

ECONOMETRIA

Segunda edición

ALFONSO NOVALES CINCA

Catedrático del Departamento de Economía Cuantitativa
Facultad de Económicas. Universidad Complutense
Madrid

McGraw-Hill

MADRID • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MEXICO
NUEVA YORK • PANAMA • SAN JUAN • SANTAFE DE BOGOTA • SANTIAGO • SAO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILAN • MONTREAL • NUEVA DELHI
PARIS • SAN FRANCISCO • SIDNEY • SINGAPUR • ST. LOUIS • TOKIO • TORONTO

CONTENIDO

Prefacio	xv
Introducción	xix
Capítulo 1. Análisis matricial	1
1.1. Primeras definiciones	1
1.1.a. Operaciones con matrices	2
1.2. Determinantes	4
1.3. Matriz inversa	6
1.4. Rango de una matriz	8
1.5. Valores y vectores propios de una matriz	12
Capítulo 2. Análisis estadístico	17
2.1. Introducción: variable aleatoria, distribuciones discretas	17
2.2. Distribuciones continuas. Función de densidad	21
2.3. Momentos de una distribución	23
2.3.a. Momentos poblacionales con respecto al origen	23
2.3.b. Momentos poblacionales con respecto a la media	24
2.3.c. Momentos muestrales	25
2.4. Distribuciones bivariantes	26
2.5. Momentos en una distribución bivalente	29
2.6. Propiedades de un estimador	32
2.7. Cambio de variable en distribuciones de probabilidad	33
2.8. Distribuciones derivadas	34
2.9. El estimador de máxima verosimilitud	36
2.10. Teoría asintótica	37
2.10.a. Convergencia en probabilidad	37
2.10.b. Convergencia en distribución	40
2.11. Teorema Central del Límite	42
2.12. Contrastes de hipótesis	44
2.13. Distribuciones truncadas	46
Problemas	48

Capítulo 3. El modelo lineal general	52
3.1. Introducción	52
3.1.a. Características del modelo	55
3.1.b. Descripción de los capítulos posteriores	59
3.2. El estimador de mínimos cuadrados ordinarios	61
3.3. Propiedades del estimador de mínimos cuadrados ordinarios	67
3.4. Estimación de σ_u^2	78
3.5. Contraste de Normalidad	80
3.6. El estimador de máxima verosimilitud	82
3.7. Regresión particionada	85
3.8. El modelo lineal en desviaciones con respecto a la media	86
3.9. Algunos modelos lineales sencillos	91
3.10. Cambios de escala y de origen	96
3.11. Errores de especificación	100
Problemas	103
Capítulo 4. Inferencia en el modelo lineal	113
4.1. Introducción	113
4.2. Contraste de hipótesis: un tratamiento introductorio	115
4.2.a. Interpretación del estadístico F	115
4.3. Contraste de hipótesis: tratamiento general	117
4.3.a. La formulación del problema	117
4.3.b. El estadístico F para el contraste de cualquier conjunto de hipótesis lineales	119
4.3.c. Un procedimiento alternativo	121
4.4. Aplicación a algunos casos particulares	123
4.4.a. Contraste de hipótesis acerca de un coeficiente del modelo	123
4.4.b. Contraste de hipótesis acerca de todos los coeficientes del modelo (excepto el término independiente)	123
4.4.c. El contraste de significación global del modelo econométrico	124
4.4.d. Contraste acerca de un subvector de s variables ($1 \leq s \leq k-1$)	125
4.5. Contrastes de significación mediante sumas residuales	127
4.6. Intervalos y regiones de confianza	130
4.6.a. Intervalo de confianza para un solo coeficiente	130
4.6.b. Regiones de confianza para varios coeficientes	131
4.7. Estimación bajo restricciones	132
4.8. Contraste de hipótesis lineales mediante sumas residuales	135
4.9. Contraste de hipótesis mediante sustitución de las mismas	137
4.10. Contraste de cambio estructural. Test de Chow	139
4.10.a. Test de Chow	139
4.10.b. Contrastes de estabilidad	140
4.11. Variables ficticias	142
4.12. Predicción en el modelo lineal	146
4.12.a. Cálculo de las predicciones	146
4.12.b. El error de predicción y su varianza	148
4.12.c. Intervalo de confianza para la predicción	149
4.12.d. Predicción de un vector de valores futuros de la variable endógena	150
4.12.e. Evaluación de la bondad predictiva del modelo	151
4.12.f. Predicción de la «media» de la variable y_{T+1}	152
Problemas	153

Capítulo 5. Matrices de covarianzas no escalares	161
5.1. Introducción	161
5.2. Propiedades del estimador de mínimos cuadrados ordinarios	162
5.2.a. El estimador MCO es insesgado	163
5.2.b. Matriz de covarianzas del estimador MCO	163
5.3. El estimador de mínimos cuadrados generalizados	164
5.3.a. Estimación del vector de coeficientes β . El estimador de mínimos cuadrados generalizados	165
5.3.b. Propiedades del estimador MCG	166
5.3.c. Estimación del parámetro σ_u^2	168
5.3.d. El coeficiente de determinación	169
5.4. Introducción al problema de la heteroscedasticidad	170
5.5. Introducción al problema de autocorrelación	173
5.5.a. Estimación mediante transformación de variables	176
5.5.b. Obtención del estimador MCG mediante productos matriciales	178
5.6. El estimador de máxima verosimilitud	179
5.7. Inferencia estadística con matrices de covarianzas no escalares	181
5.8. Predicción en un modelo con matriz de covarianzas genérica	183
5.8.a. Predicción bajo heteroscedasticidad	183
5.8.b. Predicción bajo autocorrelación	184
5.9. Ejercicios prácticos	185
Problemas	189
Capítulo 6. Heteroscedasticidad	193
6.1. Introducción	193
6.2. Posibles causas de heteroscedasticidad	193
6.3. Estimación mínimo-cuadrática en presencia de heteroscedasticidad	196
6.4. Contrastes de heteroscedasticidad	199
6.4.a. El contraste de Goldfeld y Quandt	200
6.4.b. El contraste de Breusch y Pagan	201
6.4.c. El contraste de Glesjer	203
6.4.d. El contraste de Harvey	204
6.4.e. El contraste de White	205
6.4.f. El contraste de Spearman	206
6.5. Contraste de igualdad de varianza entre submuestras	206
6.6. Transformación de Box y Cox	207
6.7. Heteroscedasticidad condicional autorregresiva (ARCH)	208
6.8. Un caso práctico: producción y empleo por comunidades autónomas	211
6.9. Ejercicios prácticos	214
Problemas	217
Capítulo 7. Autocorrelación	224
7.1. Introducción	224
7.2. Naturaleza y causas de la autocorrelación	225
7.3. Consecuencias de la autocorrelación	227
7.4. Contrastes de autocorrelación	228
7.4.a. El contraste de Durbin-Watson	228
7.4.b. El contraste de Breusch y Godfrey	232
7.4.c. Contrastes gráficos	233
7.4.d. Las funciones de autocorrelación	235

7.5. Estimación de modelos con autocorrelación	235
7.5.a. Estimación MCG (Procedimiento de Cochrane-Orcutt)	235
7.5.b. Estimación de máxima verosimilitud del modelo autorregresivo de primer orden	237
7.6. Análisis de dos casos prácticos: Las funciones de consumo e inversión. . .	241
7.6.a. Una función de consumo	241
7.6.b. Una función de inversión	244
7.7. Ejercicios de simulación	245
Problemas	247
Capítulo 8. Ecuaciones simultáneas con variables explicativas exógenas	250
Parte I: Una sección cruzada de series temporales	250
8.1. Introducción	250
8.2. Diversas especificaciones de interés	252
8.3. Contrastes de homogeneidad entre unidades muestrales	255
8.4. Estimaciones de modelos en el caso de igualdad de matrices de covarianzas	257
8.5. Estimación con matrices de covarianzas diferentes	265
8.6. Estimación cuando los términos de error de las distintas ecuaciones están relacionados	267
8.7. Coeficientes variando en el tiempo	268
Parte II: Regresiones aparentemente no relacionadas	273
8.8. Descripción del modelo	273
8.9. Estimación de un conjunto de regresiones aparentemente no relacionadas	274
8.10. Contraste de hipótesis	282
Problemas	283
✓ Capítulo 9. Modelos dinámicos	296
9.1. Introducción	296
9.1.a. Primeras propiedades	297
9.1.b. Cuando todos los retardos corresponden a variables exógenas . . .	299
9.1.c. Si aparecen valores retardados de la variable endógena	299
9.2. Justificación teórica de los modelos econométricos dinámicos	301
9.2.a. El modelo de expectativas adaptativas	301
9.2.b. El modelo de ajuste parcial de Nerlove	303
9.3. Modelos de retardos infinitos	304
9.3.a. El modelo de Koyck	304
9.3.b. Estimación de máxima verosimilitud del modelo de Koyck	305
9.4. Estimación con retardos de la variable endógena	307
9.4.a. El término de error no tiene autocorrelación	307
9.4.b. Estimación cuando el término de error tiene autocorrelación . . .	309
9.4.c. El estimador de variables instrumentales	310
9.4.d. Contraste de exogeneidad de Hausman y Wu	313
9.5. Eficiencia relativa de los estimadores de variables instrumentales	318
9.5.a. Contraste de Sargan de validez de instrumentos	321
9.6. Contrastación de hipótesis con el estimador MC2E	321
9.7. El estimador de máxima verosimilitud	322

9.8. Estimación de modelos con expectativas racionales	324
9.8.a. Expectativas racionales: primeras propiedades	326
9.8.b. Estimación por variables instrumentales	328
9.9. El estimador generalizado de momentos	330
Problemas	333
Capítulo 10. Deficiencias muestrales: Multicolinealidad y errores de medida	344
10.1. Multicolinealidad: Concepto y consecuencias	344
10.2. Multicolinealidad exacta y multicolinealidad aproximada	349
10.3. Estimación de coeficientes bajo multicolinealidad exacta	352
10.4. Detección de la multicolinealidad aproximada	354
10.4.a. Métodos basados en la correlación entre variables explicativas .	355
10.4.b. Métodos basados en el tamaño de la matriz $X'X$	357
10.5. Remedios contra la multicolinealidad	358
10.5.a. Mediante estimación del modelo propuesto	358
10.5.b. Mediante exclusión de variables	360
10.5.c. Estimadores restringido y no restringido: una opción delicada .	361
10.6. Errores de medida	362
10.7. Estimación por variables instrumentales	365
10.8. Un contraste de especificación para errores de medida	366
10.9. Observaciones influyentes	366
Problemas	368
Capítulo 11. Modelos no lineales	372
11.1. Introducción	372
11.1.a. Especificaciones no lineales	372
11.1.b. Una aproximación lineal al modelo no lineal	374
11.2. Mínimos cuadrados no lineales	376
11.3. El estimador de máxima verosimilitud	380
11.3.a. Condiciones necesarias	380
11.3.b. Matriz de covarianzas	381
11.4. Transformación Box-Cox	385
11.5. Contraste de restricciones	388
11.5.a. Restricciones lineales	388
11.5.b. Restricciones no lineales	388
Capítulo 12. Algoritmos numéricos de optimización	396
12.1. La estimación de modelos econométricos como solución a un problema de optimización	396
12.2. Algoritmo de búsqueda	398
12.3. Algoritmo del descenso más rápido	400
12.4. Algoritmo de Newton-Raphson	400
12.4.a. Estimación por mínimos cuadrados	402
12.4.b. Estimación por máxima verosimilitud	404
12.5. Algoritmo de «Scoring»	406
12.6. Algoritmo de Gauss-Newton	407
12.6.a. Estimación de mínimos cuadrados	407
12.6.b. Estimación de máxima verosimilitud mediante el algoritmo de Gauss-Newton	409
Problemas	409

Capítulo 13. Modelos de series temporales	413
13.1. Introducción	413
13.2. Primeras definiciones	414
13.2.a. Proceso estocástico, ruido blanco, paseo aleatorio	414
13.2.b. Estacionariedad	415
13.2.c. Estimación de las funciones de autocorrelación de un proceso estacionario	417
13.3. Modelos autorregresivos	419
13.4. Modelos de medias móviles	423
13.5. Modelos ARMA	427
13.6. Variables no estacionarias	429
13.7. Estacionariedad e invertibilidad	430
13.8. Estacionalidad	431
13.9. Predicción con modelos ARIMA	432
13.9.a. Modelos autorregresivos	432
13.9.b. Modelos de medias móviles	434
13.9.c. El modelo ARMA(1, 1)	434
13.9.d. Error de predicción	435
13.9.e. Intervalos de confianza para las predicciones	438
13.9.f. Predicción de una serie en diferencias	438
13.10. Estimación de modelos ARIMA	439
13.10.a. Estimación de modelos autorregresivos	439
13.10.b. Estimación de modelos de medias móviles	440
13.10.c. Obtención de valores iniciales para los parámetros del modelo	443
13.11. Diagnóstico del modelo	444
13.11.a. Análisis de residuos	445
13.11.b. Sobreparametrización y sobrediferenciación	447
13.11.c. Valores influyentes y anomalías. Análisis de intervención	449
13.12. Modelos de función de transferencia	450
13.12.a. Identificación del modelo de función de transferencia	453
13.12.b. Identificación con preblanqueo	454
13.12.c. Identificación de un modelo para el ruido	455
13.12.d. Estimación de un modelo de función de transferencia	456
13.12.e. Diagnóstico del modelo de función de transferencia	458
13.13. Algunos ejemplos	459
Problemas	469
Capítulo 14. Regresión con variables no estacionarias	477
14.1. Introducción	477
14.1.a. Primeras definiciones	477
14.1.b. Regresión entre procesos no estacionarios	479
14.2. Contrastes de raíz unitaria de Dickey y Fuller	481
14.3. Contrastación en modelos autorregresivos de orden superior	485
14.4. Contrastación en modelos con estructura MA	486
14.5. Contraste de k raíces unitarias	487
14.6. Integración y estacionalidad	487
14.6.a. Raíz unitaria estacional	488
14.6.b. Raíz unitaria regular, junto con raíz unitaria estacional	489
14.7. Estacionariedad y cointegración	490
14.7.a. Cointegración y el modelo de corrección de error (MCE)	492
14.7.b. Estimación de modelos de corrección de error	494

14.7.c. Contrastes de cointegración	495
14.7.d. Contrastes de cointegración estacional	498
14.8. Aplicaciones del concepto de cointegración	499
14.8.a. Una síntesis	499
14.8.b. La eficiencia de un mercado financiero	500
14.8.c. La cointegración del Consumo y el PIB españoles	502
Capítulo 15. Datos de panel	504
15.1. Descripción del problema	504
15.2. El modelo de efectos aleatorios	506
15.3. Estimación eficiente en ausencia de correlaciones entre los efectos individuales no observables y las restantes variables explicativas (El estimador de Balestra-Nerlove)	508
15.4. Estimación consistente en presencia de correlaciones entre los efectos individuales no observables y las restantes variables explicativas	511
15.4.a. El estimador intragrupos	511
15.4.b. El estimador en primeras diferencias	513
15.4.c. El estimador entre grupos	514
15.4.d. Relación entre estimadores	514
15.5. Contrastes de especificación	514
15.6. Modelos dinámicos	516
15.6.a. Estimación consistente de modelos autorregresivos	516
15.6.b. Contrastes de especificación en modelos dinámicos	518
15.6.c. Modelos dinámicos con variables predeterminadas	519
15.7. Identificación de efectos individuales en el estimador intragrupos	520
Problemas	524
Capítulo 16. Variables dependientes cualitativas y limitadas	529
Parte I: Modelos de elección discreta	529
16.1. Introducción	529
16.2. Modelos de elección binaria	530
16.3. El modelo lineal de probabilidad	531
16.3.a. Observaciones repetidas	532
16.3.b. Estimación por mínimos cuadrados generalizados	534
16.4. Las decisiones de los individuos por medio de indicadores	536
16.4.a. El modelo probit	537
16.4.b. El modelo logit	540
16.5. Inferencia en modelos de elección discreta	545
16.5.a. Interpretación de los coeficientes estimados	545
16.5.b. La bondad de ajuste del modelo	546
16.5.c. Contrastación de hipótesis	547
16.6. Modelos de alternativas múltiples	548
Parte II: Variables dependientes limitadas	550
16.7. Variables dependientes truncadas	550
16.7.a. Estimación de máxima verosimilitud	551
16.8. Variables dependientes censuradas	552
16.8.a. Estimación de mínimos cuadrados	554
16.8.b. Estimación de máxima verosimilitud	555
16.8.c. Procedimiento de Fair	556

16.9. Modelos con selección muestral	558
Problemas	560
Capítulo 17. Modelos de ecuaciones simultáneas. I. Especificación e identificación.	565
17.1. Especificación del modelo de ecuaciones simultáneas	565
17.2. Formas estructural y reducida	569
17.3. Estimación de la forma reducida	572
17.4. El problema de identificación	574
17.5. Identificación mediante restricciones de exclusión	576
17.6. Identificación con restricciones lineales homogéneas	586
17.7. Identificación con restricciones lineales no homogéneas	590
17.8. Restricciones no lineales	591
17.9. Identificación bajo restricciones entre coeficientes de distintas ecuaciones	591
17.10. Identificación con restricciones sobre la matriz de covarianzas	593
Problemas	594
Capítulo 18. Modelos de ecuaciones simultáneas. II. Estimación	599
18.1. Dificultades en la estimación por mínimos cuadrados ordinarios	599
18.2. Estimación por mínimos cuadrados indirectos	603
18.3. Estimación por variables instrumentales	608
18.4. El estimador de mínimos cuadrados en dos etapas	615
18.5. El estimador de máxima verosimilitud con información limitada	624
18.6. Estimación por mínimos cuadrados en tres etapas	625
18.7. El método de máxima verosimilitud con información completa	630
18.8. Sistemas recursivos	632
18.9. Comparación entre los distintos estimadores	634
Problemas	634
Apéndice	645
Bibliografía	663
Índice	669