
ECONOMETRÍA BÁSICA

Tercera Edición

Damodar N. Gujarati

United States Military Academy, West Point

Traducción

Gladys Arango Medina

Economista de la Universidad de Los Andes

Traductora e intérprete oficial

Revisión técnica

Martha Misas Arango

Investigadora Subgerencia de Estudios Económicos

Banco de la República

McGraw-Hill

Santafé de Bogotá • Buenos Aires • Caracas • Guatemala • Lisboa • Madrid • México

Nueva York • Panamá • San Juan • Santiago de Chile • Sao Paulo

Auckland • Hamburgo • Londres • Milán • Montreal • Nueva Delhi • París

San Francisco • San Luis • Singapur • Sidney • Tokio • Toronto

CONTENIDO

Prefacio	xxi
Introducción	1

Parte 1 Modelos de Regresión Uniecuacionales

1	Naturaleza del Análisis de Regresión	15
1.1	Origen Histórico del Término "Regresión"	15
1.2	Interpretación Moderna de la Regresión	16
	Ejemplos	16
1.3	Relaciones Estadísticas vs. Relaciones Determinísticas	19
1.4	Regresión vs. Causalidad	20
1.5	Regresión vs. Correlación	21
1.6	Terminología y Notación	21
1.7	Naturaleza y Fuentes de Información para el Análisis Econométrico	22
	Tipos de Información	23
	Fuentes de Información	25
	Precisión de la Información	26
1.8	Resumen y Conclusiones	27
	Ejercicios	27
	Apéndice 1A	28
	1A.1 Fuentes de Información Económica	28
	1A.2 Fuentes de Información Financiera	30
2	Análisis de Regresión con Dos Variables:	
	Algunas Ideas Básicas	31
2.1	Ejemplo Hipotético	31
2.2	Concepto de Función de Regresión Poblacional (FRP)	34
2.3	Significado del Término «Lineal»	35
	Linealidad en las Variables	35
	Linealidad en los Parámetros	35
2.4	Especificación Estocástica de la FRP	36
2.5	Significado del Término «Perturbación Estocástica»	38
2.6	Función de Regresión Muestral (FRN)	39
2.7	Resumen y Conclusiones	43
	Ejercicios	43

3	Modelo de Regresión con Dos Variables:	
	Problema de estimación	51
3.1	Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)	51
3.2	Modelo Clásico de Regresión Lineal: Supuestos detrás del Método de Mínimos Cuadrados	58
	¿Qué tan Realistas son estos Supuestos?	67
3.3	Precisión o Errores Estándar de los Mínimos Cuadrados Estimados	68
3.4	Propiedades de los Estimadores de Mínimos Cuadrados:	
	Teorema de Gauss-Markov	70
3.5	Coefficiente de Determinación r^2 : Medida de la «Bondad de Ajuste»	72
3.6	Ejemplo Numérico	78
3.7	Ejemplos Ilustrativos	80
	Consumo de Café en los Estados Unidos, 1970-1980	80
	La Función Keynesiana de Consumo para los Estados Unidos, 1980-1991	82
3.8	Listado de Computador de la Función de Demanda de Café	82
3.9	Nota sobre Experimentos de Monte Carlo	83
3.10	Resumen y Conclusiones	84
	Ejercicios	85
	Preguntas	85
	Problemas	86
	Apéndice 3A	91
	3A.1 Derivación de los Mínimos Cuadrados Estimados	91
	3A.2 Propiedad de Linealidad e Insegamiento de los Estimadores de Mínimos Cuadrados	91
	3A.3 Varianzas y Errores Estándar de los Estimadores de Mínimos Cuadrados	92
	3A.4 Covarianza entre $\hat{\beta}_1$ y $\hat{\beta}_2$	93
	3A.5 Estimador de Mínimos Cuadrados de σ^2	93
	3A.6 Propiedad de Varianza Mínima de los Estimadores de Mínimos Cuadrados	94
	3A.7 Listado SAS de la Función de Demanda de Café (3.7.1.)	96
4	Supuesto de Normalidad: Modelo Clásico de Regresión Lineal Normal (MCRLN)	99
4.1	Distribución de Probabilidad de las Perturbaciones u_i	99
4.2	Supuesto de Normalidad	100
4.3	Propiedades de los Estimadores MCO bajo el Supuesto de Normalidad	101
4.4	Método de Máxima Verosimilitud (MV)	104
4.5	Distribuciones de Probabilidad Relacionadas con la Distribución Normal: Distribuciones t , Ji-cuadrado (χ^2), y F	105
4.6	Resumen y Conclusiones	107
	Apéndice 4A	108
	Estimación de Máxima Verosimilitud del Modelo de Regresión con Dos Variables	108
	Estimación por Máxima Verosimilitud del Ejemplo de Consumo-Ingreso	110
	Apéndice 4A Ejercicios	111

5	Regresión con Dos Variables: Estimación de Intervalos y Prueba de Hipótesis	113
5.1	Prerrequisitos Estadísticos	114
5.2	Estimación de Intervalos: Algunas Ideas Básicas	114
5.3	Intervalos de Confianza para los Coeficientes de Regresión β_1 y β_2	115
	Intervalo de Confianza para β_2	115
	Intervalo de Confianza para β_1	117
	Intervalo de Confianza para β_1 y β_2 Simultáneamente	118
5.4	Intervalo de Confianza para σ^2	118
5.5	Prueba de Hipótesis: Comentarios Generales	119
5.6	Prueba de Hipótesis: Enfoque del Intervalo de Confianza	120
	Prueba de Dos Lados o Dos Colas	120
	Prueba de Un Lado o de Una Cola	121
5.7	Prueba de Hipótesis: Enfoque de Prueba de Significancia	122
	Prueba de Significancia de los Coeficientes de Regresión: la Prueba t	122
	Prueba de Significancia para σ^2 : la Prueba χ^2	126
5.8	Prueba de Hipótesis: Algunos Aspectos Prácticos	126
	El Significado de «Aceptar» o «Rechazar» Una Hipótesis	126
	Hipótesis Nula o «Cero» y Regla Práctica «2- t »	127
	Formación de las Hipótesis Nula y Alterna	127
	Selección del Nivel de Significancia α	128
	Nivel Exacto de Significancia: Valor p o «P-value»	129
	Significancia Estadística vs. Significancia Práctica	130
	Selección entre los Enfoques de Intervalo de Confianza y la Prueba de Significancia en la Prueba de Hipótesis	131
5.9	Análisis de Regresión y Análisis de Varianza	132
5.10	Aplicación del Análisis de Regresión: Problema de Predicción	134
	Predicción Media	134
	Predicción Individual	135
5.11	Informe de Resultados del Análisis de Regresión	137
5.12	Evaluación de Resultados del Análisis de Regresión	137
	Prueba de Normalidad	138
	Otras Pruebas sobre la Bondad del Modelo	140
5.13	Resumen y Conclusiones	141
	Ejercicios	142
	Preguntas	142
	Problemas	143
	Apéndice 5A	149
	5A.1 Derivación de la Ecuación (5.3.2.)	149
	5A.2 Derivación de la Ecuación (5.9.1.)	149
	5A.3 Derivación de las Ecuaciones (5.10.2) y (5.10.6.)	150
	Varianza de la Predicción Media	150
	Varianza de la Predicción Individual	150
6	Extensiones del Modelo de Regresión Lineal de Dos Variables	153
6.1	Regresión a través del Origen	153
	r^2 para el Modelo de Regresión a través del Origen	157
	Ejemplo Ilustrativo: Línea Característica de la Teoría del Portafolio	157

6.2	Escalas y Unidades de Medición	159
	Ejemplo Numérico: Relación entre el IDTB y el PNB, Estados Unidos, 1974-1983	162
	Una Nota sobre la Interpretación	162
6.3	Formas Funcionales de los Modelos de Regresión	163
6.4	Cómo Medir la Elasticidad: Modelo Log-Lineal	163
	Ejemplo Ilustrativo: Función de Demanda de Café Reconsiderada	165
6.5	Modelos Semilogarítmicos: Log-Lin y Lin-Log	167
	Cómo Medir la Tasa de Crecimiento: Modelo Log-Lin	167
	El Modelo Lin-Log	170
6.6	Modelos Recíprocos	171
	Ejemplo Ilustrativo: Curva de Phillips para el Reino Unido, 1950-1966	173
6.7	Resumen de Formas Funcionales	175
6.8	Nota sobre la Naturaleza del Término Estocástico: Término de Error Estocástico Aditivo vs. Multiplicativo	176
6.9	Resumen y Conclusiones	177
	Ejercicios	178
	Preguntas	178
	Problemas	180
	Apéndice 6A	184
	6A.1 Derivación de los Estimadores de Mínimos Cuadrados para la Regresión a través del Origen	184
	6A.2 Listado SAS de la Línea Característica (6.1.12.)	186
	6A.3 Listado SAS de la Regresión de la Curva de Phillips para el Reino Unido (6.6.2.)	187
7	Análisis de Regresión Múltiple: Problema de Estimación	189
7.1	Modelo de Tres Variables: Notación y Supuestos	190
7.2	Interpretación de la Ecuación de Regresión Múltiple	192
7.3	Significado de los Coeficientes de Regresión Parcial	193
7.4	Estimación MCO y MV de los Coeficientes de Regresión Parcial	195
	Estimadores MCO	195
	Varianzas y Errores Estándar de los estimadores MCO	196
	Propiedades de los Estimadores MCO	197
	Estimadores de Máxima Verosimilitud	198
7.5	El Coeficiente de Determinación Múltiple R^2 y el Coeficiente de Relación Múltiple R	199
7.6	Ejemplo 7.1: La Curva de Phillips Ampliada con Expectativas para los Estados Unidos, 1970-1982	200
7.7	La Regresión Simple en el Contexto de Regresión Múltiple: Introducción al Sesgo de Identificación	202
7.8	R^2 y R^2 Ajustado	205
	Comparación de Dos Valores de R^2	206
	Ejemplo 7.2: Función de Demanda de Café Reconsiderada	207
	El (Juego) de Maximización de \bar{R}^2	208
7.9	Coefficientes de Correlación Parcial	209
	Explicación de los Coeficientes de Correlación Simple y Parcial	209
	Interpretación de los Coeficientes de Correlación Simple y Parcial	210

7.10	Ejemplo 7.3: La Función de Producción Cobb-Douglas: Más sobre la Forma Funcional	211
7.11	Modelos de Regresión Polinomial	214
	Ejemplo 7.4: Estimación de la Función de Costo Total	215
	Resultados Empíricos	217
7.12	Resumen y Conclusiones	217
	Ejercicios	218
	Preguntas	218
	Problemas	220
	Apéndice 7A	227
	7A.1 Derivación de Estimadores MCO dados en las Ecuaciones (7.4.3) y (7.4.5)	227
	7A.2 Igualdad entre a_1 de (7.3.5) y β_2 de (7.4.7)	229
	7A.3 Derivación de la Ecuación (7.4.19)	229
	7A.4 Estimación de Máxima Verosimilitud del Modelo de Regresión Múltiple	230
	7A.5 La prueba de que $E(b_{12}) = \beta_2 + \beta_3 b_{32}$ (Ecuación 7.7.4)	231
	7A.6 Listado SAS de la Curva de Phillips Ampliada con Expectativas (7.6.2)	233
	7A.7 Listado SAS de la Función de Producción de Cobb-Douglas (7.10.4)	234
8	Análisis de Regresión Múltiple: Problema de Inferencia	235
8.1	Una vez más, el Supuesto de Normalidad	235
8.2	Ejemplo 8.1: Relación entre el Consumo Personal de los Estados Unidos y el Ingreso Personal Disponible, 1956-1970	236
8.3	Prueba de Hipótesis en Regresión Múltiple: Comentarios Generales	239
8.4	Prueba de Hipótesis sobre Coeficientes Individuales de Regresión Parcial	239
8.5	Prueba de Significancia Global de la Regresión Muestral	241
	El Enfoque del Análisis de Varianza en las Pruebas de Significancia Global de Una Regresión Múltiple	
	Observada: Prueba F	242
	Prueba de Significancia Global de Una Regresión Múltiple: La Prueba F	244
	Una Relación Importante entre R^2 y F	244
	Prueba de Significancia Global de Una Regresión Múltiple en Términos R^2	246
	La Contribución «Incremental» o «Marginal» de Una Variable Explicativa	246
8.6	Prueba de Igualdad de Dos Coeficientes de Regresión	250
	Ejemplo 8.2: Reconsideración de la Función Cúbica de Costo	251
8.7	Mínimos Cuadrados Restringidos: Prueba sobre Restricciones de Tipo Igualdad Lineal	252
	Enfoque de la Prueba t	252
	Enfoque de la Prueba F : Mínimos Cuadrados Restringidos	253
	Ejemplo 8.3: Función de Producción Cobb-Douglas para el Sector Agrícola Taiwanés, 1958-1972	255

	Prueba F Global	256
	Ejemplo 8.4: La Demanda de Pollos en los Estados Unidos, 1960-1982	256
8.8	Comparación de Dos Regresiones: Prueba de la Estabilidad Estructural de los Modelos de Regresión	258
8.9	Prueba de la Forma Funcional de la Regresión: Selección entre Modelos de Regresión Lineal y Log-Lineal	261
	Ejemplo 8.5: Demanda de Rosas	262
8.10	Predicción con Regresión Múltiple	263
8.11	La Tríada de las Pruebas de Hipótesis: Razón de Verosimilitud (RV), Wald (W) y Multiplicador de LaGrange (ML)	264
8.12	Resumen y Conclusiones	265
	El Camino a Seguir	265
	Ejercicios	266
	Preguntas	266
	Problemas	268
	Apéndice 8A	275
	Prueba de la Razón de Verosimilitud (RV)	275
9	Enfoque Matricial en el Modelo de Regresión Lineal	277
9.1	Modelo de Regresión Lineal de k Variables	277
9.2	Supuestos del Modelo Clásico de Regresión Lineal en Notación Matricial	279
9.3	Estimación MCO	282
	Una Ilustración	284
	Matriz de Varianza-Covarianza $\hat{\beta}$	285
	Propiedades del Vector MCO $\hat{\beta}$	286
9.4	Coefficientes de Determinación R^2 en Notación Matricial	287
9.5	Matriz de Correlación	287
9.6	Prueba de Hipótesis sobre Coeficientes Individuales de Regresión en Notación Matricial	288
9.7	Prueba de Significancia Global de la Regresión: Análisis de Varianza en Notación Matricial	289
9.8	Prueba de Restricciones Lineales: Prueba F Global Utilizando Notación Matricial	290
9.9	Predicción Utilizando Regresión Múltiple: Formulación Matricial	290
	Predicción Media	291
	Predicción Individual	291
	Varianza de Predicción Media	292
	Varianza de Predicción Individual	293
9.10	Resumen del Enfoque Matricial: Un Ejemplo Ilustrativo	293
9.11	Resumen y Conclusiones	298
	Ejercicios	299
	Apéndice 9A	305
	9A.1 Derivación de k Ecuaciones Normales o Simultáneas	305
	9A.2 Derivación Matricial de las Ecuaciones Normales	305
	9A.3 Matriz de Varianza-Covarianza de $\hat{\beta}$	305
	9A.4 Propiedad MELI de los Estimadores MCO	306

Parte 2 Violación de los Supuestos del Modelo Clásico

10	Multicolinealidad y Muestras Pequeñas	315
10.1	Naturaleza de la Multicolinealidad	316
10.2	Estimación en Presencia de Multicolinealidad Perfecta	319
10.3	Estimación en Presencia de Multicolinealidad «Alta» pero «Imperfecta»	321
10.4	Multicolinealidad: ¿Mucho trabajo para nada? Consecuencias Teóricas de la Multicolinealidad	321
10.5	Consecuencias Prácticas de la Multicolinealidad	323
	Estimadores MCO con Varianzas y Covarianzas Grandes	323
	Intervalos de Confianza más Amplios	325
	Razones t «No Significativas»	326
	Un R^2 Alto pero Pocas Razones t Significativas	326
	Sensibilidad de los Estimadores MCO y sus Errores Estándar a Pequeños Cambios en la Información	326
	Consecuencias del Análisis Basado en Muestras Pequeñas	328
10.6	Ejemplo Ilustrativo: Gastos de Consumo en Relación con el Ingreso y la Riqueza	328
10.7	Detección de la Multicolinealidad	330
10.8	Medidas Remediales	335
10.9	¿Es la Multicolinealidad Necesariamente Mala? Posiblemente no, si el Objetivo es Solamente la Predicción	339
10.10	Resumen y Conclusiones	340
	Ejercicios	341
	Preguntas	341
	Problemas	346
11	Heteroscedasticidad	349
11.1	Naturaleza de la Heteroscedasticidad	349
11.2	Estimación MCO en Presencia de Heteroscedasticidad	353
11.3	El Método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG)	355
	Diferencia entre MCO y MCG	357
11.4	Consecuencias de Utilizar MCO en Presencia de Heteroscedasticidad	358
	Estimación MCO Considerando la Heteroscedasticidad	359
	Estimación MCO Ignorando la Heteroscedasticidad	359
11.5	Detección de la Heteroscedasticidad	360
	Métodos Informales	361
	Métodos Formales	362
11.6	Medidas Remediales	373
	Cuando σ_i^2 es Conocida: Método de Mínimos Cuadrados Ponderados	374
	Cuando σ_i^2 es no Conocida	375
11.7	Ejemplo para Concluir	380
11.8	Resumen y Conclusiones	382
	Ejercicios	382
	Preguntas	382
	Problemas	385
	Apéndice 11A	391
	11A.1 Prueba de la Ecuación (11.2.2)	391
	11A.2 Método de Mínimos Cuadrados Ponderados	391

12	Autocorrelación	393
12.1	Naturaleza del Problema	394
12.2	Estimación MCO en Presencia de Autocorrelación	398
12.3	Estimador MELI en Presencia de Autocorrelación	401
12.4	Consecuencias de Utilizar MCO en Presencia de Autocorrelación	402
	Estimación MCO Permitiendo la Autocorrelación	402
	Estimación MCO Ignorando la Autocorrelación	403
12.5	Detección de la Autocorrelación	408
	Método Gráfico	408
	Prueba de «Las Rachas»	409
	Prueba d de Durbin-Watson	412
	Pruebas Adicionales de Autocorrelación	417
12.6	Medidas Remediales	418
	Cuando la Estructura de la Autocorrelación es Conocida	418
	Cuando ρ no es Conocida	419
12.7	Ejemplo Ilustrativo: La Relación entre el Índice de Vacantes de Empleo y la Tasa de Desempleo en Estados Unidos: Comparación de los Métodos	425
12.8	Modelo Autorregresivo de Heteroscedasticidad Condicional (ARCH)	428
	¿Qué hacer ante la Presencia de ARCH?	429
	Una Palabra sobre el Estadístico d y el Efecto ARCH	430
12.9	Resumen y Conclusiones	430
	Ejercicios	431
	Preguntas	431
	Problemas	437
	Apéndice 12A	440
	12A.1 Listado TSP de la Regresión entre los Salarios (Y) y la Productividad (X) de Estados Unidos, 1960-1991	440
13	Diseño de Modelos Econométricos I: Metodología Econométrica Tradicional	443
13.1	Punto de Vista Tradicional sobre la Modelización Econométrica: Regresión Económica Promedio (REP)	443
13.2	Tipos de Errores de Especificación	446
13.3	Consecuencias de los Errores de Especificación	447
	Omisión de una Variable Relevante (Especificación Insuficiente de un Modelo)	447
	Inclusión de una Variable Irrelevante (Sobreespecificación de un Modelo)	449
13.4	Pruebas de Errores de Especificación	450
	Detección de la Presencia de Variables Innecesarias	451
	Prueba sobre Variables Omitidas y Forma Funcional Incorrecta	452
13.5	Errores de Medición	458
	Errores de Medición en la Variable Dependiente Y	458
	Errores de Medición en la Variable Explicativa X	459
	Un Ejemplo	461
	Errores de Medición en la Variable Dependiente Y Solamente	461
	Errores de Medición en X	462
13.6	Resumen y Conclusiones	462

Ejercicios	463
Preguntas	463
Problemas	466
Apéndice 13A	468
13A.1 Consecuencias de la Inclusión de una Variable Irrelevante: Propiedad de Insesgamiento	468
13A.2 Prueba de (13.5.10)	468

14	Diseño de Modelos Económicos II: Metodologías Económicas Alternativas	471
14.1	Enfoque de Leamer en la Selección de Modelos	472
14.2	Enfoque de Hendry en la Selección de Modelos	475
14.3	Pruebas Seleccionadas de Diagnóstico: Comentarios Generales	477
14.4	Pruebas de Hipótesis No Anidadas	478
	El Enfoque de Discriminación	478
	Enfoque de Discernimiento	479
14.5	Resumen y Conclusiones	484
	Ejercicios	484
	Preguntas	484
	Problemas	485

Parte 3 Temas en Econometría

15	Regresión con Variables Dicótomas	489
15.1	Naturaleza de las Variables Dicótomas	489
	Ejemplo 15.1: Salario de los Profesores Universitarios por Sexo	491
15.2	Regresión con una Variable Cuantitativa y una Variable Cualitativa con dos Clases, o Categorías	492
	Ejemplo 15.2: ¿Son los Inventarios Sensibles a las Tasas de Interés?	495
15.3	Regresión sobre una Variable Cuantitativa y una Variable Cualitativa con más de dos Clases	495
15.4	Regresión con una Variable Cuantitativa y dos Variables Cualitativas	497
15.5	Ejemplo 15.3: La Economía del «Doble Empleo»	498
15.6	Prueba de Estabilidad Estructural de los Modelos de Regresión	499
	Ejemplo 15.4: Ahorro e Ingreso, Reino Unido, 1946-1963	499
15.7	Comparación de dos Regresiones: Enfoque de la Variable Dicótoma	501
15.8	Comparación de dos Regresiones: Ilustración Adicional	503
	Ejemplo 15.5: Comportamiento del Desempleo y de las Vacantes sin Llenar: Gran Bretaña, 1958-1971	503
15.9	Efectos de Interacción	505
15.10	Uso de las Variables Dicótomas en el Análisis Estacional	506
	Ejemplo 15.6: Comportamiento de las Utilidades y de las Ventas en la Industria Manufacturera de los Estados Unidos	507
15.11	Regresión Lineal por Tramos	508
	Ejemplo 15.7: Costo Total con Relación a la Producción	510
15.12	El Uso de las Variables Dicótomas al Combinar Series de Tiempo e Información de Corte Transversal	511
	Regresión Agrupada: Manejo de Series de Tiempo e Información de Corte Transversal, Agrupadas	511

	Ejemplo 15.8: Funciones de Inversión para las Compañías General Motors y Westinghouse	514
15.13	Algunos Aspectos Técnicos del Método de la Variable Dicótoma Interpretación de las Variables Dicótomas en Regresiones Semilogarítmicas	514
	Ejemplo 15.9: Regresión Semilogarítmica con Variable Dicótoma	515
	Otro Método para Evitar la Trampa de la Variable Dicótoma	516
	Variables Dicótomas y Heteroscedasticidad	516
	Variables Dicótomas y Autocorrelación	517
15.14	Temas para Estudio Posterior	518
15.15	Resumen y Conclusiones	518
	Ejercicios	519
	Preguntas	519
	Problemas	524
	Apéndice 15A	527
	15A.1 Matriz de Información para Regresión (15.8.2)	527
	15A.2 Matriz de Información para Regresión (15.10.2)	528
16	Regresión con la Variable Dependiente Dicótoma: Los Modelos MLP, Logit, Probit y Tobit	529
16.1	Variable Dependiente Dicótoma	529
16.2	Modelo Lineal de Probabilidad (MLP)	530
16.3	Problemas en la Estimación de MLP	531
	No Normalidad de las Perturbaciones u_i	531
	Varianzas Heteroscedásticas de las Perturbaciones	532
	No Cumplimiento de $0 \leq E(Y_i X_i) \leq 1$	533
	R_2 , Valor Cuestionable como Medida de Bondad de Ajuste	534
16.4	MLP: Un Ejemplo Numérico	535
16.5	Aplicaciones de MLP	537
	Ejemplo 16.1: Estudio de Cohen, Rea y Lerman	537
	Ejemplo 16.2: Predicción de las Tasas de Bonos	540
	Ejemplo 16.3: Predicción de Omisiones en el Pago de Bonos	541
16.6	Alternativas al MLP	541
16.7	El Modelo Logit	543
16.8	Estimación del Modelo Logit	544
16.9	Modelo Logit: Ejemplo Numérico	547
16.10	Modelo Logit: Ejemplos Ilustrativos	550
	Ejemplo 16.4: «Una Aplicación del Análisis Logit a la Predicción de Blancos de Fusión»	550
	Ejemplo 16.5: Predicción de Tasas de Bonos	551
16.11	Modelo Probit	552
16.12	El Modelo Probit: Un Ejemplo Numérico	556
	Logit vs. Probit	557
	Comparación de Estimaciones Logit y Probit	557
	El Efecto Marginal de un Cambio Unitario en el Valor de un Regresor	558
16.13	Modelo Probit: Ejemplo 16.5	558
16.14	Modelo Tobit	561

16.15	Resumen y Conclusiones	564
	Ejercicios	565
	Preguntas	565
	Problemas	566
17	Modelos Econométricos Dinámicos:	
	Modelos Autoregresivos y de Rezagos Distribuidos	573
17.1	El Papel del «Tiempo», o del «Rezago», en Economía	574
17.2	Razones para los Rezagos	578
17.3	Estimación de Modelos de Rezagos Distribuidos	579
	Estimación <i>ad hoc</i> de los Modelos de Rezagos Distribuidos	579
17.4	Enfoque de Koyck para los Modelos de Rezagos Distribuidos	580
	Mediana de Rezagos	583
	Rezago Medio	583
17.5	Racionalización del Modelo de Koyck: El Modelo de Expectativas Adaptativas	584
17.6	Otra Racionalización del Modelo de Koyck: El Modelo de Ajuste de Existencias o Modelo de Ajuste Parcial	587
17.7	Combinación de los Modelos de Expectativas Adaptativas y de Ajuste Parcial	589
17.8	Estimación de Modelos Autorregresivos	590
17.9	Método de Variables Instrumentales (IV)	591
17.10	Detección de Autocorrelación en Modelos Autorregresivos: Prueba Durbin <i>h</i>	593
17.11	Ejemplo Numérico: La Demanda de Dinero en la India	595
17.12	Ejemplos Ilustrativos	596
	Ejemplo 17.7: El Banco de la Reserva Federal y la Tasa de Interés Real	596
	Ejemplo 17.8: Funciones de Consumo Agregado de Corto y Largo Plazo para los Estados Unidos, 1946-1972	598
17.13	El Enfoque de Almon a los Modelos de Rezagos Distribuidos: Rezago Distribuido Polinomial o de Almon (PDL)	599
17.14	Causalidad en Economía: Prueba de Granger	606
	Prueba de Granger	606
	Resultados Empíricos	608
17.15	Resumen y Conclusiones	609
	Ejercicios	610
	Preguntas	610
	Problemas	616

Parte 4 Modelos de Ecuaciones Simultáneas

18	Modelos de Ecuaciones Simultáneas	621
18.1	Naturaleza de los Modelos de Ecuaciones Simultáneas	621
18.2	Ejemplos de Modelos de Ecuaciones Simultáneas	622
	Ejemplo 18.1: Modelo de Demanda y Oferta	622
	Ejemplo 18.2: Modelo Keynesiano de Determinación del Ingreso	624
	Ejemplo 18.3: Modelos de Salario-Precio	625
	Ejemplo 18.4: Modelo IS de Macroeconomía	625

	Ejemplo 18.5: Modelo LM	626
	Ejemplo 18.6: Modelos Econométricos	627
18.3	Sesgo en las Ecuaciones Simultáneas: Inconsistencia de los Estimadores MCO	628
18.4	Sesgo de las Ecuaciones Simultáneas: Ejemplo Numérico	631
18.5	Resumen y Conclusiones	633
	Ejercicios	633
	Preguntas	633
	Problemas	636
19	El Problema de la Identificación	639
19.1	Notación y Definiciones	639
19.2	Problema de Identificación	642
	Subidentificación	643
	Identificación Precisa o Exacta	645
	Sobreidentificación	649
19.3	Reglas para la Identificación	650
	Condición de Orden de la Identificación	650
	Condición de Rango de la Identificabilidad	652
19.4	Prueba de Simultaneidad	655
	Prueba de Especificación de Hausman	655
	Ejemplo 19.5: Modelo de Gasto Público de Pindyck-Rubinfeld	657
19.5	Pruebas de Exogeneidad	657
	Nota sobre Causalidad y Exogeneidad	658
19.6	Resumen y Conclusiones	658
	Ejercicios	659
20	Métodos de Ecuaciones Simultáneas	663
20.1	Enfoques para la Estimación	663
20.2	Modelos Recursivos y Mínimos Cuadrados Ordinarios	665
20.3	Estimación de Una Ecuación Exactamente Identificada: El Método de Mínimos Cuadrados Indirectos (MCI)	667
	Ejemplo Ilustrativo	668
	Propiedades de los Estimadores MCI	670
20.4	Estimación de una Ecuación Sobreidentificada: Método de Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E)	670
20.5	MC2E Ejemplo Numérico	674
20.6	Ejemplos Ilustrativos	677
	Ejemplo 20.1: Márgenes de Publicidad, Concentración y Precio	677
	Ejemplo 20.2: Modelo I de Klein	677
	Ejemplo 20.3: Modelo de Fijación de Precio de Activos de Capital Expresado como un Sistema Recursivo	678
	Ejemplo 20.4: Forma Revisada del Modelo de San Luis	681
20.7	Resumen y Conclusiones	683
	Ejercicios	684
	Preguntas	684
	Problemas	686
	Apéndice 20A	688
	20A.1 Sesgo en los Estimadores de Mínimos Cuadrados Indirectos	688
	20A.2 Estimación de los Errores Estándar de los Estimadores MC2E	689

Parte 5 Econometría de Series de Tiempo

21	Econometría de Series de Tiempo I: Estacionariedad, Raíces Unitarias y Cointegración	693
21.1	Una Hojeada a Algunas Series de Tiempo Económicas de los Estados Unidos	694
21.2	Proceso Estocástico Estacionario	694
21.3	Prueba de Estacionariedad basada en el Correlograma	698
21.4	Prueba de Raíz Unitaria sobre Estacionariedad	702
	¿Es el PIB de los Estados Unidos una Serie Estacionaria?	704
	¿Es Estacionaria la Serie en Primera Diferencia del PIB?	705
21.5	Proceso Estocástico Estacionario alrededor de una Tendencia (TS) y Estacionario en Diferencia (DS)	705
21.6	Regresión Espuria	708
21.7	Cointegración	709
	Prueba de Engle-Granger (EG) o Prueba de Engle-Granger Aumentada (AEG)	710
	Prueba Durbin-Watson sobre la Regresión de Cointegración (DWRC)	711
21.8	Cointegración y Mecanismo de Corrección de Errores (ECM)	711
21.9	Resumen y Conclusiones	713
	Ejercicios	713
	Preguntas	713
	Problemas	714
	Apéndice 21A	716
	21A.1 Un Modelo de Caminata Aleatoria	716
22	Econometría de Serie de Tiempo II: Pronósticos con los Modelos ARIMA y VAR	717
22.1	Enfoques para la Predicción Económica	718
22.2	Elaboración de Modelos AR, MA y ARIMA para Series de Tiempo	719
	Proceso Autorregresivo (AR)	719
	Proceso de Media Móvil (MA)	720
	Proceso Autorregresivo y de Media Móvil (ARMA)	720
	Proceso Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA)	720
22.3	Metodología de Box-Jenkins (BJ)	721
22.4	Identificación	722
22.5	Estimación del Modelo ARIMA	725
22.6	Verificación de Diagnóstico	726
22.7	Pronóstico	727
22.8	Aspectos Adicionales de la Metodología BJ	728
22.9	Vectores Autorregresivos (VAR)	729
	Estimación VAR	729
	Predicción con VAR	730
	Algunos Problemas en la Elaboración de Modelos VAR	730
	Una Aplicación VAR: Modelo VAR de la Economía de Texas	732
22.10	Resumen y Conclusiones	734
	Ejercicios	735
	Preguntas	735
	Problemas	735

Apéndices

A	Revisión de Algunos Conceptos Estadísticos	737
B	Nociones Básicas de Álgebra Matricial	773
C	Lista de Paquetes Econométricos Seleccionados	787
D	Tablas Estadísticas	789
	Tabla D.1 Áreas bajo la Distribución Normal Estandarizada	790
	Tabla D.2 Puntos Porcentuales de la Distribución t	791
	Tabla D.3 Puntos Porcentuales Superiores de la Distribución F	792
	Tabla D.4 Puntos Porcentuales Superiores de la Distribución χ^2	798
	Tabla D.5 Estadístico d de Durbin-Watson: Puntos de Significancia de d_L y d_U al Nivel de Significancia del 0.05	800
	Tabla D.6 Valores Críticos de Rachas en la Prueba de Rachas	804
	Bibliografía Selecta	807
	Índice	811
	Índice de Autores	
	Índice Analítico	