

Contenido

Prólogo xxi
Prólogo a la edición en español xxv
Lista de ejemplos xxvii
Lista de teoremas y resultados útiles xxxiii
Lista de definiciones xxxvii

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN 1

- 1.1. Econometría 1**
- 1.2. Modelación econométrica 1**
- 1.3. Econometría teórica y aplicada 3**
- 1.4. Plan del libro 3**

CAPÍTULO 2 ÁLGEBRA MATRICIAL 5

- 2.1. Introducción 5**
- 2.2. Terminología 5**
- 2.3. Operaciones con matrices 7**
 - 2.3.1. Igualdad de matrices 7
 - 2.3.2. Matriz transpuesta 7
 - 2.3.3. Suma de matrices 7
 - 2.3.4. Producto de matrices 8
 - 2.3.5. Sumas de elementos 10
 - 2.3.6. Una matriz idempotente útil 11
- 2.4. Geometría de matrices 13**
 - 2.4.1. Espacio vectorial 13
 - 2.4.2. Combinaciones lineales de vectores y base vectorial 15
 - 2.4.3. Dependencia lineal 16
 - 2.4.4. Subespacios 17
 - 2.4.5. Rango de una matriz 18
 - 2.4.6. Determinación de una matriz 20
 - 2.4.7. Solución de mínimos cuadrados 22

2.5. Solución de un sistema de ecuaciones lineales	24
2.5.1. <i>Sistemas de ecuaciones lineales</i>	24
2.5.2. <i>Matrices inversas</i>	25
2.5.3. <i>Sistemas de ecuaciones no homogéneos</i>	27
2.6. Matrices particionadas	27
2.6.1. <i>Suma y producto de matrices particionadas</i>	27
2.6.2. <i>Determinantes de matrices particionadas</i>	28
2.6.3. <i>Inversas de matrices particionadas</i>	28
2.6.4. <i>Desviaciones respecto de la media</i>	29
2.6.5. <i>Productos de Kronecker</i>	30
2.7. Raíces y vectores característicos	30
2.7.1. <i>La ecuación característica</i>	30
2.7.2. <i>Vectores característicos</i>	31
2.7.3. <i>Resultados generales para raíces y vectores característicos</i>	32
2.7.4. <i>Diagonalización y descomposición espectral de una matriz</i>	33
2.7.5. <i>Rango de una matriz</i>	33
2.7.6. <i>Número de condición de una matriz</i>	34
2.7.7. <i>Traza de una matriz</i>	35
2.7.8. <i>Determinante de una matriz</i>	35
2.7.9. <i>Potencias de una matriz</i>	36
2.7.10. <i>Matrices idempotentes</i>	37
2.7.11. <i>Factorización de una matriz</i>	38
2.7.12. <i>La inversa generalizada de una matriz</i>	38
2.8. Formas cuadráticas y matrices definidas	39
2.8.1. <i>Matrices definidas no negativas</i>	40
2.8.2. <i>Formas cuadráticas idempotentes</i>	41
2.8.3. <i>Clasificación de matrices</i>	41
2.9. Cálculo y álgebra matricial	42
2.9.1. <i>Diferenciación y las series de Taylor</i>	42
2.9.2. <i>Optimización</i>	46
2.9.3. <i>Optimización restringida</i>	47
2.9.4. <i>Transformaciones</i>	50
Ejercicios	51

CAPÍTULO 3 PROBABILIDAD Y TEORÍA DE LA DISTRIBUCIÓN 55

3.1. Introducción	55
3.2. Variables aleatorias	55
3.2.1. <i>Distribuciones de probabilidad</i>	55
3.2.2. <i>Función de distribución</i>	56
3.3. Esperanzas y variables aleatorias	57
3.4. Algunas distribuciones de probabilidad específicas	59
3.4.1. <i>La distribución normal</i>	59
3.4.2. <i>Las distribuciones chi-cuadrado t y F</i>	60
3.4.3. <i>Distribuciones con muchos grados de libertad</i>	61
3.4.4. <i>Distribuciones de tamaños. La distribución lognormal</i>	62
3.4.5. <i>Las distribuciones gamma y exponencial</i>	63
3.4.6. <i>La distribución beta</i>	63
3.4.7. <i>La distribución logística</i>	63
3.4.8. <i>Variables aleatorias discretas</i>	63
3.5. La distribución de una función de una variable aleatoria	64
3.6. Distribuciones conjuntas	66
3.6.1. <i>Distribuciones marginales</i>	66
3.6.2. <i>Esperanzas en una distribución conjunta</i>	67

- 3.6.3. Covarianza y correlación 67
- 3.6.4. Distribución de una función de variables aleatorias bivariantes 68
- 3.7. Distribuciones condicionadas (caso bivalente) 69**
 - 3.7.1. Regresión. La media condicional 70
 - 3.7.2. Varianza condicional 71
 - 3.7.3. Relaciones entre momentos condicionales y marginales 72
 - 3.7.4. El análisis de la varianza 74
- 3.8. La distribución normal bivalente 75**
- 3.9. Distribuciones multivariantes 76**
 - 3.9.1. Momentos 76
 - 3.9.2. Conjuntos de funciones lineales 77
 - 3.9.3. Funciones no lineales 78
- 3.10. La distribución normal multivariante 78**
 - 3.10.1. Distribuciones marginales y condicionales normales 79
 - 3.10.2. Funciones lineales de vectores normales 80
 - 3.10.3. Formas cuadráticas en un vector normal estandarizado 80
 - 3.10.4. La distribución F 82
 - 3.10.5. Una forma cuadrática de rango completo 82
 - 3.10.6. Independencia de una forma lineal y una cuadrática 83
- Ejercicios 84**

CAPÍTULO 4 INFERENCIA ESTADÍSTICA 89

- 4.1. Introducción 89**
- 4.2. Muestras y distribuciones muestrales 89**
 - 4.2.1. Muestreo aleatorio 89
 - 4.2.2. Estadísticos descriptivos 90
 - 4.2.3. Distribución muestral 93
- 4.3. Estimación puntual de parámetros 94**
 - 4.3.1. Estimación con una muestra finita 94
 - 4.3.2. Estimación insesgada eficiente 98
- 4.4. Teoría asintótica 102**
 - 4.4.1. Convergencia en probabilidad 102
 - 4.4.2. Convergencia en distribuciones y distribuciones límite 105
 - 4.4.3. Distribuciones asintóticas 110
 - 4.4.4. Distribución asintótica de una función no lineal 112
 - 4.4.5. Esperanza asintótica 113
- 4.5. Estimación eficiente. Máxima verosimilitud 114**
 - 4.5.1. Propiedades de los estimadores de máxima verosimilitud 118
 - 4.5.2. Estimación de la varianza asintótica del estimador de máxima verosimilitud 123
- 4.6. Estimación en dos etapas 125**
- 4.7. Estimación consistente: El método de los momentos 129**
 - 4.7.1. Muestreo aleatorio y estimación de parámetros de una distribución 129
 - 4.7.2. Cálculo de la varianza del estimador del método de los momentos 133
- 4.8. Estimación de intervalos 136**
- 4.9. Contraste de hipótesis 138**
 - 4.9.1. Procedimiento para realizar el contraste 139
 - 4.9.2. Contrastes basados en intervalos de confianza 141
 - 4.9.3. Tres contrastes asintóticamente equivalentes 142
 - 4.9.3a. El contraste de razón de verosimilitudes 144
 - 4.9.3b. El contraste de Wald 145
 - 4.9.3c. El contraste del multiplicador de Lagrange 147
 - 4.9.4. Un ejemplo de los procedimientos de contraste 148
- Ejercicios 150**

CAPÍTULO 5 CÓMPUTO Y OPTIMIZACIÓN 155

- 5.1. Introducción 155**
- 5.2. Cómputo digital 156**
- 5.3. Introducción y generación de datos 157**
 - 5.3.1. Base de datos 157
 - 5.3.2. Generación de números pseudo-aleatorios 158
 - 5.3.2a. Muestreo de una población uniforme estándar 158
 - 5.3.2b. Muestreo en distribuciones continuas 159
 - 5.3.2c. Muestreo de una población normal multivariante 159
 - 5.3.2d. Muestreo de una población discreta 160
 - 5.3.2e. El generador de muestras de Gibbs 160
 - 5.3.3. Estudios de Monte Carlo 162
 - 5.3.4. Bootstrapping 164
- 5.4. Cómputo en econometría 164**
 - 5.4.1. Sumatorios y multiplicaciones 164
 - 5.4.2. Cálculo de integrales 166
 - 5.4.2a. La función de distribución acumulada de la normal estándar 166
 - 5.4.2b. La gamma y funciones relacionadas 167
 - 5.4.2c. Aproximación de integrales por cuadratura 168
 - 5.4.2d. La integración de Monte Carlo 170
 - 5.4.2e. Probabilidades y momentos simulados de una normal multivariante 172
 - 5.4.3. Cálculo de derivadas 174
- 5.5. Optimización 175**
 - 5.5.1. Algoritmos 176
 - 5.5.2. Métodos gradiente 178
 - 5.5.3. Aspectos de la estimación máximo verosímil 180
 - 5.5.4. Optimización con restricciones 185
 - 5.5.5. Algunas consideraciones prácticas 186
- 5.6. Ejemplos 187**
- Ejercicios 191**

CAPÍTULO 6 EL MODELO CLÁSICO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE LINEAL: ESPECIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN 193

- 6.1. Introducción 193**
- 6.2. El modelo lineal 193**
- 6.3. Supuestos del modelo clásico de regresión lineal 197**
 - 6.3.1. Linealidad del modelo de regresión 197
 - 6.3.2. Rango completo 201
 - 6.3.3. Regresión 202
 - 6.3.4. Perturbaciones esféricas 203
 - 6.3.5. Regresores no estocásticos 204
 - 6.3.6. Normalidad 204
 - 6.3.7. Resumen 205
- 6.4. Regresión por mínimos cuadrados 206**
 - 6.4.1. El vector de coeficientes de mínimos cuadrados 207
 - 6.4.2. Aspectos algebraicos de la solución de mínimos cuadrados 213
 - 6.4.3. Regresión particionada y regresión parcial 214
 - 6.4.4. Regresión parcial y coeficientes de correlación parcial 216
- 6.5. Bondad del ajuste y análisis de la varianza 218**
- 6.6. Propiedades estadísticas del estimador de mínimos cuadrados en muestras finitas 224**
 - 6.6.1. Regresores no estocásticos 225
 - 6.6.2. Regresores estocásticos 227
 - 6.6.3. Normalidad y la distribución de \mathbf{b} 228

- 6.6.4. Estimación de σ^2 y de la varianza de \mathbf{b} 229
- 6.6.5. Contraste de hipótesis sobre un coeficiente 230
- 6.6.6. Intervalos de confianza para los parámetros 232
- 6.6.7. Contraste de la significatividad de la regresión 233
- 6.6.8. Contrastes estadísticos con \mathbf{X} estocástico y ϵ normal 235
- 6.7. Resultados para grandes muestras para el modelo clásico de regresión 236**
 - 6.7.1. Propiedades de mínimos cuadrados e muestras finitas 236
 - 6.7.2. Consistencia del estimador de mínimos cuadrados de β 237
 - 6.7.3. Normal asintótica del estimador de mínimos cuadrados 239
 - 6.7.4. Consistencia de s^2 y del estimador de Asy. Var[\mathbf{b}] 241
 - 6.7.5. Distribución asintótica de una función de \mathbf{b} . El método delta 242
 - 6.7.6. Comportamiento asintótico de los contrastes estadísticos estándar 244
 - 6.7.7. Observaciones independientes en regresores estocásticos 247
 - 6.7.8. Correlación entre x_i y ϵ_i . Estimación por variables instrumentales 250
 - 6.7.9. Heterogeneidad en las distribuciones de x_i 256
 - 6.7.10. Observaciones dependientes 258
- 6.8. Perturbaciones distribuidas normalmente 260**
 - 6.8.1. Eficiencia asintótica. Estimación máximo verosímil 260
 - 6.8.2. Regresores estocásticos 262
 - 6.8.3. Contrastes estadísticos de Wald, multiplicador de Lagrange y razón de verosimilitud 263
 - 6.8.4. Casos en los que los mínimos cuadrados son ineficientes 266
 - 6.8.5. Criterios alternativos de estimación 266
 - 6.8.6. Detección de desviaciones a la normalidad 267
- 6.9. Estimación bayesiana 269**
 - 6.9.1. Análisis bayesiano del modelo clásico de regresión 270
 - 6.9.2. Estimación puntual 274
 - 6.9.3. Estimación de un intervalo 275
 - 6.9.4. Estimación con una densidad previa informativa 275
 - 6.9.5. Contraste de hipótesis 277
- Ejercicios 280**

CAPÍTULO 7 INFERENCIA Y PREDICCIÓN 289

- 7.1. Introducción 289**
- 7.2. Contraste de restricciones 289**
 - 7.2.1. Dos enfoques del contraste de hipótesis 290
 - 7.2.2. Contraste de un conjunto de restricciones lineales 290
 - 7.2.3. Contraste de una restricción lineal 291
 - 7.2.4. Contraste de J restricciones lineales 292
 - 7.2.5. Un contraste basado en una región de confianza 294
 - 7.2.6. Perturbaciones no normales 296
- 7.3. El estimador de mínimos cuadrados restringido 296**
- 7.4. Un contraste basado en la pérdida de ajuste 297**
- 7.5. Ejemplos y algunos procedimientos generales 299**
- 7.6. Contrastes de cambio estructural 303**
 - 7.6.1. Vectores de parámetros diferentes 304
 - 7.6.2. Términos constantes diferentes 305
 - 7.6.3. Cambios en un subconjunto de coeficientes 306
 - 7.6.4. Observaciones insuficientes 306
- 7.7. Contrastes de cambio estructural con varianzas diferentes 307**
- 7.8. Contrastes alternativos de estabilidad del modelo 308**
- 7.9. Contraste de restricciones no lineales 312**
- 7.10. Elección entre modelos no anidados 315**
 - 7.10.1. Un modelo global 316

- 7.10.2. *El contraste J* 316
- 7.10.3. *El contraste de Cox* 317
- 7.11. Predicción 319**
 - 7.11.1. *Un método conveniente para calcular las predicciones* 321
 - 7.11.2. *Medición de la precisión de la predicción* 322
- Ejercicios 324**

CAPÍTULO 8 FORMA FUNCIONAL, NO LINEALIDAD Y ESPECIFICACIÓN 329

- 8.1. Introducción 329**
- 8.2. Variables ficticias 329**
 - 8.2.1. *Comparación de dos medias* 329
 - 8.2.2. *Variables binarias en la regresión* 331
 - 8.2.3. *Varias categorías* 333
 - 8.2.4. *Varios agrupamientos* 333
 - 8.2.5. *Efectos umbrales* 335
 - 8.2.6. *Interacciones y regresión Spline* 336
- 8.3. No linealidad en las variables 338**
 - 8.3.1. *Formas funcionales* 339
 - 8.3.2. *Identificación de la no linealidad* 341
 - 8.3.3. *Identificación y linealidad intrínseca* 343
- 8.4. Análisis de especificación 346**
 - 8.4.1. *Selección de variables* 346
 - 8.4.2. *Omisión de variables relevantes* 348
 - 8.4.3. *Inclusión de variables irrelevantes* 350
- 8.5. Estimadores sesgados y estimadores precontrastos 351**
 - 8.5.1. *Contraste del error-cuadrado-medio* 351
 - 8.5.2. *Estimadores pre contrastos* 354
 - 8.5.3. *Restricciones de desigualdad* 356
- Ejercicios 357**

CAPÍTULO 9 PROBLEMAS DE LOS DATOS 363

- 9.1. Introducción 363**
- 9.2. Multicolinealidad 363**
 - 9.2.1. *Colinealidad perfecta* 264
 - 9.2.2. *Multicolinealidad aproximada* 364
 - 9.2.3. *Detección de la multicolinealidad* 364
 - 9.2.4. *Soluciones propuestas al problema de la multicolinealidad* 367
 - 9.2.5. *Conclusión* 371
- 9.3. Observaciones incompletas 371**
- 9.4. Datos agrupados 374**
- 9.5. Errores de medida y variables aproximadas 377**
 - 9.5.1. *Una variable medida con error* 378
 - 9.5.2. *Regresión múltiple con errores de medida* 381
 - 9.5.3. *El método de variables instrumentales* 382
 - 9.5.4. *Variables aproximadas* 383
 - 9.5.5. *Un contraste de especificación para detectar errores de medida* 384
- 9.6. Diagnóstico de la regresión y datos influyentes 385**
- Ejercicios 387**

CAPÍTULO 10 MODELOS DE REGRESIÓN NO LINEAL 391

- 10.1. Introducción 391**
- 10.2. Modelos de regresión no lineal 391**
 - 10.2.1. *La regresión linealizada* 392
 - 10.2.2. *El estimador de mínimos cuadrados no lineales* 394

- 10.2.3. *Cálculo del estimador de mínimos cuadrados no lineales* 395
- 10.2.4. *Un contraste de especificación para regresiones no lineales: contraste de la especificación lineal frente a la lineal logarítmica* 399
- 10.2.5. *Estimación mediante variables instrumentales no lineales* 401
- 10.2.6. *Estimación por mínimos cuadrados no lineales en dos etapas* 404
- 10.3. Transformación paramétrica de la variable dependiente** 410
- 10.4. La transformación Box-Cox** 416
 - 10.4.1. *Transformación de las variables independientes* 417
 - 10.4.2. *Transformación del modelo* 419
 - 10.4.3. *Un contraste para (Log-) linealidad* 422
- 10.5. Contraste de hipótesis y restricciones paramétricas** 423
 - 10.5.1. *Un contraste F válido asintóticamente* 423
 - 10.5.2. *Contraste de Wald* 424
 - 10.5.3. *Contraste de la razón de verosimilitud* 424
 - 10.5.4. *Contraste del multiplicador de Lagrange* 425
- Ejercicios** 428

CAPÍTULO 11 PERTURBACIONES NO ESFÉRICAS, REGRESIÓN GENERALIZADA Y ESTIMACIÓN GMM 431

- 11.1. Introducción** 431
- 11.2. Consecuencias de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios** 432
 - 11.2.1. *Propiedades en muestras finitas de los mínimos cuadrados ordinarios* 433
 - 11.2.2. *Propiedades asintóticas de los mínimos cuadrados* 433
 - 11.2.3. *Propiedades asintóticas de los mínimos cuadrados no lineales* 435
 - 11.2.4. *Propiedades asintóticas del estimador de variables instrumentales* 436
 - 11.2.5. *Estimación robusta o matrices de varianzas y covarianzas asintóticas* 437
- 11.3. Estimación eficiente** 440
 - 11.3.1. *Mínimos cuadrados generalizados (MCG)* 440
 - 11.3.2. *Estimación máximo verosímil* 442
- 11.4. Estimación cuando Ω es desconocida** 444
 - 11.4.1. *Mínimos cuadrados generalizados factibles* 444
 - 11.4.2. *Estimación máximo verosímil* 445
- 11.5. El estimador del método generalizado de momentos (MGM)** 449
 - 11.5.1. *Métodos de estimadores de momentos* 449
 - 11.5.2. *El método generalizado de momentos* 451
 - 11.5.3. *Cálculo de q y uso de matrices de pesos no óptimas* 455
 - 11.5.4. *Contraste de validación de restricciones de momentos* 456
 - 11.5.5. *Estimación MGM en modelos econométricos* 457
- 11.6. Contrastes de hipótesis en el marco MGM** 461
 - 11.6.1. *Contrastes MGM equivalentes a los contrastes de Wald, LM, y LR* 461
 - 11.6.2. *Contraste de momentos condicionales* 463
- Ejercicios** 465

CAPÍTULO 12 HETEROCEDASTICIDAD 469

- 12.1. Introducción** 469
- 12.2. Estimación mínimo cuadrática ordinaria** 471
 - 12.2.1. *Ineficiencia de los mínimos cuadrados* 472
 - 12.2.2. *La matriz de varianzas y covarianzas estimada de b* 473
 - 12.2.3. *Estimación de la matriz de varianzas y covarianzas apropiada para mínimos cuadrados ordinarios* 475
- 12.3. Contrastes de heterocedasticidad** 477
 - 12.3.1. *El contraste general de White* 477
 - 12.3.2. *El contraste de Goldfeld-Quandt* 478
 - 12.3.3. *El contraste de Breusch-Pagan/Godfrey* 479

- 12.3.4. *Contraste de heterocedasticidad por grupos* 480
- 12.3.5. *Contrastes basados en regresiones: el contraste de Glesjer (1969)* 481
- 12.4. **Mínimos cuadrados generalizados cuando Ω es conocida** 481
- 12.5. **Estimación cuando Ω contiene parámetros desconocidos** 484
 - 12.5.1. *Estimación en dos etapas* 484
 - 12.5.2. *Estimación máximo verosímil* 487
- 12.6. **Conclusiones generales** 492
- 12.7. **Heterocedasticidad condicional autorregresiva** 494
- Ejercicios** 497

CAPÍTULO 13 PERTURBACIONES AUTOCORRELACIONADAS 501

- 13.1. **Introducción** 501
- 13.2. **El análisis de series temporales** 503
- 13.3. **Procesos de la perturbación** 505
 - 13.3.1. *Características de los procesos de la perturbación* 505
 - 13.3.2. *Perturbaciones AR(1)* 506
- 13.4. **Estimación mínimo cuadrática** 508
 - 13.4.1. *Estimación MCO con variables dependientes retardadas* 509
 - 13.4.2. *Eficiencia de los mínimos cuadrados* 510
 - 13.4.3. *Estimación de la varianza del estimador de mínimos cuadrados* 512
- 13.5. **Contrastes de autocorrelación** 513
 - 13.5.1. *El contraste de Durbin-Watson* 513
 - 13.5.2. *Otros procedimientos de contraste* 515
 - 13.5.3. *Contrastes en presencia de variables dependientes retardadas* 517
- 13.6. **Estimación eficiente cuando Ω es conocida** 518
 - 13.6.1. *Mínimos cuadrados generalizados* 518
 - 13.6.2. *Estimación máximo verosímil* 519
- 13.7. **Estimación cuando Ω es desconocida** 520
 - 13.7.1. *Perturbaciones AR(1)* 520
 - 13.7.2. *Perturbaciones AR(2)* 524
 - 13.7.3. *Estimación con una variable dependiente retardada* 525
- 13.8. **Predicción en presencia de autocorrelación** 526
- Ejercicios** 528

CAPÍTULO 14 MODELOS PARA DATOS DE PANEL 531

- 14.1. **Introducción** 531
- 14.2. **Modelos de datos de panel** 531
- 14.3. **Efectos fijos** 534
 - 14.3.1. *Contraste de significatividad de los efectos de grupo* 536
 - 14.3.2. *Los estimadores intra y entre grupos* 536
 - 14.3.3. *Efectos fijos de grupo y de tiempo* 538
 - 14.3.4. *Paneles incompletos y efectos fijos* 539
- 14.4. **Efectos aleatorios** 540
 - 14.4.1. *Mínimos cuadrados generalizados* 541
 - 14.4.2. *Mínimos cuadrados generalizados factibles cuando Ω es desconocida* 543
 - 14.4.3. *Contraste de efectos aleatorios* 545
 - 14.4.4. *Contraste de Hausman para efectos fijos y aleatorios* 548
 - 14.4.5. *Paneles incompletos y efectos aleatorios* 549
- 14.5. **Heterocedasticidad y estimación robusta de la covarianza** 550
 - 14.5.1. *Estimación robusta del modelo de efectos fijos* 551
 - 14.5.2. *Heterocedasticidad en el modelo de efectos aleatorios* 552
- 14.6. **Autocorrelación** 553

- 14.7. Modelos dinámicos 554
- 14.8. Conclusiones 556
- Ejercicios 556

CAPÍTULO 15 SISTEMAS DE ECUACIONES DE REGRESIÓN 561

- 15.1. Introducción 561
- 15.2. Estructuras de covarianzas para datos de series temporales de secciones cruzadas 564
 - 15.2.1. Heterocedasticidad de sección cruzada 565
 - 15.2.2. Correlación de sección cruzada 570
 - 15.2.3. Autocorrelación de sección cruzada 573
 - 15.3.4. Resumen 576
- 15.3. Un modelo de coeficientes aleatorios 578
- 15.4. Modelos de regresión aparentemente no relacionados 583
 - 15.4.1. Mínimos cuadrados generalizados 583
 - 15.4.2. Mínimos cuadrados generalizados factibles 585
 - 15.4.3. Estimación por máxima verosimilitud 589
 - 15.4.3a. MCGF iterador 589
 - 15.4.3b. Estimación por máxima verosimilitud directa 589
 - 15.4.4. Autocorrelación 593
- 15.5. Sistemas de ecuaciones de demanda. Sistemas singulares 595
- 15.6. Formas funcionales flexibles: La función de costes translogarítmica 599
- 15.7. Sistemas no lineales y estimación MGM 603
 - 15.7.1. Estimación MCG 604
 - 15.7.2. Estimación por máxima verosimilitud 606
 - 15.7.3. Estimación MGM 607
- Ejercicios 609

CAPÍTULO 16 MODELOS DE ECUACIONES SIMULTÁNEAS 613

- 16.1. Introducción 613
- 16.2. Cuestiones fundamentales en modelos de ecuaciones simultáneas 613
 - 16.2.1. Sistemas de ecuaciones ilustrativos 614
 - 16.2.2. Endogeneidad y causalidad 616
 - 16.2.3. Una notación general para modelos de ecuaciones simultáneas 618
 - 16.2.4. Sistemas de ecuaciones no lineales 621
- 16.3. El problema de la identificación 622
 - 16.3.1. Las condiciones de rango y de orden para la identificación 626
 - 16.3.2. Identificación mediante información extra-muestral 631
- 16.4. Método de estimación 635
- 16.5. Método de ecuación única. Información limitada 635
 - 16.5.1. Mínimos cuadrados ordinarios 635
 - 16.5.1a. Estimación de mínimos cuadrados de sistemas triangulares 637
 - 16.5.1b. Mínimos cuadrados indirectos 638
 - 16.5.2. Estimación por variables instrumentales y MGM 638
 - 16.5.2a. Estimación de una ecuación exactamente identificada 639
 - 16.5.2b. Mínimos cuadrados bietápicos 640
 - 16.5.2c. Estimación MGM 642
 - 16.5.2d. Máxima verosimilitud con información limitada y los estimadores de clase k 643
 - 16.5.2e. Mínimos cuadrados en dos etapas con autocorrelación 647
 - 16.5.2f. Mínimos cuadrados en dos etapas en modelos no lineales en las variables 648
- 16.6. Métodos de estimación de sistemas 649

- 16.6.1. *Mínimos cuadrados en tres etapas* 650
- 16.6.2. *Máxima verosimilitud con información completa* 651
- 16.6.3. *Estimación MGM* 654
- 16.7. Comparación de métodos** 656
- 16.8. Contrastes de especificación** 657
- 16.9. Propiedades de los modelos dinámicos** 660
 - 16.9.1. *Modelos dinámicos y sus multiplicadores* 660
 - 16.9.2. *Estabilidad* 663
 - 16.9.3. *Ajuste hacia el equilibrio* 665
- Ejercicios** 668
- Apéndice** 669

CAPÍTULO 17 Regresiones con variables retardadas 675

- 17.1. Introducción** 675
- 17.2. Modelos de retardos distribuidos** 676
 - 17.2.1. *Efectos retardados en un modelo de regresión* 676
 - 17.2.2. *Los operadores de retardos y de diferencias* 678
 - 17.2.3. *Modelos de retardos distribuidos finitos no restringidos* 679
 - 17.2.4. *Modelos de retardos distribuidos polinomiales* 682
 - 17.2.4a. *Estimación por mínimos cuadrados restringidos* 685
 - 17.2.4b. *Determinación del grado del polinomio* 687
 - 17.2.4c. *Determinación de la longitud del retardo* 687
 - 17.2.5. *El modelo de retardos geométrico. Una variable dependiente retardada* 688
 - 17.2.5a. *Modelos económicos con retardos geométricos* 689
 - 17.2.5b. *Estimación del modelo geométrico de retardos en forma autorregresiva* 690
 - 17.2.5c. *Residuos no correlacionados* 690
 - 17.2.5d. *Errores autocorrelacionados. Variables instrumentales* 691
 - 17.2.5e. *Errores autorregresivos. Estimados de Hatanaka y el estimador máximo verosímil* 691
- 17.3. Modelos de regresión dinámicos** 694
 - 17.3.1. *Mínimos cuadrados no lineales. Estimación de modelos ARMA y ARMAX* 695
 - 17.3.2. *Cálculo de las ponderaciones de los retardos en el modelo ARMAX* 699
 - 17.3.3. *Estabilidad de una ecuación dinámica* 700
 - 17.3.4. *Predicción* 702
- 17.4. Vectores autorregresivos** 703
 - 17.4.1. *Contrastes de causalidad de Granger* 704
 - 17.4.2. *Funciones de respuesta al impulso* 705
 - 17.4.3. *VAR estructurales* 707
 - 17.4.4. *VAR en microeconomía* 707
- Ejercicios** 708

CAPÍTULO 18 MODELOS DE SERIES TEMPORALES 709

- 18.1. Introducción** 709
- 18.2. Procesos estocásticos estacionarios** 710
 - 18.2.1. *Procesos autorregresivos y de medias móviles* 710
 - 18.2.2. *Estacionariedad e invertibilidad* 712
 - 18.2.3. *Autocorrelaciones de un proceso estacionario estocástico* 714
 - 18.2.4. *Autocorrelaciones parciales de un proceso estocástico estacionario* 717
 - 18.2.5. *Modelización de series temporales univariantes* 719
 - 18.2.6. *Estimación de los parámetros de una serie temporal univariante* 720
- 18.3. Procesos no estacionarios y raíces unitarias** 724
 - 18.3.1. *Procesos integrados y diferenciación* 724

- 18.3.2. *Paseos aleatorios, tendencias, y regresiones espúricas* 727
- 18.3.3. *Contrastes de raíces unitarias en datos económicos* 729
- 18.4. Cointegración 732**
 - 18.4.1. *Tendencias comunes* 734
 - 18.4.2. *Corrección del error y representación VAR* 735
 - 18.4.3. *Análisis de cointegración* 736
 - 18.4.4. *Estimación de relaciones de cointegración* 738
- 18.5. Heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada 738**
 - 18.5.1. *Estimación máximo verosímil del modelo GARCH* 740
 - 18.5.1a. *Estimación de los parámetros de la varianza* 741
 - 18.5.1b. *Estimación de los parámetros de la regresión* 742
 - 18.5.1c. *Cálculo de las derivadas* 743
 - 18.5.1d. *Resumen* 744
 - 18.5.2. *Estimación por pseudo-máxima verosimilitud* 744
 - 18.5.3. *Contraste para los efectos GARCH* 745
- Ejercicios 747**

CAPÍTULO 19 MODELOS CON VARIABLES DEPENDIENTES DISCRETAS 749

- 19.1. Introducción 749**
- 19.2. Modelos de elección discreta 749**
- 19.3. Modelos de elección binaria 750**
 - 19.3.1. *Los modelos de elección binaria como modelos de regresión* 751
 - 19.3.2. *Función índice y modelos de utilidad aleatoria* 756
- 19.4. Estimación e inferencia en modelos de elección binaria 758**
 - 19.4.1. *Contrastes de especificación en modelos de elección binaria* 763
 - 19.4.1a. *Contraste de variables omitidas* 764
 - 19.4.1b. *Contraste de heterocedasticidad* 764
 - 19.4.2. *Medidas de bondad de ajuste* 766
 - 19.4.3. *Análisis de datos de proporciones* 768
- 19.5. Desarrollos recientes en modelos de elección binaria 770**
 - 19.5.1. *Modelos para datos de panel con efectos fijos y aleatorios* 770
 - 19.5.2. *Análisis semiparamétrico* 774
 - 19.5.3. *El estimador de máximo tanteo* 775
 - 19.5.4. *Estimador núcleo de una función de regresión no paramétrica* 777
- 19.6. Modelos probit bivariantes y multivariantes 779**
 - 19.6.1. *Estimación máximo verosímil* 780
 - 19.6.2. *Extensiones* 783
 - 19.6.2a. *Un modelo probit multivariante* 783
 - 19.6.2b. *Un modelo con censura* 784
- 19.7. Modelos logit para elecciones múltiples 784**
 - 19.7.1. *El modelo logit multinomial* 786
 - 19.7.2. *El modelo logit condicional* 789
 - 19.7.3. *La independencia de alternativas irrelevantes* 791
 - 19.7.4. *Modelos logit anidados* 792
- 19.8. Datos ordenados 796**
- 19.9. Modelos para datos de recuentos 800**
 - 19.9.1. *Medidas de bondad de ajuste* 804
 - 19.9.2. *Censura y truncamiento* 805
 - 19.9.3. *Contraste de sobredisposición* 806
 - 19.9.4. *Heterogeneidad y el modelo de regresión binomial negativo* 808
 - 19.9.5. *Modelos de Poisson para datos de panel* 809
 - 19.9.6. *Modelos de Poisson con obstáculo y con variaciones en cero* 811
- Ejercicios 814**

CAPÍTULO 20 MODELOS CON VARIABLE DEPENDIENTE LIMITADA Y MODELO DE DURACIÓN 817

20.1. Introducción 817

20.2. Truncamiento 818

20.2.1. *Distribuciones truncadas* 818

20.2.2. *Momentos de distribuciones truncadas* 819

20.2.3. *El modelo de regresión truncada* 822

20.2.3a. *Estimación por mínimos cuadrados* 824

20.2.3b. *Estimación por máxima verosimilitud* 824

20.3. Datos censurados 826

20.3.1. *La distribución normal consumada* 827

20.3.2. *El modelo de regresión censurada: Análisis Tobit* 829

20.3.3. *Estimación* 832

20.3.4. *Algunos problemas de especificación* 833

20.3.4a. *Heterocedasticidad* 833

20.3.4b. *Especificación errónea de $\text{Prob}[y^* < 0]$* 835

20.3.4c. *Ausencia de normalidad* 836

20.3.4d. *Contrastes de momentos condicionales* 838

20.4. Selección: Truncamiento selectivo 839

20.4.1. *Truncamiento selectivo en una distribución bivalente* 840

20.4.2. *Regresión en un modelo de selección* 841

20.4.3. *Estimación* 843

20.4.4. *Efecto de tratamientos* 845

20.4.5. *La hipótesis de normalidad* 847

20.4.6. *Selección en modelos de respuesta cualitativa* 847

20.5. Modelos para datos de duración 848

20.5.1. *Datos de duración* 849

20.5.2. *Un enfoque similar al de regresión. Modelos paramétricos de duración* 850

20.5.2a. *Conceptos teóricos* 850

20.5.2b. *Modelos para la razón de fallo* 851

20.5.2c. *Estimación de máxima verosimilitud* 852

20.5.2d. *Variables exógenas* 854

20.5.2e. *Análisis de especificación* 856

20.5.2f. *Heterogeneidad* 858

20.5.3. *Otros enfoques* 859

Ejercicios 861

APÉNDICE DE TABLAS 863

1. *Función de distribución acumulada normal* 863
2. *Ordenadas de la densidad normal estandarizada* 864
3. *Percentiles de la distribución t de Student* 865
4. *Percentiles de la distribución chi-cuadrado* 866
5. *Percentil 95 de la distribución F* 868
6. *Percentil 99 de la distribución F* 870
- 7a. *Estadístico Durbin-Watson. Valores significativos al 1 % de dL y dU* 872
- 7b. *Estadístico Durbin-Watson. Valores significativos al 5 % de dL y dU* 876
8. *Valores significativos al 5 % de $d_{4,L}$ y $d_{4,U}$ para regresiones con variables ficticias trimestrales ($k = k' + 1$)* 880

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 881

ÍNDICE ANALÍTICO 905