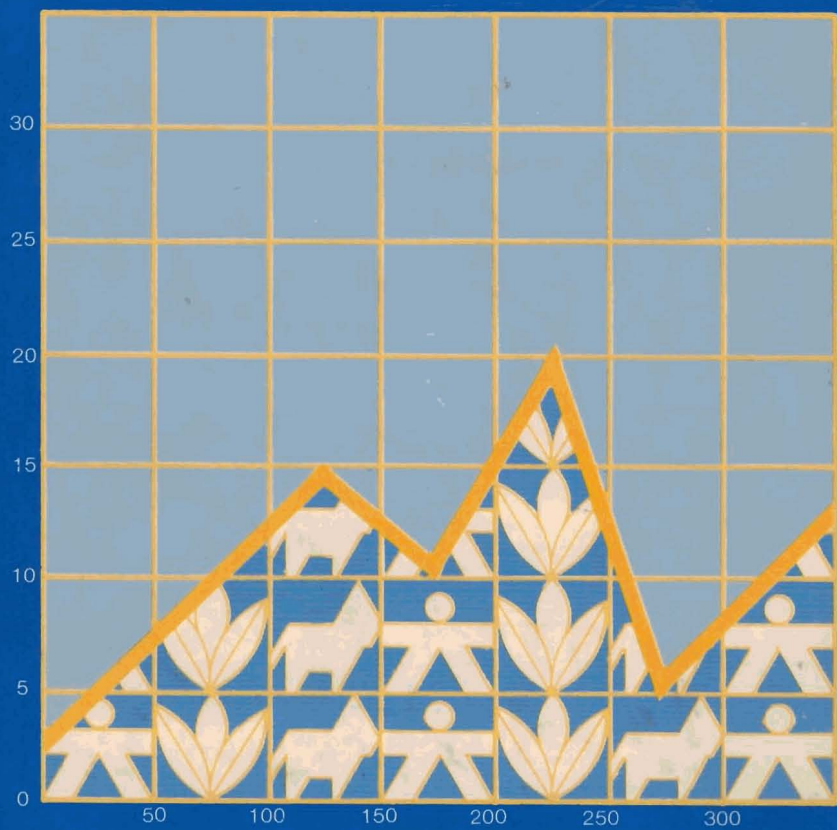


DIRECCION GENERAL
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES

BIO

ESTADISTICA

PRINCIPIOS Y PROCEDIMIENTOS
SEGUNDA EDICION
(Primera en Español)



STEEL / TORRIE

BIOESTADISTICA: PRINCIPIOS Y PROCEDIMIENTOS

segunda edición
(primera en español)

Robert G. D. Steel
Profesor de Estadística
North Carolina State University

James H. Torrie
Profesor Emérito de Agronomía
University of Wisconsin

Traducción

Ricardo Martínez B.
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia

Revisión

Jesús María Castaño
Profesor de Matemáticas

McGRAW-HILL

Bogotá, Buenos Aires, Guatemala, Lisboa, Madrid, México, Nueva York,
Panamá, San Juan, Santiago, Sao Paulo

Auckland, Hamburgo, Johannesburgo, Londres, Montreal, Nueva Delhi, París,
San Francisco, San Luis, Sidney, Singapur, Tokio, Toronto

1518
7-1-87
31
129

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS (D.R.)
Copyright © 1985, por EDITORIAL McGRAW-HILL
LATINOAMERICANA, S. A.
Apartado 81078
Bogotá - Colombia

Ni este libro ni parte de él pueden ser reproducidos o transmitidos de alguna forma o por algún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o grabación o por cualquier otro sistema de memoria o archivo, sin el permiso escrito del editor.

Traducido de la segunda edición de
PRINCIPLES AND PROCEDURES OF STATISTICS
A Biometrial Approach
Copyright © 1980 por McGraw-Hill Inc.
ISBN 0-07-060926-8

0987654321

8976432105

ISBN 968-451-495-6

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

Esta obra se terminó en septiembre de 1985
en Editorial Presencia Ltda
Calle 23 No. 24-20
se imprimieron 5.000 ejemplares

CONTENIDO

Prefacio

Símbolos escogidos

Capítulo 1	Introducción	1
1.1	Definición de la estadística	1
1.2	Breve historia de la estadística	2
1.3	La estadística y el método científico	4
1.4	El estudio de la estadística	5
Capítulo 2	Observaciones	7
2.1	Introducción	7
2.2	Variables	7
2.3	Distribuciones	8
2.4	Poblaciones y muestras	9
2.5	Muestras aleatorias: Recolección de datos	10
2.6	Presentación, resumen y caracterización de la información	12
2.7	Medidas de tendencia central	15
2.8	Medidas de dispersión	19
2.9	Desviación estándar de las medias	24
2.10	Coefficiente de variabilidad o de variación	25
2.11	Ejemplo	26
2.12	Modelo lineal aditivo	27
2.13	Ejemplo	28
2.14	El uso de codificación en el cálculo de estadígrafos	30
2.15	La tabla de frecuencia	32
2.16	Ejemplo	33

viii CONTENIDO

2.17	Cálculo de la media y la desviación estándar con una tabla de frecuencia	34
2.18	Presentación gráfica de la tabla de frecuencia	35
2.19	Dígitos significativos	35
Capítulo 3	Probabilidad	37
3.1	Introducción	37
3.2	Algunos elementos de probabilidad	37
3.3	La distribución binomial	40
3.4	Funciones de probabilidad para variables continuas	44
3.5	La distribución normal	46
3.6	Probabilidades de una distribución normal. Uso de una tabla de probabilidades	48
3.7	La distribución normal con media μ y varianza σ^2	53
3.8	Distribución de medias	55
3.9	Distribución χ^2	56
3.10	Distribución t de Student	58
3.11	Estimación e inferencia	59
3.12	Predicción de resultados de muestras	63
Capítulo 4	Muestreo de una población normal	65
4.1	Introducción	65
4.2	Una población con distribución normal	65
4.3	Muestras aleatorias de una distribución normal	68
4.4	Distribución de medias muestrales	68
4.5	Distribución de varianzas y muestrales y desviaciones estándar	71
4.6	Inesgamiento de s^2	72
4.7	Desviación estándar de la media o error estándar	72
4.8	La distribución t de Student	73
4.9	El enunciado de confianza	75
4.10	Muestreo de diferencias	76
4.11	Resumen sobre muestreo	80
Capítulo 5	Comparaciones entre dos medias muestrales	83
5.1	Introducción	83
5.2	Pruebas de significancia	83
5.3	Prueba de hipótesis de que una media poblacional es un valor dado	88
5.4	Pruebas de dos o más medias	91
5.5	Comparación de dos medias muestrales, muestras independientes y varianzas iguales	93
5.6	Modelo lineal aditivo	97
5.7	Comparación de medias muestrales; observaciones pareadas de importancia	98
5.8	El modelo lineal aditivo para comparaciones pareadas	101
5.9	Muestras independientes y varianzas desiguales	102
5.10	La media y la varianza de una función lineal	103

5.11	Prueba de hipótesis de igualdad de varianzas	108
5.12	Poder, tamaño de la muestra y determinación de diferencias	109
5.13	Muestras bietápicas de Stein	116
Capítulo 6	Principios de diseño experimental	118
6.1	Introducción	118
6.2	¿Qué es un experimento?	118
6.3	Objetivos de un experimento	119
6.4	Unidad experimental y tratamiento	120
6.5	Error experimental	121
6.6	Repeticiones y sus funciones	122
6.7	Factores que afectan el número de repeticiones	123
6.8	Precisión relativa de diseños con pocos tratamientos	125
6.9	Control del error	125
6.10	Elección de los tratamientos	128
6.11	Refinamiento de la técnica	128
6.12	Aleatorización	129
6.13	Inferencia estadística	130
Capítulo 7	Análisis de la varianza I: Clasificación de una vía	132
7.1	Introducción	132
7.2	El diseño completamente aleatorio	132
7.3	Datos con un solo criterio de clasificación: El análisis de la varianza para cualquier número de grupos con igual número de repeticiones	134
7.4	Datos con un solo criterio de clasificación: El análisis de la varianza para cualquier número de grupos con número desigual de repeticiones	140
7.5	El modelo lineal aditivo	144
7.6	Análisis de la varianza con submuestras: Número igual de submuestras	148
7.7	Modelo lineal para submuestreo	154
7.8	Análisis de la varianza con submuestras: Desigual número de submuestras	156
7.9	Componentes de la varianza en experimentos planeados con submuestras	159
7.10	Supuestos en que se fundamenta el análisis de la varianza	162
Capítulo 8	Comparaciones múltiples	166
8.1	Introducción	166
8.2	La diferencia mínima significativa	167
8.3	Comparaciones	171
8.4	Prueba de efectos sugeridos por los datos	175
8.5	Prueba de Scheffé	177
8.6	Procedimiento w de Tukey	179

x CONTENIDO

8.7	Prueba de Student-Newman-Keuls o S-N-K	180
8.8	Nueva prueba de amplitud múltiple de Duncan	181
8.9	Comparación de todas las medias con un control	182
8.10	Prueba de t de razón k bayesiana de Waller-Duncan	184
8.11	Pruebas de medias con número desigual de repeticiones	185
Capítulo 9	Análisis de la varianza II: clasificaciones múltiples.	188
9.1	Introducción	188
9.2	El diseño de bloque completo al azar	188
9.3	Análisis de la varianza para cualquier número de tratamientos; diseño de bloque completo al azar	190
9.4	La naturaleza del término de error	195
9.5	Partición del error experimental	198
9.6	Datos faltantes	202
9.7	Estimación de la ganancia en eficiencia	207
9.8	El diseño de bloques completos al azar: más de una observación por tratamiento por bloque	208
9.9	Modelos lineales y el análisis de la varianza	211
9.10	Agrupamiento doble: cuadrados latinos	213
9.11	Análisis de la varianza del cuadrado latino	215
9.12	Parcelas faltantes en el cuadrado latino	219
9.13	Estimación de la ganancia en eficiencia	221
9.14	El modelo lineal para el cuadrado latino	223
9.15	El tamaño de un experimento	224
9.16	Transformaciones	226
Capítulo 10	Regresión lineal	231
10.1	Introducción	231
10.2	La regresión lineal de Y con respecto a X	231
10.3	El modelo y la ecuación de regresión lineal	236
10.4	Fuentes de variación en la línea de regresión lineal	240
10.5	Valores de regresión y valores ajustados	242
10.6	Desviaciones estándar, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis	244
10.7	Control de la variación por observaciones concomitantes	248
10.8	Diferencia entre dos regresiones independientes	250
10.9	Una predicción y su varianza	253
10.10	Predicción de X , modelo I	256
10.11	Distribuciones bivariantes, modelo II	256
10.12	Regresión a través del origen	258
10.13	Análisis de regresión ponderada	261
Capítulo 11	Correlación lineal	263
11.1	Introducción	263
11.2	La correlación y el coeficiente de correlación	263
11.3	Correlación y regresión	268

11.4	Distribuciones muestrales, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis	269
11.5	Homogeneidad de los coeficientes de correlación	271
11.6	Correlación intraclases	273
Capítulo 12	Notación matricial	276
12.1	Introducción	276
12.2	Matrices	277
12.3	Operaciones con matrices	278
12.4	Inversas, dependencia lineal, y rango	283
Capítulo 13	Regresión lineal en notación matricial	288
13.1	Introducción	288
13.2	El modelo y la estimación de mínimos cuadrados	288
13.3	El análisis de la varianza	292
13.4	Desviaciones estándar, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis	294
13.5	Estimación y predicción	296
13.6	Variables indicadoras o binarias	298
Capítulo 14	Regresión y correlación múltiple y parcial	303
14.1	Introducción	303
14.2	La ecuación lineal y su interpretación en más de dos dimensiones	304
14.3	Regresión lineal parcial, total y múltiple	306
14.4	La ecuación muestral de regresión lineal múltiple	308
14.5	Regresión lineal múltiple; dos variables independientes	309
14.6	Correlación parcial y múltiple	316
14.7	Regresión lineal múltiple; resultados impresos para k variables independientes	320
14.8	Miscelánea	324
14.9	Coefficientes de regresión parcial estándar	325
Capítulo 15	Análisis de la varianza III: experimentos factoriales	328
15.1	Introducción	328
15.2	Experimentos factoriales	328
15.3	El experimento factorial 2×2 : un ejemplo	334
15.4	Factorial $3 \times 3 \times 2$ ó $3^2 \times 2$: un ejemplo	340
15.5	Modelos lineales para experimentos factoriales	346
15.6	Clasificaciones de n vías y experimentos factoriales; superficies de respuesta	352
15.7	Grados de libertad individuales; tratamientos igualmente espaciados	354
15.8	Un solo grado de libertad para no aditividad	363

Capítulo 16	Análisis de la varianza IV: diseño y análisis de parcelas divididas	368
16.1	Introducción	368
16.2	Diseños de parcelas divididas	368
16.3	Un ejemplo de parcelas divididas	374
16.4	Datos faltantes en diseños de parcelas divididas	379
16.5	Diseño de bloques divididos	381
16.6	Modelos de parcelas y de bloques divididos	384
16.7	Parcelas divididas en espacio y tiempo	384
16.8	Series de experimentos semejantes	386
Capítulo 17	Análisis de la covarianza	392
17.1	Introducción	392
17.2	Usos del análisis de la covarianza	392
17.3	El modelo y los supuestos para la covarianza	396
17.4	Prueba de medias de tratamientos ajustadas	398
17.5	La covarianza en el diseño de bloques completos al azar	401
17.6	Ajuste de las medias de tratamiento	406
17.7	Aumento de precisión debido a la covarianza	408
17.8	Partición de la covarianza	409
17.9	Homogeneidad de coeficientes de regresión	412
17.10	La varianza cuando se particiona la suma de cuadrados de tratamiento	413
17.11	Estimación de observaciones faltantes mediante la covarianza	417
17.12	Covarianza con dos variables independientes	418
17.13	Cálculos de alta velocidad y salidas de computador	424
Capítulo 18	Análisis de la varianza V: número desigual de subclases	428
18.1	Introducción	428
18.2	Observaciones múltiples dentro de subclases	428
18.3	Análisis de un número proporcionado de subclases	429
18.4	Análisis de un número no proporcionado de subclases	432
18.5	Otras técnicas analíticas	440
Capítulo 19	Ajuste de curvas	442
19.1	Introducción	442
19.2	Regresión no lineal	442
19.3	Curvas logarítmicas o exponenciales	444
19.4	El polinomio de segundo grado	450
19.5	Polinomios ortogonales	451
Capítulo 20	Algunos usos del Ji-cuadrado	458
20.1	Introducción	458
20.2	Intervalos de confianza para σ^2	458

20.3	Homogeneidad de la varianza	460
20.4	Bondad de ajuste para distribuciones continuas	461
20.5	Combinaciones de probabilidades de pruebas de significancia	464
Capítulo 21	Datos enumerativos I: clasificaciones de una vía	466
21.1	Introducción	466
21.2	El criterio de prueba χ^2	466
21.3	Tablas de dos celdas, límites de confianza para una proporción o porcentaje	467
21.4	Tablas de dos celdas, pruebas de hipótesis	471
21.5	Pruebas de hipótesis para un conjunto limitado de alternativas	474
21.6	Tamaño de la muestra	478
21.7	Tablas de una vía con n celdas	480
Capítulo 22	Datos enumerativos II: tablas de contingencia	482
22.1	Introducción	482
22.2	El modelo de muestreo aleatorio	482
22.3	El modelo de muestreo aleatorio estratificado	486
22.4	Tabla cuádruple o de 2×2	489
22.5	"Prueba exacta" de Fisher	491
22.6	Muestras no independientes en tablas 2×2	493
22.7	Homogeneidad de muestras de dos celdas	495
22.8	Aditividad de χ^2	497
22.9	Más sobre la aditividad de χ^2	498
22.10	Regresión lineal, tablas $r \times 2$	501
22.11	Tamaño de la muestra en tablas 2×2	503
22.12	Clasificación de n vías	504
Capítulo 23	Algunas distribuciones discretas	508
23.1	Introducción	508
23.2	La distribución hipergeométrica	508
23.3	La distribución binomial	510
23.4	Ajuste de una distribución binomial	510
23.5	Transformación para la distribución binomial	514
23.6	La distribución de Poisson	515
23.7	Otras pruebas con distribuciones de Poisson	517
Capítulo 24	Estadística no paramétrica	520
24.1	Introducción	520
24.2	Prueba χ^2 de bondad de ajuste	521
24.3	Prueba de Kolmogorov-Smirnov con una muestra	522
24.4	La prueba de signos	524
24.5	Prueba de rangos signados de Wilcoxon	526
24.6	Prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras	527

xiv CONTENIDO

24.7	Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney con dos muestras	528
24.8	Prueba de la mediana	530
24.9	Prueba de Kruskal-Wallis con k muestras	530
24.10	Prueba de la mediana para k muestras	532
24.11	Prueba de Friedman para la clasificación de dos vías	532
24.12	Una prueba de la mediana para la clasificación de dos vías	534
24.13	Desigualdad de Chebyshev	534
24.14	Coefficiente de correlación de rangos de Spearman	536
24.15	Prueba de asociación del cuadrante de Olmstead-Tukey	537
24.16	Prueba de aleatorización para regresión	539
Capítulo 25	Muestreo de poblaciones finitas	541
25.1	Introducción	541
25.2	Organización del estudio	542
25.3	Muestreo probabilístico	543
25.4	Muestreo aleatorio simple	544
25.5	Muestreo estratificado	547
25.6	Asignación óptima	550
25.7	Muestreo multietápico o por conglomerados	553
	Apéndice	559
	Tablas	559
	Índice	613

- Abscisa, 232
- Aditividad:
- con transformaciones, 226
 - de efectos e interacciones principales, 332-334
 - de ji cuadrado (χ^2), 498-501
 - de efectos, 162, 164
 - de sumas de cuadrados, 136, 196
- Agrupación:
- doble (*ver* Cuadrado latino)
 - efecto de, 34
- Ajuste:
- de continuidad (*ver* Corrección de continuidad)
 - de la media, 22, 135
 - de medias de tratamientos, 393-394, 406, 422
 - prueba de, 398-400, 404-406, 422-423
- Aleatoriedad, 9-10, 539
- Aleatorización: 129-130, 132-133, 163, 189-190
- en dos etapas, 369
 - para el cuadrado latino, 215
 - para el diseño de bloques, 132-133
 - completamente aleatorio, 132-133, 189-190
 - prueba de, 539
- Amplitud, 23
- mínima significativa, 181
 - múltiple, 180
 - studentizada, 179, 181
- Análisis con un número proporcionado de subclases, 429; 432-439, 441
- Análisis de covarianza, 392
- aumento de precisión mediante el, 408
 - ecuación del modelo, 396-398
 - estimaciones de parámetros, 397-398
 - múltiple, 418
 - para factoriales, 413-415, 420-422
 - para bloques aleatorizados, 391, 395
 - supuestos, 396-398
 - usos, 392
- Análisis de varianza: 134, 495-499
- para bloques aleatorizados, 190-193
 - con muestreo, 148-154, 156-159
 - para el cuadrado latino, 215-218
 - para bloques divididos, 381-383
 - para parcelas divididas, 374-376
 - en espacio y tiempo, 384-386
 - para un diseño completamente aleatorio, 134, 138
 - con muestreo, 208-210
 - con número desigual de repeticiones, 140-141
 - ponderado, 498
 - supuestos, 162-164
- Análisis probit, 239
- Argumento, 231
- Asignación:
- óptima, 161, 550-552
 - proporcional, 550
- Banda de confianza, 246-247
- Base por observación, 136-137, 152, 171, 185, 201, 514

Bloques:

- completos, 126, 127, 190-191, 193
- divididos, 381
- incompletos, 127, 369
- variación entre, 193

Captura-recaptura, 509-510**Clasificación:**

- anidada (*ver también* Diseño anidado)
- de dos vías, 189
- de una vía (*ver* Diseño completamente aleatorio)
- jerárquica, 150, 154
- (*ver también* Diseño anidado)

Codificación:

- en la tabla de frecuencias, 32-34
- (*ver también* Polinomios ortogonales)

Coefficiente:

- de alienación, 267
- de confianza, 62, 65
- de contingencia, 480
- de correlación (*ver* Coeficiente de correlación)
- de determinación, 258, 267
- múltiple, 319
- de indeterminación, 267
- de regresión, 233, 245-246, 258
- de variabilidad, 25-27, 30, 154
- de variación, 25-26, 30, 154, 376

Coefficiente de correlación, 263-267, 409, 410

- distribución del, 269-271
- homogeneidad del, 271-273
- intervalo de confianza para el, 269-270
- momento-producto, 263
- múltiple, 307, 316, 318
- parcial, 307, 316, 317
- prueba del, 269-271
- sesgo en el, 272-273
- (*ver también* Correlación)

Coefficiente(s) de regresión, 233, 245-246, 258, 324

- de tratamiento contra error, 409-410
- diferencia entre, 250
- estándar, 225-226
- homogeneidad del, 412
- para polinomios ortogonales, 362
- parcial, 307, 313, 398

Cofactor, 286, 317, 318**Comparaciones:**

- independientes, 499-501
- múltiples, 168
- no planeadas, 167-169, 177, 427
- planeadas, 167-169, 171, 178-180, 334
- pareadas, 169, 179, 185-186
- significantes, 168-169, 333-334

(*ver también* Contrastes)

Complemento, 41

- Componentes de la varianza, 159-161
- (*ver también* Valor esperado de cuadrados medios)

Conformes:

- para la adición, 279
- para la multiplicación, 280

Conjunto exhaustivo de resultados (eventos), 38**Contrastes, 174**

- con media, repetida de manera desigual, 185
- de datos, 433
- no ortogonales, 174, 433
- ortogonales (*ver* Polinomios ortogonales)

Control del error (*ver también* Error experimental)**Corrección de continuidad:**

- con prueba de signos, 526-527
- en tablas de dos celdas, 472
- en tablas de 2×2 , 489, 491

Corrección de población finita, 546, 550**Correlación, 263-264, 268-269**

- de interclases, 274
- de intraclases, 273, 275
- de rangos de Spearman, 536-537
- lineal, 263
- momento-producto, 274
- múltiple, 304, 307
- parcial, 303, 307
- simple, 303, 307
- total, 303, 307
- (*ver también* Coeficiente de correlación)

Costo:

- en el muestreo, 550-551
- en la planeación de experimentos, 159-160

Covarianza, 106-108, 234

- entre b_0 y b_1 , 294
- entre los coeficientes de regresión parcial, 313
- entre Y y b , 246
- (*ver también* Análisis de covarianza)

cpf (corrección de población finita), 546, 550**Criterio de la prueba de Ji cuadrado, 458, 466, 483**

- aditividad del, 498-499
- ajustado (*ver* Corrección por continuidad)
- bondad del ajuste (*ver* Prueba de bondad del ajuste)
- con muestras dependientes, 497
- distribución de Poisson, 517-518
- muestras independientes, 483, 485
- para la regresión lineal en tablas de $r \times r$, 501-503
- tablas de contingencia, 482-486
- tablas de dos celdas, 470-471
- tablas de 2×2 , 493-495

- tablas de $2 \times 2 \times 2$, 504-506
- tablas de una vía, 480
- Criterio de prueba (*ver* Prueba de significación)
- Cuadrado latino, 213-215
 - aleatorización, 215
 - análisis del, 215-218
 - aumentado, 221
 - datos faltantes, 219-220
 - eficiencia, 221-223
 - incompleto, 220-221
 - modelos, 223
 - valores esperados de los cuadrados medios, 223
- Cuadrado medio, 20
 - residual (*ver* Error experimental)
 - (*ver también* Cuadrado latino, valor esperado de los cuadrados medios)
- Cuartiles, 17
- Cuasi-razón, 348
- Curva:
 - de poder, 109-110
 - exponencial, 443, 444-450
 - gaussiana, 46
 - laplaciana, 46
 - logarítmica, 443, 444-450
 - normal, 3, 46, 48
 - historia de la, 48
- Darwin, Charles, 3
- Datos, 7, 9-10
 - binomiales (*ver* Distribución binomial)
 - continuos, 14
 - cualitativos, 12
 - cuantitativos, 13
 - discretos, 14
 - faltantes (*ver* Parcela faltante)
 - por categoría (*ver* Datos enumerativos)
 - presentación de, 12-14
- Datos con un número no proporcionado de subclases, 429
 - análisis de, 429, 432-439
 - en porcentajes, 228
 - modelo de, 429
- Datos enumerativos, 12, 466, 508
 - en tablas de contingencia 482, 485-486
- Deciles, 17
- De Mére, 2
- De Moivre, A., 2, 48
- Dependencia, 488
 - lineal, 284
- Desigualdad de Chebyshev, 534-536
- Desviación, 57
 - de la muestra, 16, 20
 - media, 23
 - media absoluta, 23
 - media cuadrática, 21
- Desviación estándar, 20-21
 - a partir de la tabla de frecuencia, 32
 - con codificación, 30-31
 - de diferencias, 76-78
 - de la media, 24-25, 72-73
 - de la regresión parcial, 322
 - de una estimación no sesgada, 71-72
 - de Y para X fija, 244
 - (*ver también* Error estándar)
- Determinante, 285-286
- Diagonal principal, 278, 294
- Diagrama:
 - de barras, 12
 - de dispersión, 264-266
- Diagramas, 12, 14
- Dicotomía, 495
- Diferencia mínima significativa, de Fisher (protegida), 170
- Discrepancia, 136
- Diseño anidado, 150
- Diseño completamente aleatorizado, 132-134
 - aleatorización 132, 207-208
 - análisis de, 134
 - no paramétrico, 535-536
 - con muestreo, 148-154
 - modelos de, 144-147, 154-155, 274
- Diseño de bloques completos al azar, 126, 190
 - análisis de, 190-193
 - análisis no paramétrico de, 532-535
 - con covarianza, 401-405, 418-423
 - con datos faltantes, 202-206
 - eficiencia del, 207-208
 - generalizado, 190, 208, 428
 - modelos para, 211-213, 396-398
 - término de error, 196-201
- Diseño de bloques divididos, 381-383
 - modelos para, 384-386
- Diseños de bloques generalizado, 428
- Diseño de bloques incompletos, 126, 369
 - balanceado, 127
- Diseños muestrales, 543
- Diseño de parcelas divididas, 126, 368-373
 - análisis del, 374-378
 - con datos faltantes, 379-380
 - en espacio y tiempo, 384-386
 - modelos, 384
- Diseño experimental,
 - (*ver también* los diseños específicos)
- Diseño sistemático, 130, 163
- Diseños aumentados, 221
- Dispersión, 19-20, 23
- Distribución, 8-9
 - acumulada, 9, 46

- binomial, 40-43, 46-47, 467, 508, 510, 511-513
- bivariante, 256-258, 263
- de diferencias, 76-79
- de Ji cuadrado, 56-58, 466-467
 - para combinación de probabilidades, 468
 - para intervalos de confianza en σ^2 , 458-459
- del coeficiente de correlación, 268
- de medias, 55-56, 68-70
- de Poisson, 510-517
 - ajuste de la 515-517
 - prueba de, 517-518
 - transformación para la, 228, 514
- de probabilidad, acumulada, 41-43
- derivada, 27, 30, 55
- F, 136-137
- hipergeométrica, 508-510, 546
- multinomial, 41, 481
- normal, 46-48, 65, 68, 70-71
 - probabilidades para la, 48-54
- principal, 24, 55, 68, 70
- sesgada, 72
- t, 58, 73-75, 103
- t de Student, 58, 73, 79, 103
 - uniforme, 45
- χ^2 (Ji cuadrado), 56
- DMS (ver Prueba de Waller-Duncan)
- dms (diferencia mínima significativa), 185

- Ecuación de regresión (ver Recta de regresión)
 - estándar, 325
 - parcial, 307, 311-312, 325
- Ecuaciones de mínimos cuadrados, 290-291, 434
 - (ver también Ecuaciones normales)
- Ecuaciones inconsistentes, 284
- Ecuaciones normales, 290, 309
 - con variables indicadoras, 298-299
 - para la regresión lineal, 291
 - para la regresión múltiple, 309-310
 - para la regresión polinomial, 450-451
 - (ver también Ecuaciones de mínimos cuadrados)
- Efecto principal (ver Experimento factorial)
- Efecto simple (ver Experimento factorial)
- Efectos:
 - aditivos (ver Modelo lineal aditivo)
 - residuales, 221
- Eficiencia (ver Eficiencia relativa)
- Eficiencia relativa, 60, 125
 - a partir de la asignación óptima, 552
 - a partir de la estratificación, 547
 - con covarianza, 408
 - para el cuadrado latino, 221-222
 - para el diseño de bloques, 193, 207-208
 - para procedimientos no paramétricos, 520-521
- Eliminación gaussiana, 320
- Empates, 526, 530-531
- Encuesta, 541-542
 - muestral, 541-542
- Ensayo:
 - binomial, 40
 - biológico, 256
 - de Bernoulli, 40
 - de uniformidad, 127, 393
- Ensayos independientes, 41-42, 485, 510
- Error:
 - combinado, 136, 162-163
 - cuadrático medio, 408
 - de clase dos (ver Error tipo II)
 - de clase uno (ver Error tipo I)
 - de muestreo, 27, 148, 150, 152-153, 158, 210, 547, 554
 - generalizado, 136, 163-164
 - puro, 429
- Error estándar, 24-25, 30, 71-72
 - de la diferencia, 193
 - con desigual número de repeticiones, 407
 - con valores faltantes, 202-206, 219-221, 380
 - entre medias ajustadas, 407
 - de la media ajustada, 396, 398, 421-423
 - de la regresión lineal, 322-323
 - de una estimación, 244
 - para parcelas divididas, 372
- Error experimental, 121-122, 125-127, 129, 153-159, 160-162, 166, 209-210, 392-393, 554
 - control del, 125, 126, 392, 426
 - mediante covarianza, 392-393, 426
 - naturaleza del, 196-198
 - partición del, 198-200
- Error tipo I, 85, 109-114, 166, 178, 476
- Error tipo II, 85, 109-114, 476
- Errores, 25-30, 162
 - correlacionados, (ver también Residual)
- Escalar, 279, 285
 - multiplicación por un, 280
- Espacio muestral, 380
- Esperanza (ver Valor esperado)
- Estadística:
 - definición, 1, 2
 - de prueba (ver Prueba de significación)
 - historia de la, 2-4
 - no paramétrica, 520, 521
 - paramétrica, 520
 - (ver también Estimación)
- Estimación, 59-62, 296-297
 - conjunta, 324

- (*ver también* Estimaciones por mínimos cuadrados)
- Estimaciones por mínimos cuadrados, 28, 196, 202, 290-291, 397
- Estimador insesgado, 61
- Estimadores lineales, 59-61
- Estratificación, 547-548
- Estrato, 547, 548, 552
- Experimento, 118-120
- aleatorio, 39
 - factorial, 328-334
 - con covarianza, 413-416, 417-423
 - de 2×2 , 334
 - de $3 \times 3 \times 2$, 340-343
 - modelos lineales para, 346-351
 - superficies de respuesta, 352-354
 - con polinomios ortogonales, 358-359
 - (*ver también* Diseño de bloques divididos; diseño de parcelas divididas)
- Extrapolación, 254-255, 324
- Factor (*ver* Experimento factorial)
- de eficiencia, 207, 222
 - de mejoramiento, 267
 - de precisión, 207, 222-223
- Falta de ajuste, 355
- Familia de hipótesis, 176, 179
- Fermat, 2
- Fiducial (F), 62
- Fisher, R. A., 3, 88, 129
- Función, 103
- de densidad, 9, 47
 - de densidad de probabilidades, 8-9, 44-46
 - de densidad normal, 48
 - de distribución acumulada, 9, 46
 - lineal, 60
 - varianza de la, 105-106
 - (*ver también* Contrastes)
- Fracción de muestreo, 546, 550-551
- ajuste de la, 551
 - variable, 550-551
- Gauss, K.F., 2
- Gosset, W. S., 3, 58, 88
- Grados de libertad, 23, 155-158, 349
- efectivos, 102, 103, 157, 349
- Grupo de resultados, 189
- Heterogeneidad (*ver* Homogeneidad)
- Hipótesis:
- alternativa, 85, 86 481
 - nula (*ver* Prueba de significación)
- Histograma, 13-14, 44
- Homogeneidad:
- de componentes del error, 199-201
 - de Ji cuadrado, 498
 - de la regresión, 250, 409-412
 - tratamiento contra error, 409-410
 - de la varianza, 108, 461
 - de muestras independientes, 487-488, 495-496
- Impresión, 320-322, 424, 426, 437
- Improbables, 37
- Independencia:
- de errores, 163
 - lineal, 284
 - (*ver también* Interacción)
- Índice:
- de columna, 277
 - de fila, 277
 - de sumatoria, 16
- Inferencia, 2, 4, 5, 59-62
- (*ver también* Estimaciones de mínimos cuadrados)
- Información, cantidad de (*ver* Precisión; Eficiencia relativa)
- Insesgamiento, 59, 72, 546
- de la estimación de σ^2 , de s^2 , 72, 417
 - de S^2 , 546
 - de $2S^2$, 78-79
 - de SC (tratamientos) con datos estimados, 417
 - (*ver también* Sesgo)
- Inspección de calidad, 509
- Interacción, 210, 325, 332, 337, 342-344, 359, 360, 376
- en tablas de contingencia, 483-486
 - heterogeneidad de la, 389
 - (*ver también* Experimento factorial)
- Intercorrelación, 323
- Intervalo,
- de clase, 32
 - de la media,
 - de tolerancia, 75
 - studentizado,
- Intervalo de confianza, 61-63, 75, 83-84, 121
- con corrección de población finita, 550
 - de longitud fija, 116-117, 224-226
 - para proporciones, 467-471, 551-552
 - para una predicción, 63, 253-255
 - simultáneo, 177-178, 183, 315
 - (*ver también* Banda de confianza)
- Intervalos:
- de confianza conjuntos (*ver* Intervalo de confianza simultáneo)
 - mínimos significantes, 181
 - múltiples,
- Intrínsecamente lineal, 443
- Inversa, 283-287

- por la derecha, 284
- por la izquierda, 284
- Ji cuadrado:
 - corregida (*ver* Corrección por continuidad)
 - independiente (*ver* aditividad de Ji cuadrado)
- Laplace, P. S. de, 2
- Látices parcialmente balanceados, 126
- Ley estadística, 233
- Límites de confianza (*ver* Intervalo de confianza)
- Lineal en los parámetros, 443
- Lyell, Charles, 2
- Matriz (ces), 277
 - adición de, 279
 - álgebra, 278
 - cuadrada, 278, 281
 - de correlación, 317
 - de diseño, 289
 - dimensión de una, 278
 - ecuación matricial, 289-291, 420
 - identidad, 281
 - inversa, 283, 285, 286, 317
 - multiplicación de, 280
 - no singular, 285, 291
 - simétrica (*idéntica*), 279
 - singular, 285, 298, 434
 - sustracción de, 279
 - varianza-covarianza, 294
- Máximos, 443
- Media:
 - aritmética, 15, 17, 19, 30-31, 35, 544
 - armónica, 17-18
 - de Ji cuadrado, 57
 - de la muestra, 25, 28, 30
 - de una función lineal, 103-104
 - de una tabla de frecuencias, 34-35
 - de una variable binomial, 43, 551
 - distribución de la, 55
 - geométrica, 17
 - no ponderada, 432-433
 - ponderada, 17, 93, 141, 146, 261, 272, 430, 433, 502
- Mediana, 17
- Medias de tratamientos ajustadas, 393-394
 - pruebas de, 398-400
- Mendel, G., 3
- Menor, 285, 317
 - con signo, 317
- Método:
 - científico, 4-5
 - de ajustes de constantes, 433, 439
 - de cuadrados de medias ponderadas, 440
 - de Doolittle, 320
 - de medias no ponderadas, 440
 - de mínimos cuadrados, 433, 437
 - de prueba de hipótesis, 437
 - empírico, 65
 - minimax, 474, 478
- Mínimos, 443
- Moda, 17
- Modelo aditivo (*ver* Modelo lineal aditivo)
- Modelo completo (lineal), 311, 397, 400, 420
- Modelo de efectos aleatorios (*ver* Modelo II)
- Modelo de efectos fijos (*ver* Modelo I)
- Modelo de regresión, 236-240
 - lineal (*ver* Modelo lineal aditivo)
- Modelo lineal aditivo, 27-28
 - con correlación de intraclases, 274-275
 - con covarianza, 396-398
 - para la regresión, 236-238
 - para muestras independientes, 96-97
 - para observaciones pareadas, 101-102
 - para polinomios, 324-325
 - para regresión múltiple, 308
- Modelo mixto:
 - para bloques aleatorizados, 211-213
 - para el cuadrado latino, 223
 - para factoriales, 347-351
 - para la prueba de la mediana, 534
 - para parcelas divididas y bloques divididos, 384
- Modelo reducido, 311, 312, 398
- Modelo I:
 - para bloques aleatorizados, 211, 213
 - para el cuadrado latino, 223
 - para el diseño completamente aleatorio, 144-146
 - para factoriales, 347-348
 - para la prueba de la mediana, 534
 - para la regresión, 236-238
 - en la predicción de X , 256
 - para parcelas divididas y bloques divididos, 384
- Modelo II:
 - con correlación de intraclases, 274
 - para bloques aleatorizados, 211-213
 - para el cuadrado latino, 223
 - para el diseño completamente aleatorio, 144-146
 - para factoriales, 347-351
 - para la prueba de la mediana, 534
 - para la regresión, 236-240, 256-258
 - para parcelas divididas y bloques divididos, 384
- Muestra, 9-10, 65
 - autoponderada, 544-550
 - completamente aleatoria, 11

- desviación estándar de la (*ver* Desviación estándar)
 en dos etapas, de Stein, 116-117
- Muestras:
 aleatorias, 10, 68, 541-542
 independientes, 93, 102-103, 487, 489, 499, 501
 no independientes, 493, 499-501
- Muestreo:
 con reemplazo, 11, 510
 sin reemplazo, 508, 510, 544
 sistemático, 542
 (*ver también* tipos específicos de muestreo, a continuación)
- Muestreo aleatorio estratificado, 547-550
- Muestreo aleatorio simple, 544-547
- Muestreo autoritario, 542
- Muestreo de aceptación, 509
- Muestreo de área, 553, 555-559
- Muestreo de población finita, 541
- Muestreo probabilístico, 543-544
- Muestreo de una etapa, 553
- Muestreo multietápico, 553-556
- Muestreo por conglomerados, 553-556
- Muestreo por cuotas, 491
- Muestreo por conglomerado simple, 553
- Multicolinealidad, 324
- Neyman, J., 3
- Nivel (*ver* Experimento factorial)
 de protección, 181
 de significancia, 62, 84-85, 87
- No aditividad:
 prueba de Tukey para la, 529
 (*ver también* Aditividad)
- No independencia (*ver* Interacción)
- No linealidad de los parámetros, 443
- Nonios ("no usual"), 55-56
- "No responden", 550
- Notación de puntos, 134-135, 150-151, 190
- Número efectivo de repeticiones:
 en el cuadrado latino, 220-221
 en el diseño de bloques, 206, 220-221
- Observaciones concomitantes, uso de, 127, 231, 248-249
- Observaciones pareadas:
 aleatoriamente, 76
 en la prueba del signo, 526-527
 significativas, 98-99, 107
- Orden:
 de una matriz, 277
 de un modelo, 324
- Ordenada, 232
 al origen, 232
- Ortogonalidad, 174
 de bloques y tratamientos, 189, 203
- Papel para gráficas de probabilidad binomial, 469
 para intervalo de confianza, 469-470
 para prueba de hipótesis, 474, 490
 para tamaño de la muestra, 478-480
- Parámetro, 16, 59
 de incomodidad, 103
 observable, 43, 237
- Parcela experimental (*ver* Unidad experimental)
- Parcela faltante:
 en bloques aleatorios, 202-207
 en el cuadrado latino, 219-221
 mediante covarianza, 417-418.
- Parcelas completas, 368, 369-370
- Pareamiento:
 aleatorio, 76
 significativo (*ver* Observaciones pareadas significativas)
- Pascal, B., 2
- Pearson, E. S., 3
- Pearson, Karl, 2
- Pendiente, 233
 (*ver también* Coeficiente de regresión)
- Percentiles, 17
- Permutación, 133, 189
- Peso del error, 184
- Plano de regresión, 304-306
- Población, 9-10
 finita, 43, 541
 (*ver también* Distribución)
- Poder, 85, 109, 113, 121
- Polígono de frecuencias, 13-14
- Polinomio (al)
 de segundo grado, 450-451
 modelos, 324
 (*ver también* Polinomios ortogonales)
- Polinomios ortogonales, 355-362, 451-456
- Ponderaciones, 147
- Postmultiplicación, 279
- Precisión, 119, 122, 123-125, 127, 139, 261, 273, 393
 (*ver también* Eficiencia relativa)
- Predicción, 63, 253, 256, 296-297, 324
 de X , 256
- Premultiplicación, 279
- Probabilidad, 37-40, 41, 43
 de confianza, 65
- Probabilidades independientes (*ver* Ensayos independientes)
- Promedio (*ver* Media)
- Prueba:
 de efectos sugerida por los datos, 175-176, 339

- de significancia, 83-88
- de las dos colas, 87, 108
- de una cola, 87, 108
- para no aditividad, 363-365
- para un conjunto limitado de alternativas, 474-478
- poder de una (*ver Poder*)
- secuencial, 320
- simultánea (*ver Comparaciones múltiples*)
- Prueba de Bartlett, 228, 462-463
- Prueba de bondad del ajuste, 467
 - de Kolmogorov-Smirnov, 522, 524, 527
 - para datos binomiales (*binómicos*), 512-513
 - para datos con distribución de Poisson, 515-516
 - para datos en categorías, 521
 - para polinomios, 451
 - para una distribución continua, 461-463, 467
- Prueba de Duncan, 181-184, 186
- Prueba de Dunnett, 182-183, 186
- Prueba dms de Fisher (protegida), 170
- Prueba de Friedman, 532-533
- Prueba exacta de Fisher, 491-493
- Prueba F, 92, 93, 108-109, 136-138, 147
- Prueba de Kolmogorov-Smirnov:
 - con dos muestras, 527
 - con una muestra, 522-524
- Prueba de Kruskal-Wallis, 530-531
- Prueba de la mediana, 524-525, 530
 - para k muestras, 532
 - para clasificaciones de dos vías, 534
- Prueba de rangos, 526, 528-529
 - signados, de Wilcoxon, 527
- Prueba de signos, 524-525
 - (*ver también Prueba de la mediana*)
- Prueba de Olmstead-Tukey, de asociación del cuadrante, 537-538
- Prueba de Scheffé, 177-178, 179, 185
- Prueba de Student-Newman-Keuls, 180, 181, 186
- Prueba de Tukey, 179-180, 186, 363-365, 529
- Prueba de Waller-Duncan, 184
- Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, 528-529
- Prueba nueva de amplitud múltiple, 181-182, 186
- Pruebas de una cola (*ver Prueba de significación*)
- Pruebas orientadas por resultados (*ver Prueba de significación*)
- Punto muestral, 38
- R-Cuadrado, 322
- Rango:
 - de columna, 285
 - de una fila, 285
 - de una matriz, 285
- Rangos, 526, 530-533
 - empatados, 531, 532
- "Rastreo de datos", 177
- Razón:
 - ambigua, 478
 - F sintetizada, 158
 - mínima significativa, 227
- Razones genéticas:
 - alternativas limitadas, 474-478
 - tablas $r \times c$, 482
 - tamaño de la muestra, 478-480
- Recaptura de la marca, 509
- Recta:
 - ajustada, 233
 - de regresión, banda de confianza para la, 243-245
- Redes parcialmente balanceadas (látices), 126
- Región:
 - crítica (*ver Región de rechazo*)
 - de aceptación, 87, 110-114
 - para razones alternativas, 474-478
 - de confianza, 315, 324
 - de rechazo, 87, 110-114
 - elección de la, 92
- Regresión:
 - a través del origen, 258-260
 - curvilínea, 442
 - fuentes de variación en la, 244
 - lineal múltiple (*ver Regresión múltiple*), 501
 - modelos de, 236-240
 - múltiple, ecuación de, 236-237, 304, 306-307, 320
 - no lineal, 443
 - parcial, 306-307
 - ponderada, 238, 261-262, 501-502
 - suma de cuadrados, 242, 246, 257, 259
 - varianza respecto de la, 242
- Regresiones independientes (*ver Homogeneidad*)
- Relación funcional, 233, 238
- Repetición, 122-124, 126, 130, 190
- Replicación oculta, 331
- Réplica (*ver Repetición*)
- Residual, 241, 290
 - gráfica, 324
 - (*ver también Errores*)
- Restricciones, 145, 430-432
 - (*ver también Restricciones sobre el modelo*)
- Restricciones sobre el modelo, 145, 196, 430-432, 433, 434
- Resultado que no se puede descomponer, 38
- Resultados independientes (eventos), 41, 510
- Resultados mutuamente excluyentes (eventos), 38-40

- S.A.S. (*ver* Impresión)
- SC PARCIAL, 322-323
- SC SECUENCIAL, 324
- Segregación ambigua, 478
- Sensibilidad (*ver* Precisión)
- Seriedad del error (*ver* Peso del error)
- Sesgo, 58
 - en la correlación transformada, 272-273
 - en la suma de cuadrados de tratamientos con datos estimados, 202, 219-220, 380 (*ver también* Insegamiento)
- Significancia estadística, 124 (*ver también* Significante)
- Significante, 87, 169
 - altamente, 88, 376
 - no, 169
- Singularidad, 285
- S-N-K, prueba de (Student-Newman-Keuls), 180-181, 186
- Sobrep parametrizado, 144, 434
- "Student" (W.S. Gossett), 3
- Submuestra, 148
- Submuestreo, 159, 553
- Subparcelas, 368, 372-373, 374, 376
- Subunidades, 368
- Suma:
 - de cuadrados, dentro de grupos, 21, 135-136, 241-242
 - no ajustada, 23, 241
 - del cuadrante, 537-539
 - de productos, 234
 - de rangos, 526
 - mínima de cuadrados (*ver* Estimaciones mínimas de cuadrados)
 - ponderada, 146, 430, 432, 499
 - de cuadrados, 142, 147, 262, 430, 433
 - de desviaciones, 240, 262
- Superficie:
 - de regresión, región de confianza de la, 354
 - de respuesta, 353-354, 362
- Supremo, 522
- Supuestos débiles, 520
- Tabla:
 - cuádruple (de 2×2), 489-490
 - prueba exacta para la, 491-493
 - prueba para muestras no independientes, 493-495
 - de frecuencia, 14, 32-35, 44
 - de números aleatorios, 10, 68, 133
- Tablas de contingencia (*ver también* Criterio de la prueba de Ji cuadrado)
- Tamaño de la muestra:
 - en tablas de 2×2 , 503-504
 - óptimo, 552
- Tasa de error, 62, 84-85
 - por comparación, 168, 176, 246
 - por experimento, 176, 246
 - por familia, 176-177
 - por punto, 246, 254
- Tendencia central, 14, 15, 19
- Término (factor) de corrección, 22, 135
- Transformación, 163, 226-228, 443
 - angular, 228
 - arcosen, 228, 514
 - logarítmica, 163, 227-228
 - para datos binomiales, 228, 514
 - para datos con distribución de Poisson, 227
 - para datos en porcentajes, 227-228
 - para el coeficiente de correlación, 270-272
 - raíz cuadrada, \sqrt{y} , 227-228
 - seno inverso, 228
- Transformaciones:
 - sen $Y-1\sqrt{Y}$, 228
- Transpuesta, 277
- Tratamientos, 120
 - combinación de, 329
 - comparaciones de (*ver* Contrastes: Polinomial ortogonales)
 - selección de, 128
 - suma de cuadrados, 135-136
- Tratamientos ficticios, 76
- Triángulo de Pascal, 512-514
- Unidad experimental, 120, 132, 133
 - agrupación de la, 126
 - tamaño y forma de la, 127-128, 208-209
- Unidad de muestreo, 120, 148, 542-543
 - número de, 159-161
 - primaria (upm), 553
- Unidades completas, 368, 369, 370
- Universo, 9
- Valor:
 - absoluto, 23
 - ajustado, 290
 - crítico, 87, 110
 - de regresión, 242, 290, 307-308, 539
 - promedio (*ver* Valor esperado)
- Valor esperado, 105, 211
 - de cuadrados medios para el diseño completamente aleatorio, 145-146
 - de funciones lineales, para bloques aleatorizados, 104-106, 211-213
 - para cuadrados latinos, 223
 - para factoriales, 349-354
 - para muestreo en dos etapas, 553-554
 - para parcelas divididas, 384, 385, 386

Valores:

ajustados, 242, 243, 290, 307-308
 de clase, 13, 32
 extremos, 242, 539

Variable, 7-9

aleatoria, 7, 39
 binaria, 298, 302, 434
 concomitante, 231
 continua, 8, 44
 cualitativa, 8
 cuantitativa, 8
 dependiente, 231, 264
 de probabilidad, 7-39
 discontinua, 8
 discreta, 8, 39
 estandarizada, 54, 251, 264
 ficticia, 289, 398, 434
 independiente, 251
 indicadora, 298, 302, 434
 normal estandarizada, 54

Variación (*ver también* Varianza)

Varianza, 20, 21, 71-72, 103, 105, 121, 545, 546

de diferencias, 76-78

del error (*ver* Error experimental)

de la media, 24-25, 546, 547, 548, 549

de \hat{N} , 509

de \hat{p} , 546, 548, 555

de \hat{p}_1 y \hat{p}_2 , 467, 495-496

de χ^2 , 57

mínima, 60

residual, 397, 405 (*ver también* Error experimental)

respecto a la regresión, 242, 244

Vector:

cero, 285

columna, 278

fila, 278

nulo, 285, 289

Wald, A., 3-4

Z (*ver* Distribución normal)

OTROS LIBROS DE INTERES EN EL AREA

- DANIEL: Principios de Silvicultura
MAYNARD: Nutrición Animal
OLIVER: Fundamentos de Genética
PELCZAR: Elementos de Microbiología
PELCZAR: Microbiología
PINE: Química Orgánica
* ROJAS: Fisiología Vegetal, 2e.
* ROSE: Fisiopatología de las Enfermedades Renales
* RUSSELL: Química General
SORENSEN: Reproducción Animal
* STANSFIELD: Genética, 2e. (Schaum)
WARWICK: Cría y mejora de Ganado
WEICHERT: Elementos de Anatomía de los Cordados, 3e.

* NOVEDADES