



Índice

Prólogo	17
1. Introducción	21
1.1 La estadística como ciencia	21
1.2 Algunos problemas que resuelve la estadística	22
1.3 El método estadístico.....	24
1.3.1 Planteamiento del problema	25
1.3.2 Construcción de un modelo estadístico	26
1.3.3 Recogida de la información muestral	30
1.3.4 Depuración de la muestra	31
1.3.5 Estimación de los parámetros.....	31
1.3.6 Contrastes de simplificación.....	31
1.3.7 Crítica y diagnosis del modelo	32
1.4 Notas sobre la historia de la estadística.....	32
1.4.1 El cálculo de probabilidades.....	32
1.4.2 La estadística hasta el siglo XIX	37
1.4.3 El nacimiento de la estadística actual	48
1.4.4 La expansión de la estadística durante el siglo XX	41
1.5 Lecturas recomendadas	43
Primera parte	
Datos	
2. La descripción de una variable	47
2.1 Datos y distribuciones de frecuencias	47

2.1.1	Distribuciones de frecuencias.....	48
2.1.2	Diagramas de tallo y hojas	49
2.2	Representaciones gráficas	50
2.2.1	Diagrama de Pareto	50
2.2.2	Diagrama de barras.....	51
2.2.3	Histogramas.....	53
2.2.4	Gráficos temporales.....	55
2.2.5	Otras representaciones gráficas	57
2.3	Medidas de centralización y dispersión.....	59
2.3.1	Medidas de centralización	59
2.3.2	Medidas de dispersión	62
2.4	Medidas de asimetría y curtosis	66
2.4.1	Coefficiente de asimetría	66
2.4.2	Coefficiente de curtosis	67
2.4.3	Otras medidas características	70
2.5	Datos atípicos y diagramas de caja.....	72
2.5.1	Datos atípicos	72
2.5.2	Diagrama de caja	73
2.6	Transformaciones	77
2.6.1	Transformaciones lineales	77
2.6.2	Transformaciones no lineales.....	78
2.7	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	86
2.8	Lecturas recomendadas	87
3.	Descripción conjunta de varias variables.....	89
3.1	Distribuciones de frecuencias multivariantes.....	89
3.1.1	Distribución conjunta	90
3.1.2	Distribuciones marginales	91
3.1.3	Distribuciones condicionadas.....	92
3.1.4	Representaciones gráficas	94
3.2	Medidas de dependencia lineal.....	96
3.2.1	Covarianza.....	96
3.2.2	Correlación	97
3.3	Recta de regresión	98
3.3.1	Correlación y regresión	101
3.4	Vector de medias	102
3.5	Matriz de varianzas y covarianzas.....	103
3.5.1	Varianza efectiva	104
3.6	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	110
3.7	Lecturas recomendadas	110
	Apéndice 3A: Números índice	111
	Apéndice 3B: Análisis descriptivo de series	112
	Apéndice 3C: La presentación de datos en tablas	113
	Apéndice 3D: Propiedades de la matriz de covarianzas.....	115

Segunda parte

Modelos

4.	Probabilidad y variables aleatorias.....	121
4.1	Introducción.....	121
4.2	Probabilidad y sus propiedades.....	122
4.2.1	Concepto.....	122
4.2.2	Definición y propiedades.....	124
4.2.3	La estimación de probabilidades en la práctica.....	126
4.3	Probabilidad condicionada.....	128
4.3.1	Concepto.....	128
4.3.2	Independencia de sucesos.....	131
4.3.3	Teorema de Bayes.....	133
4.4	Variables aleatorias.....	140
4.4.1	Variables aleatorias discretas.....	140
4.4.2	Variables aleatorias continuas.....	142
4.4.3	Medidas características de una variable aleatoria.....	147
4.4.4	Transformaciones.....	151
4.5	Resumen del capítulo.....	159
4.6	Lecturas recomendadas.....	160
	Apéndice 4A: Álgebras de probabilidad.....	161
	Apéndice 4B: Cambio de variable en el caso general.....	164
5.	Modelos univariantes de distribución de probabilidad.....	165
5.1	El proceso de Bernoulli y sus distribuciones asociadas.....	165
5.1.1	Proceso de Bernoulli.....	165
5.1.2	Distribución de Bernoulli.....	166
5.1.3	Distribución binomial.....	167
5.1.4	Distribución geométrica.....	168
5.2	El proceso de Poisson y sus distribuciones asociadas.....	171
5.2.1	El proceso de Poisson.....	171
5.2.2	La distribución de Poisson.....	172
5.2.3	Distribución exponencial.....	174
5.3	Distribuciones de duraciones de vida.....	177
5.4	La distribución normal.....	181
5.5	La normal como aproximación de otras distribuciones.....	184
5.5.1	El teorema central del límite.....	184
5.5.2	Relación entre binomial, Poisson y normal.....	186
5.6	La distribución lognormal.....	189
5.7	Deducción de distribuciones: el método de Montecarlo.....	193
5.7.1	Introducción.....	193
5.7.2	El método de Montecarlo.....	195
5.7.3	Aplicaciones.....	198
5.8	Distribuciones deducidas de la normal.....	201
5.8.1	La distribución χ^2 de Pearson.....	201
5.8.2	La distribución t de Student.....	202
5.8.3	La distribución F de Fisher.....	204
5.9	Distribuciones mezcladas.....	204

5.10	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	207
5.11	Lecturas recomendadas	210
	Apéndice 5A: Función generatriz de momentos	210
	Apéndice 5B: Distribución hipergeométrica	213
	Apéndice 5C: Distribución gamma	214
	Apéndice 5D: Distribución beta	215
6.	Modelos multivariantes	217
6.1	Variables aleatorias vectoriales	217
	6.1.1 Concepto	217
	6.1.2 Distribución conjunta	218
	6.1.3 Distribuciones marginales	219
	6.1.4 Distribuciones condicionadas	222
	6.1.5 Teorema de Bayes	224
6.2	Independencia entre variables aleatorias	225
6.3	Esperanzas de vectores aleatorios	229
	6.3.1 Concepto	229
	6.3.2 Esperanza de sumas y productos	229
6.4	Covarianzas y correlaciones	230
	6.4.1 Covarianza	230
	6.4.2 Correlación	231
	6.4.3 Varianza de sumas y diferencias	231
	6.4.4 Matriz de varianzas y covarianzas	232
6.5	Esperanzas y varianzas condicionadas	234
	6.5.1 Esperanzas condicionadas	234
	6.5.2 Varianzas condicionadas	236
6.6	Transformaciones de vectores aleatorios	237
	6.6.1 Concepto	237
	6.6.2 Esperanzas de transformaciones lineales	238
6.7	La distribución multinomial	239
6.8	La normal n -dimensional	242
6.9	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	249
6.10	Lecturas recomendadas	250
	Apéndice 6A: El concepto de distancia y sus aplicaciones	250

Tercera parte
Inferencia

7.	Estimación puntual	257
7.1	Introducción a la inferencia estadística	257
7.2	Métodos de muestreo	260
	7.2.1 Muestra y población	260
	7.2.2 Muestreo aleatorio simple	260
	7.2.3 Otros tipos de muestreo	261
7.3	La estimación puntual	265
	7.3.1 Fundamentos	265
	7.3.2 La identificación del modelo	266
	7.3.3 El método de los momentos	269

7.4	La distribución de un estimador en el muestreo	270
7.4.1	Concepto	270
7.4.2	Distribución en el muestreo de una proporción	271
7.4.3	Distribución muestral de la media	272
7.4.4	Distribución muestral de la varianza. Caso general	273
7.4.5	Distribución muestral de la varianza en poblaciones normales	276
7.5	Propiedades de los estimadores	281
7.5.1	Centrado o insesgado	281
7.5.2	Eficiencia o precisión	283
7.5.3	Error cuadrático medio	285
7.5.4	Consistencia	287
7.5.5	Robustez	287
7.5.6	Punto de ruptura de un estimador	289
7.5.7	Propiedades de los estimadores por momentos	291
7.6	Estimadores de máxima verosimilitud	292
7.6.1	Introducción	292
7.6.2	La distribución conjunta de la muestra	292
7.6.3	La función de verosimilitud	295
7.6.4	Estadísticos suficientes	301
7.6.5	El método de máxima verosimilitud	303
7.6.6	Propiedades de los estimadores máximo-verosímiles	305
7.7	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	311
7.8	Lecturas recomendadas	312
	Apéndice 7A: Muestreo en poblaciones finitas	312
	Apéndice 7B: Estimadores eficientes, el concepto de información	313
8.	Estimación por intervalos	319
8.1	Introducción	319
8.2	Metodología	321
8.2.1	La selección del estadístico pivote	321
8.2.2	La determinación de los límites	322
8.3	Intervalos para medias de poblaciones normales	323
8.3.1	Varianza conocida	323
8.3.2	Varianza desconocida	325
8.4	Intervalo para medias. Caso general	326
8.4.1	Proporciones	327
8.5	Intervalo para varianzas de poblaciones normales	327
8.6	Intervalo para la diferencia de medias, poblaciones normales	330
8.6.1	Caso de varianzas iguales	330
8.6.2	Caso de varianzas desiguales	331
8.7	Diferencias de medias. Caso general	332
8.8	Intervalo para la razón de varianzas en poblaciones normales	333
8.9	Intervalos asintóticos	336
8.10	Determinación del tamaño muestral	338
8.11	La estimación autosuficiente de intervalos de confianza (<i>bootstrap</i>)	340
8.11.1	Introducción	340
8.11.2	La estimación autosuficiente (<i>bootstrap</i>)	341
8.12	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	348

8.13	Lecturas recomendadas	350
	Apéndice 8A: El método instrumental (<i>jackknife</i>)	350
	Apéndice 8B: Construcción mediante ordenador de intervalos de confianza por el método autosuficiente.....	352
9.	Estimación bayesiana.....	357
9.1	Introducción.....	357
9.2	Distribuciones a priori	360
9.2.1	Distribuciones conjugadas.....	362
9.2.2	Distribuciones de referencia	364
9.3	Estimación puntual	365
9.4	Estimación de una proporción.....	366
9.5	Estimación de la media en poblaciones normales	369
9.6	Comparación con los métodos clásicos.....	372
9.7	Resumen del capítulo y consejos de cálculo	374
9.8	Lecturas recomendadas	375
10.	Contraste de hipótesis.....	377
10.1	Introducción.....	377
10.2	Tipos de hipótesis	380
10.2.1	Hipótesis nula	380
10.2.2	Hipótesis alternativa	381
10.3	Metodología del contraste	382
10.3.1	Medidas de discrepancia.....	383
10.3.2	Nivel de significación y región de rechazo	383
10.3.3	El nivel crítico p	386
10.3.4	Potencia de un contraste	387
10.4	Contrastes para una población.....	391
10.4.1	Contraste para una proporción.....	391
10.4.2	Contraste de la media	393
10.4.3	Contraste de varianzas, poblaciones normales	395
10.5	Comparación de dos poblaciones	397
10.5.1	Comparación de dos proporciones	397
10.5.2	Comparación de medias, varianzas iguales, muestras independientes	399
10.5.3	Comparación de medias, muestras dependientes apareadas.....	400
10.5.4	Comparación de varianzas.....	402
10.5.5	Comparación de medias, muestras independientes, varianzas distintas.....	404
10.6	Interpretación de un contraste de hipótesis	409
10.6.1	Intervalos y contrastes	409
10.6.2	Resultados significativos y no significativos	410
10.7	Contrastes de la razón de verosimilitudes	411
10.7.1	Introducción.....	411
10.7.2	Contraste de hipótesis simple frente alternativa simple	411
10.7.3	Contrastes de hipótesis compuestas.....	413
10.7.4	Contrastes para varios parámetros.....	416
10.8	Resumen del capítulo	425

10.9	Lecturas recomendadas	425
	Apéndice 10A: Deducción del contraste de verosimilitudes	427
	Apéndice 10B: Test de razón de verosimilitudes y test de multiplicadores de Lagrange.....	428
11.	Decisiones en incertidumbre	431
11.1	Introducción.....	431
11.2	Costes de oportunidad	432
11.3	El valor de la información	434
11.4	Decisiones con información muestral	436
11.4.1	El valor de la muestra	436
11.5	Utilidad.....	443
11.5.1	El criterio del valor esperado.....	443
11.5.2	El riesgómetro	444
11.5.3	La función de utilidad.....	446
11.6	La curva de utilidad monetaria	449
11.7	Inferencia y decisión.....	454
11.7.1	Estimación y decisión.....	454
11.7.2	Contrastes y decisiones.....	456
11.8	Resumen del capítulo	458
11.9	Lecturas recomendadas	458
12.	Diagnosis y crítica del modelo.....	459
12.1	Introducción.....	459
12.2	La hipótesis sobre la distribución	460
12.2.1	Efecto de un modelo distinto del supuesto	460
12.2.2	El contraste χ^2 de Pearson	461
12.2.3	El contraste de Kolmogorov-Smirnov.....	466
12.2.4	Contrastes de normalidad	469
12.2.5	Soluciones.....	476
12.2.6	Transformaciones para conseguir la normalidad.....	477
12.2.7	Estimación no paramétrica de densidades	488
12.3	La hipótesis de independencia.....	493
12.3.1	Dependencia y sus consecuencias	493
12.3.2	Identificación	495
12.3.3	Contraste de rachas.....	495
12.3.4	Contraste de autocorrelación	497
12.3.5	Tratamiento de la dependencia.....	501
12.4	La homogeneidad de la muestra	501
12.4.1	Heterogeneidad y sus consecuencias.....	501
12.4.2	Poblaciones heterogéneas: la paradoja de Simpson	502
12.4.3	Identificación de la heterogeneidad: contraste de Wilcoxon.....	504
12.4.4	Análisis de tablas de contingencia.....	508
12.4.5	El efecto de datos atípicos	514
12.4.6	Test de valores atípicos	516
12.4.7	Tratamiento de los atípicos.....	517
12.5	Resumen del capítulo	518
12.6	Lecturas recomendadas	518

Apéndice 12A: El contraste χ^2 de Pearson	521
Apéndice 12B: Deducción del contraste de Shapiro y Wilk	523
Apéndice 12C: Selección gráfica de la transformación	525
Apéndice 12D: Estimadores robustos iterativos.....	526
Cuarta parte	
Control de calidad	
13. Control de calidad	535
13.1 Introducción.....	535
13.1.1 Historia del control de calidad.....	536
13.1.2 Clasificación de los sistemas de control.....	537
13.2 Fundamentos del control de procesos.....	538
13.2.1 El concepto de proceso bajo control.....	538
13.2.2 Gráficos de control	540
13.3 El control de procesos por variables.....	541
13.3.1 Introducción.....	541
13.3.2 Determinación de la variabilidad del proceso	541
13.4 Gráficos de control por variables	542
13.4.1 Gráfico de control para medias.....	542
13.4.2 Gráfico de control para desviaciones típicas	545
13.4.3 Gráfico de control para rangos	547
13.4.4 Estimación de las características del proceso	549
13.5 Implantación del control por variables.....	551
13.5.1 Eficacia del gráfico de la media	552
13.5.2 Curva característica de operación.....	555
13.5.3 Interpretación de gráficos de control	557
13.6 Intervalos de tolerancia.....	560
13.6.1 La función de costes para el cliente.....	560
13.6.2 La determinación de tolerancias justas para el cliente	562
13.6.3 El coste de no calidad	563
13.7 El concepto de capacidad y su importancia.....	564
13.7.1 Índice de capacidad	564
13.7.2 Un indicador alternativo de capacidad	567
13.8 El control de fabricación por atributos	570
13.8.1 Fundamentos.....	570
13.8.2 El estudio de capacidad	570
13.8.3 Gráficos de control	573
13.9 El control de fabricación por números de defectos	574
13.9.1 Fundamentos.....	574
13.9.2 Estudios de capacidad y gráficos de control.....	575
13.10 Los gráficos de control como herramientas de mejora del proceso	577
13.10.1 La mejora de procesos	577
13.10.2 El enfoque seis sigma	578
13.11 El control de recepción.....	581
13.11.1 Planteamiento del problema	581
13.11.2 El control simple por atributos	582
13.11.3 Planes de muestreo	585

13.11.4 Plan japonés JIS Z 9002	585
13.11.5 Plan Military-Standard (MIL-STD-105D; ISO 2859; UNE 66020).....	585
13.11.6 Planes de control rectificativo: Dodge-Romig	597
13.12 Resumen del capítulo	601
13.13 Lecturas recomendadas	602
Apéndice 13A: Cálculo de gráficos de control.....	603

Tablas:

Explicación de las tablas	607
Tabla 1: Números aleatorios	613
Tabla 2: Probabilidades binomiales acumuladas	615
Tabla 3: Probabilidades de Poisson acumuladas.....	617
Tabla 4: Distribución normal estandarizada, $N(0,1)$	618
Tabla 5: Distribución t de Student.....	619
Tabla 6: Distribución χ^2 -cuadrado de Pearson	620
Tabla 7: Distribución F	621
Tabla 8: Contraste de Kolmogorov-Smirnov	623
Tabla 9: Contraste de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors)	624
Tabla 10: Coeficientes del contraste de Shapiro-Wilk.....	625
Tabla 11: Percentiles del estadístico W de Shapiro y Wilk.....	627
Tabla 12: Test de rachas.....	629
Tabla 13: Papel probabilístico normal	631
Formulario	633
Resolución de ejercicios	643
Bibliografía	665
Índice analítico	675