, 28
Prueba estadística, 27-28
elección de, potencia-eficiencia como criterio en, 52
en los pasos para probar hipótesis, 25-26, 38, 55
potencia de (véase Potencia de una prueba estadística)
suposiciones básicas, 38-41
Pruebas estadísticas de distribución libre, 21-22
(Véase también Pruebas estadísticas no paramétricas)
Pruebas estadísticas no paramétricas, suposiciones básicas, 45-46, 52-54
en la ciencia de conducta, 52-53
conclusiones de, generalidad de, 21-22
escala de intervalo, uso con datos en, 48-49
requerimientos de medición, 21-22, 51, 54
pruebas estadísticas paramétricas, comparación con, 50-55
(Véase también Contenidos de la lista para pruebas no paramétricas)

- Pruebas estadísticas paramétricas, 20-22
escala de intervalo, uso con datos en, 48-49
escala ordinal, uso con datos en, 44-49
escala de proporción, uso con datos en, 50
continuidad de base, suposición de, 45-46
modelo estadístico, 39-40
pruebas estadísticas no paramétricas, comparación con, 50-55
requisitos de medición, 39-41, 50-51
para varios diseños de investigación, correlacional, 226-227
 k muestras independientes, 204
 k muestras relacionadas, 188-190
dos muestras independientes, 121
dos muestras relacionadas, 84-85
una muestra, 56-57
Prueba F , escala de intervalo, uso con datos en, 49
para k muestras independientes, 204
para k muestras relacionadas, 188
procedimiento de Tukey, 188
potencia, comparada con el análisis de varianzas de dos clasificaciones de Friedman, 201
Prueba H (véase análisis de varianzas de una clasificación por rangos Kruskal-Wallis)
Prueba de Kolmogorov-Smirnov, para una muestra, 69-74
comparada con otras pruebas de una muestra, 81-83
distribución de frecuencia acumulativa en, 69-74
función y fundamento, 69-70
método, 70-71
ejemplo, 71-73
prueba de dos colas, 70
prueba de una cola, 71
potencia, 71
comparada con la prueba χ^2 , 73
tabla de valores críticos, 285
cuando los valores del parámetro son estimados de la muestra, 82
para dos muestras, 155-164
comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186-187
distribución de frecuencia acumulativa en, 155-164
función, 155
fundamento, 155-156
método, 156-164
muestras grandes, 159-163
prueba de dos colas, 159
prueba de una cola, 160
muestras pequeñas, 157-158
ejemplo, 157-159
- potencia-eficiencia, 164-165
tablas para, 312-313
Prueba de la mediana, extensión de, para k muestras independientes, 210-214
comparada con otras pruebas para k muestras independientes, 224-225
función, 210
método, 210-215
ejemplo, 211-215
potencia-eficiencia, 214
comparada con la prueba de Kruskal-Wallis, 224-225
para dos muestras independientes, 137-143
comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186-187
función, 137
fundamento, 138
método, 138-142
ejemplo, 139-142
potencia, comparada con la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 164
comparada con la prueba U de Mann-Whitney, 150
potencia-eficiencia, 142-143
Prueba de Moses de reacciones extremas, 174-180
comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186-187
función y fundamento, 174-176
método, 176-179
ejemplo, 177-179
observaciones ligadas, 180
efecto de, 180
procedimiento con, 180
potencia, 180
rango en, 175-176
Pruebas de orden, 27-23
uso con datos ordinales, 45-46
Pruebas paramétricas y no normalidad, 40, 154
Prueba de probabilidades exactas de Fisher, 121-130
comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186
función, 121
método, 122-127
probabilidad asociada a los datos, 123-126
ejemplo, 126-127
modificación de Tocher, 127
probabilidad exacta de los datos, 123-125
potencia, 130
prueba χ^2 , uso de la prueba de Fisher como alternativa, 136-137
como prueba de la mediana, 139
tabla de valores críticos, 290-304
Prueba Q de Cochran, 190-195

- comparada con otras pruebas para k muestras relacionadas, 202-203
 función, 190-191
 método, 191-195
 ejemplo, 192-194
 potencia y potencia-eficiencia, 195
 Prueba de las rachas, k muestras, 225
 dos muestras (Wald-Wolfowitz), 165-171
 comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186
 función, 165
 fundamento, 165-171
 método, 165-167
 muestras grandes, 169-171
 corrección por continuidad, 169
 ejemplo, 170-171
 aproximación de la distribución normal, 169
 muestras pequeñas, 167-168
 ejemplo, 167
 observaciones ligadas, 172
 efecto de, 172
 procedimiento con, 172-173
 potencia, comparada con la prueba U de Mann-Whitney, 173-174
 potencia-eficiencia, 173
 una muestra, 74-80
 comparada con otras pruebas de una muestra, 83
 función y fundamento, 74-76
 método, 76-81
 muestras grandes, 78-80
 ejemplo, 79
 aproximación de la distribución normal, 79
 muestras pequeñas, 76
 ejemplo, 77-78
 potencia-eficiencia, 81
 Prueba de valores críticos, 286-287
 Pruebas de rango, 21-23
 uso con datos ordinales, 45-46
 Prueba de los rangos señalados de pares igualados de Wilcoxon, 99-106
 comparada con otras pruebas para dos muestras relacionadas, 118-119
 función, 99
 fundamento, 100
 método, 100-106
 muestras grandes, 103-106
 ejemplo, 104
 aproximación de la distribución normal, 103-104
 muestras pequeñas, 101-103
 ejemplo, 101-102
 observaciones ligadas, 100
 asignación de rangos a 99-101
 efecto de, 101
 procedimiento con, 99-101
 potencia-eficiencia, 108
 como prueba de aleatoriedad en rangos, 116
- prueba de los signos, relación a, 102-104
 prueba de los signos, relación a, 102-104
 tabla de valores críticos, 288
 Prueba de significación (*véase* Prueba estadística)
 Prueba de la significación de los cam-bios de McNemar, 86-91
 comparada con otras pruebas para dos muestras relacionadas, 118
 función, 86
 fundamento, 86-90
 método, 86
 corrección por continuidad, 87
 ejemplo, 88
 frecuencias esperadas pequeñas, 90
 prueba de dos colas, 90
 prueba binomial, relación a, 88n, 89-91
 prueba de una cola, 90
 potencia-eficiencia, 90-99
 prueba de los signos, relación con, 97-98
 Prueba de los signos, 91-99
 comparada con otras pruebas para dos muestras relacionadas 118-119
 función, 91
 método, 91-99
 muestras grandes, 95-98
 aproximación de la distribución normal, 96
 corrección por continuidad, 96
 ejemplo, 96
 muestras pequeñas, 92-94
 ejemplo, 92
 observaciones ligadas, procedimiento con, 94
 potencia, comparada con la prueba de Wilcoxon, 102
 potencia-eficiencia, 99
 Prueba t , el caso de una muestra, 56
 para dos muestras independientes, 121
 para dos muestras relacionadas, 85
 escala de intervalo, uso con datos en, 48-49
 como prueba no paramétrica, 183-185
 suposiciones básicas, 39-40
 tabla de valores críticos, 282
 Prueba U de Mann-Whitney, 143-154
 comparada con otras pruebas para dos muestras independientes, 186
 función, 143
 método, 143-154
 cálculo de U , 147-148
 método de conteo, 143-144
 U' , 143-144, 148-149
 muestras grandes, 148-150
 aproximación de la distribución normal, 148
 ejemplo, 149

- muestras pequeñas, 144-146
 $n_1, n_2 < 8$, 144-146
 n_1 entre 9 y 20, 147
 observaciones ligadas, 151-153
 asignación de rangos a, 151-153
 corrección por, 151-152
 efecto de, 151-152
 ejemplo con, 151
 potencia, comparada con la prueba de dos muestras de Kolmogorov-Smirnov, 164
 comparada con la prueba de la mediana, 150
 comparada con la prueba de Moses, 175-176, 180
 comparada con la prueba de las rachas de Wald-Wolfowitz, 173-174
 potencia-eficiencia, 154, 184-185
 como prueba de aleatoriedad en rangos, 184-185
 tabla para, 305-311
 Prueba de Walsh, 108-112
 comparada con otras pruebas para dos muestras relacionadas, 118
 método, 108-112
 ejemplo, 110
 potencia-eficiencia, 112
 tabla de valores críticos, 289
 punto cero, en una escala de intervalo, 47-49
 en una escala de proporción, 49
- r (*véase* Coeficiente de correlación momento-producto de Pearson)
 r (*véase* Coeficiente de correlación de rango de Spearman)
 Racha, definición de, 74, 166
 Radlow, R., 199n.
 Rango de la prueba de Moses, 174-176
 Reacciones extremas, prueba de (*véase* Prueba de Moses de reacciones extremas)
 Reflexiva, definición, 43n.
 Región de rechazo, 33-34
 definición de, 33-34
 especificación de, en los pasos para probar hipótesis, 25-26
 ilustración de, 34 (Fig.)
 tamaño y nivel de significación, 33-34
 ubicación de, e hipótesis alterna, 33
 Rho (*véase* Coeficiente de correlación de rango de Spearman)
- Sanford, R. N., 161n., 217n., 236n.
 Savage, L. J., 28n.
 Scheffé, H., 117, 185
 Schuller, G. K., 126n.
 Siegel, A. E., 77n., 167n., 236n.
 Siegel, S., 51, 100n., 104n., 160n., 163n., 236n., 239, 259
 Simetría, definición de, 43n.
- Smirnov, N. V., 157, 165, 313n.
 (*Véase también* Prueba de Kolmogorov-Smirnov)
 Smith, K., 174, 185
 Snedecor, G. W., 53n., 220n.
 Solomon, R. I., 145, 147n.
 Sorenson, H., 323n-335n.
 Spence, K. W., 51
 Stevens, S. S., 51
 Stevens, W. L., 167, 174
 Stolz, I. M., 92n.
 Suppes, P., 51
 Supuestos, aditividad, 161-163
 como calificadores de las conclusiones de la investigación, 39
 como condiciones del modelo estadístico, 38-40
 y distribución muestral, 31-32
 en medición, 47-48
 de las pruebas estadísticas paramétricas, 20-22, 39-40, 45-46, 50-51
 (*Véase también* Modelo estadístico)
 Swed, F. S., 81, 174, 286n., 287n.
- t de Student (*véase* Distribución t ; prueba t)
 Tamaño de la muestra (N), especificación de, en los pasos para probar hipótesis, 5-26
 y potencia, 28-30
 y potencia-eficiencia, 40-41
 tau (*véase* Coeficiente de correlación de rango de Kendall)
 Teorema del límite central, 32
 Tetsman, E., 177n.
 Tingey, F. H., 71, 74
 Tocher, K. D., 127, 130
 Transitiva, definición de, 43-45
 Transformación, lineal, en escala de intervalo, 48-49
 monotónica, en escala ordinal, 44-45
 multiplicación por una constante positiva, en una escala de proporción, 49-50
 uno a uno, en una escala nominal, 43-44
 Tukey, J. W., 189, 225
- Valor "significativo" de una estadística, 33-34
 Variable continua, y puntajes ligados, 45-47
 supuesto en pruebas estadísticas, 45-46
 Variable discreta, 45
- W (*véase* Coeficiente de concordancia de Kendall)
 Wald, A., 28n.
 Walker, H. M., 53n., 137, 209, 284n.

- Wallis, W. A., 81, 220, 220n., 224, 317n.
 (Véase también Análisis de Varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis)
 Walsh, J. E., 99, 112, 289n.
 Walter, W. L., 45n., 71n.
 Warner, W. L., 45n., 71n.
 Welch, B. L., 117, 185
 White, C., 155
 Whiting, J. W. M., 139, 149, 150n.

- Whitney, D. R., 148, 154, 155, 185, 305n., 307n.
 (Véase Prueba U de Mann-Whitney)
 Wilcoxon, F., 108, 155, 288n.
 Willemann, B., 272
 Wilson, K. V., 55n.
 Wolfowitz, J., (véase Prueba de las rachas)
 Yates, F., 87, 282n., 283n.

OBRAS AFINES

Diseños experimentales

E. G. Cochran y G. M. Cox

El conocimiento de la metodología estadística es un arma imprescindible para la obtención, análisis e interpretación de todos los datos que proceden de las observaciones sistemáticas.

Diseños experimentales es una obra clásica que refleja las modernas tendencias hacia una mayor profundidad y entendimiento de los diseños experimentales.

Es un manual de trabajo para investigadores y estudiantes de todas las ramas de la ciencia. En él se presentan los planes de todos los tipos útiles de diseños experimentales y se señala la clase de trabajo apropiado para cada diseño, dando ejemplos de su uso práctico.

Manual práctico de estadística avanzada

Aplicaciones a las ciencias de la conducta y a las ciencias médicas

K. Hope

Un libro de trabajo que sirve como introducción a los métodos estadísticos modernos. No exige el conocimiento del campo sobre la parte de los libros de texto que anteceden a este nivel. Se ha verificado que quienes estudian esta obra están capacitados para entender el diseño de cualquier investigación que pretendan realizar.

En ella se exponen sólo métodos paramétricos, esto es, se hacen suposiciones restrictivas acerca de la naturaleza de los datos por analizarse.

A través de la lectura de esta obra, el lector adquiere habilidad y conocimiento teórico a la vez. Su orden de presentación está determinado por consideraciones educativas.

El texto se complementa con variados problemas que ilustran cada uno de los pasos en los procedimientos que analizan.