

Modelos de series de tiempo y decisiones de política pública

José Eduardo Alatorre Bremont

Orlando Reyes Martínez

División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
CEPAL

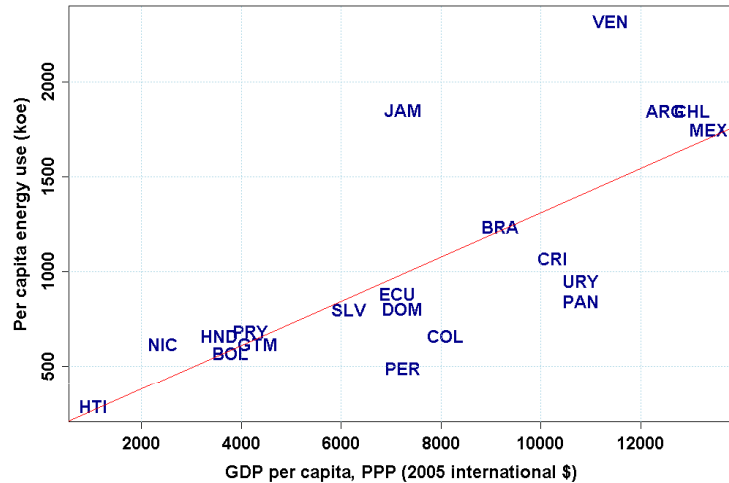
Septiembre 2011

Introducción

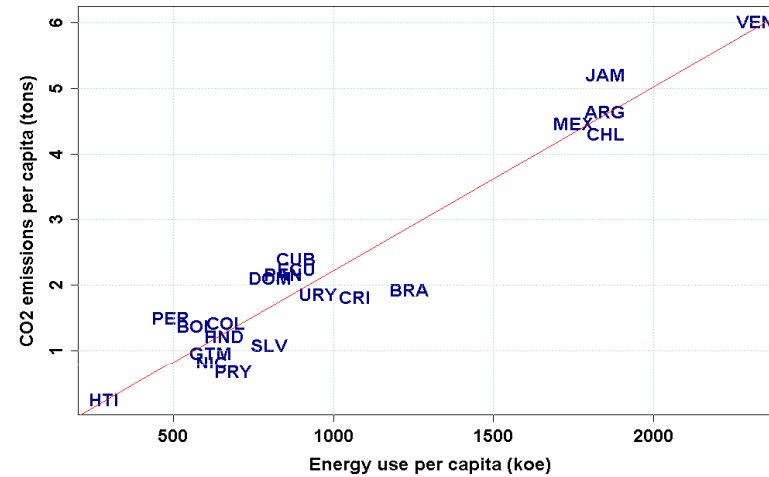
Econometría: Es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos al análisis de los datos económicos, con la finalidad de dotar de contenido empírico a las teorías económicas y verificarlas o refutarlas.

Métodos econométricos aplicados al análisis de la economía del cambio climático

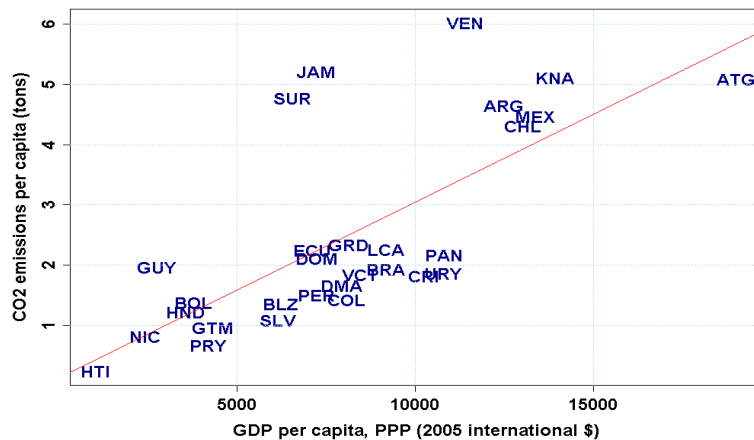
PIB per cápita y uso de energía per cápita: 2007



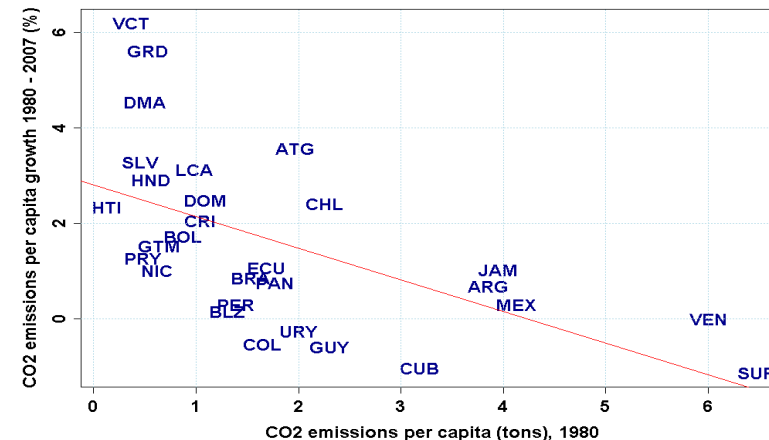
Uso de energía per cápita y emisiones de CO2 de energía per cápita: 2007



PIB per cápita y emisiones de CO2 de energía per cápita: 2007



Emisiones de CO2 de energía per cápita 1980 y crecimiento de las emisiones de CO2 de energía (1980 – 2007)



Métodos econométricos aplicados al análisis de la economía del cambio climático

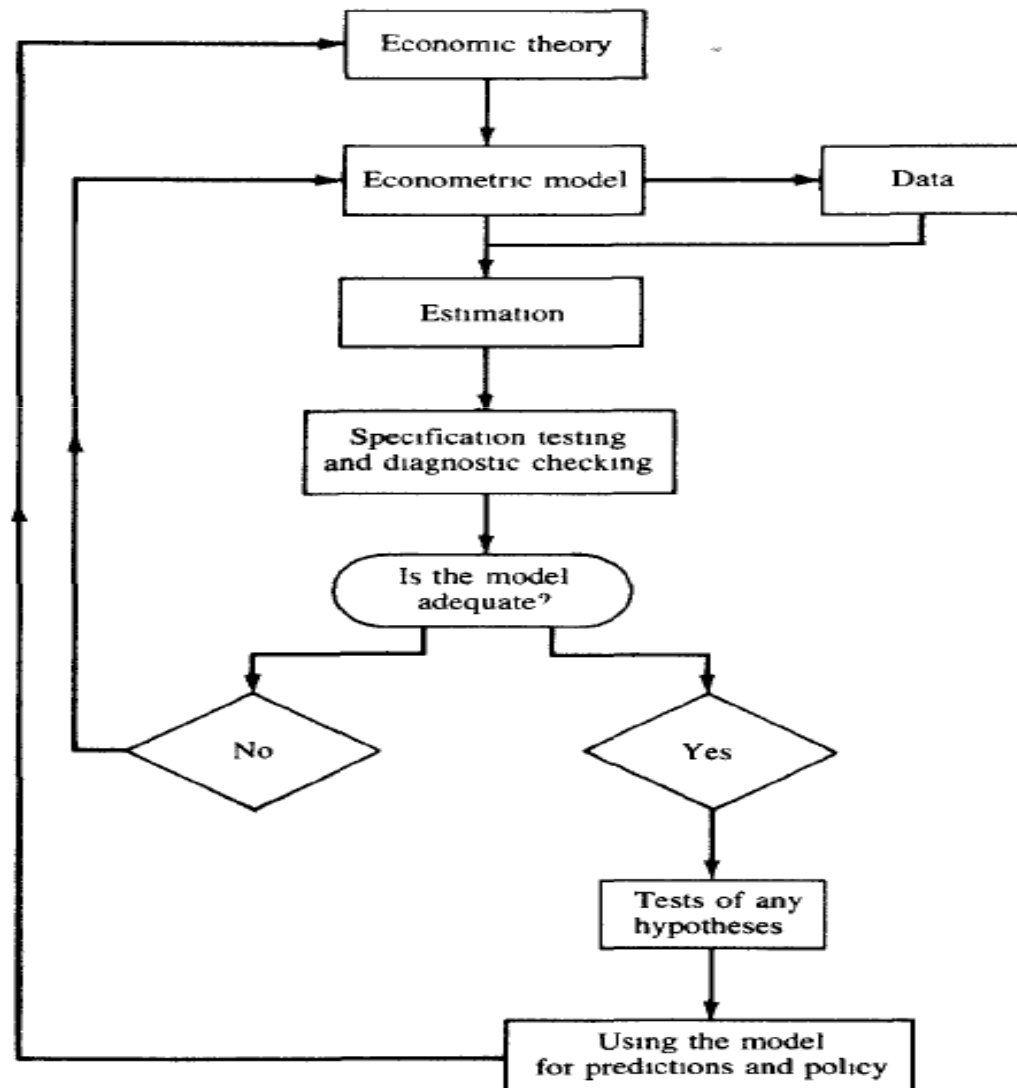
- ¿Qué efecto ejerce la actividad económica sobre la demanda de energía (combustibles, electricidad y otros tipos de energías)?
- ¿Cuál es el potencial de mitigación de las políticas de precios sobre los energéticos?
- ¿Cuál es el impacto del aumento de temperatura y/o la reducción\aumento de recursos hídricos sobre los rendimientos agrícolas?

Métodos econométricos aplicados al análisis de la economía del cambio climático

- Objetivos

1. Conocer las relaciones básicas entre variables de interés (ingreso y energía, precios y cantidad demandada, rendimientos y temperatura, etc.)
2. Realizar pronósticos y simular políticas.

Proceso de elaboración de un modelo



Proceso de elaboración de un modelo: Especificación

Por ejemplo, un modelo de demanda de diesel:

$$(1) \quad \text{Ln } CD_t = \beta_1 + \beta_2 * \text{Ln } PR_t + \beta_3 * \text{Ln } Y_t^d + \beta_4 * PV + u_t$$

$$\beta_2 < 0, \beta_3 > 0 \text{ y } \beta_4 < 0$$

Donde,

CD: consumo de diesel

PR: precios relativos del diesel

Y^d : Ingreso personal disponible

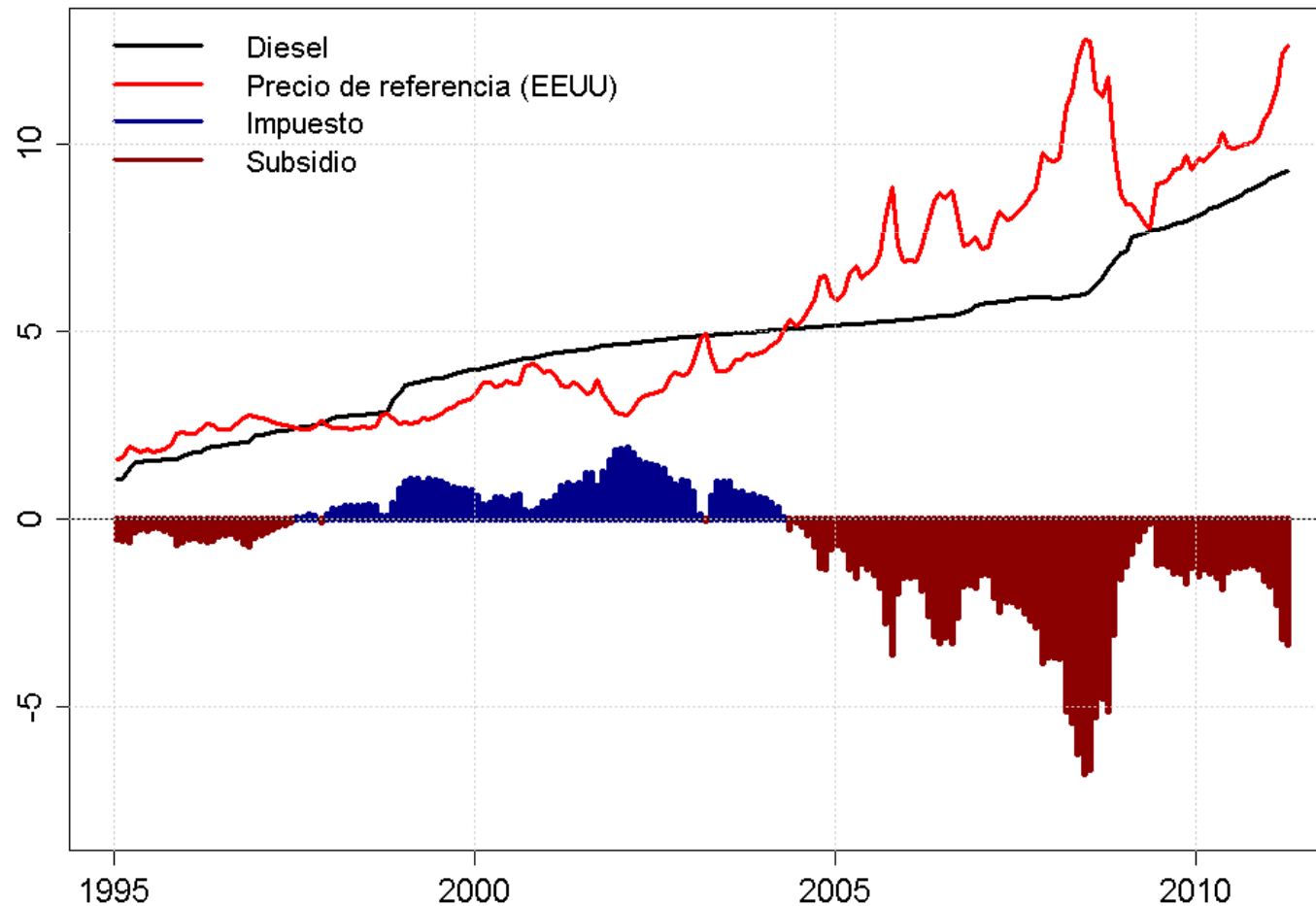
PV: Parque vehicular

Ln: Indica logaritmo natural

u: término de error

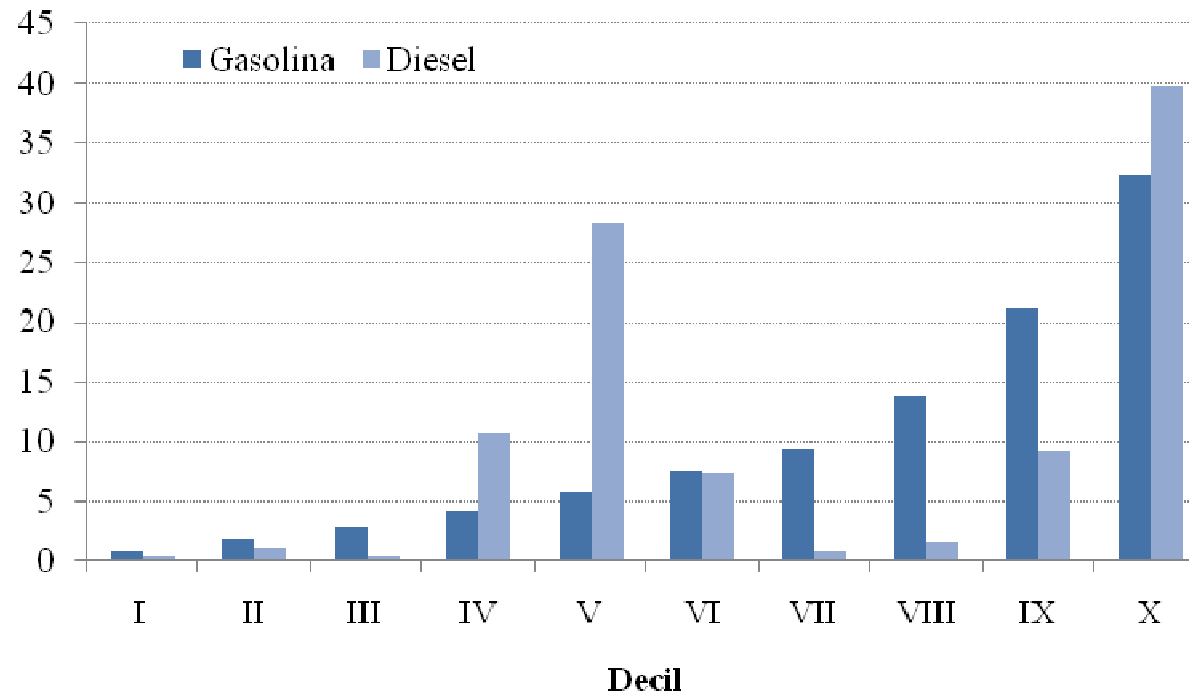
Ejemplo: Demanda de diesel

- Composición del subsidio



Ejemplo: Demanda de diesel

- Distribución del gasto de gasolina y diesel, 2008



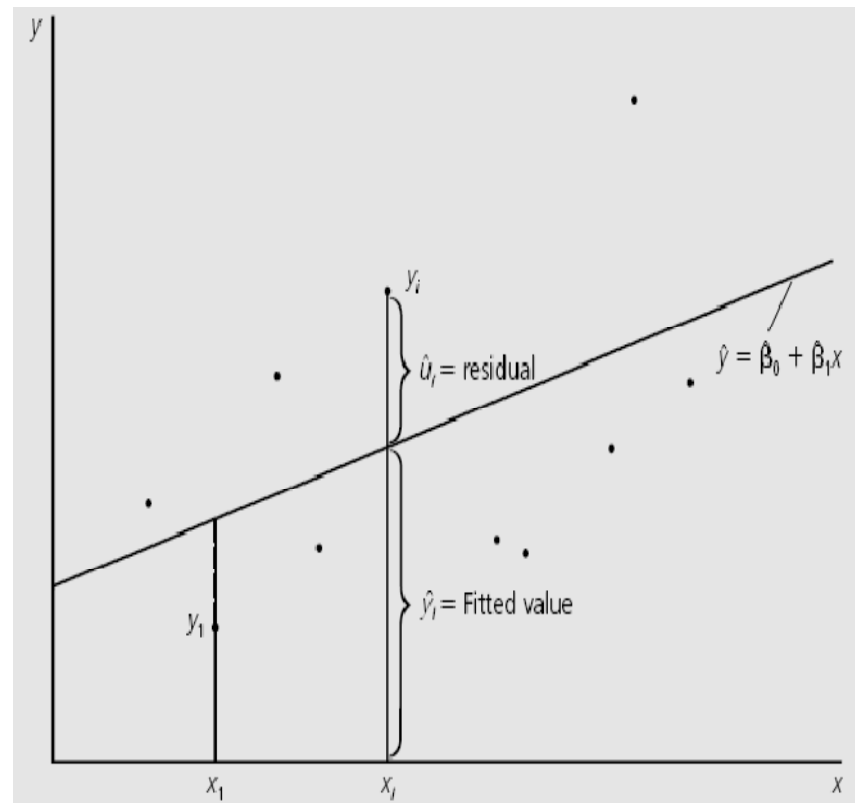
Proceso de elaboración de un modelo: Estimación

¿Cómo obtenemos la mejor predicción posible?

Un **estimador** es una fórmula, un método o receta para estimar un parámetro poblacional desconocido; y un **estimado** es el valor numérico obtenido cuando los datos muestrales son sustituidos en la fórmula.

El estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) es el principio de estimación dominante.

Método de MCO



Proceso de elaboración de un modelo: Estimación

Inferencia

- ¿Cuáles son las propiedades de los parámetros estimados?
- ¿Cómo hacer inferencia sobre dichos parámetros?

Se puede probar que bajo ciertos supuestos el estimador de MCO es el mejor estimador lineal insesgado (BLUE por sus siglas en inglés).

Los supuestos necesarios para que el estimador sea insesgado y de varianza mínima son (teorema de Gauss – Markov):

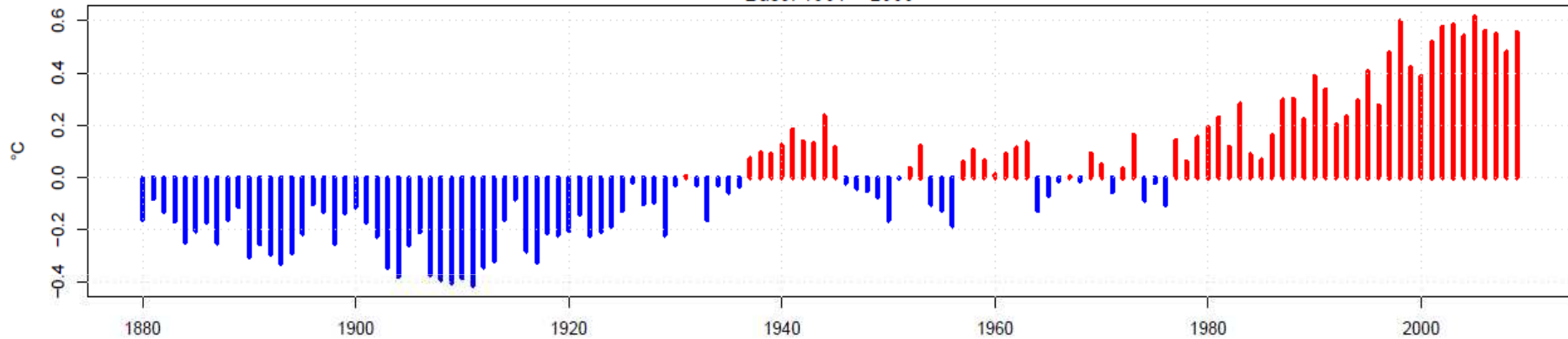
1. El modelo es lineal en los parámetros
2. $E[u_i | x_i] = 0$ para todo i
3. $\text{Var}(u_i | x_i) = \sigma^2$ para todo i
4. $\text{Cov}(u_i, u_j) = 0$ para todo $i \neq j$

El supuesto de normalidad no es necesario para que el estimador de MCO sea BLUE.

Tipos de datos: Series de tiempo

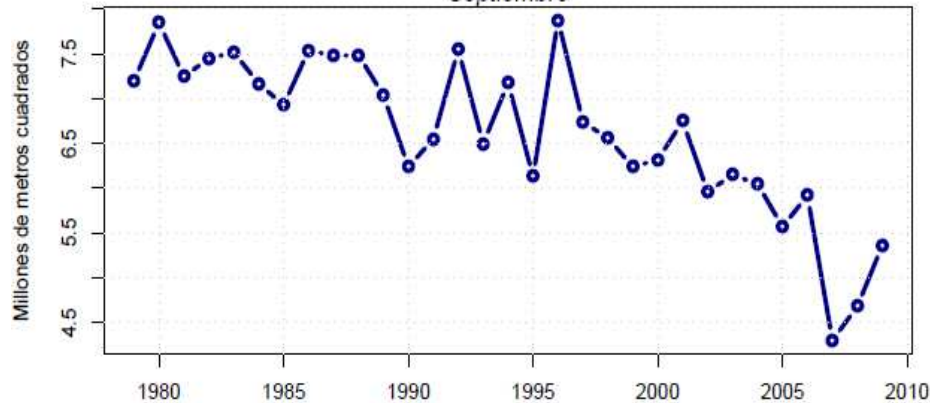
Anomalías de la temperatura global

Base: 1901 - 2000



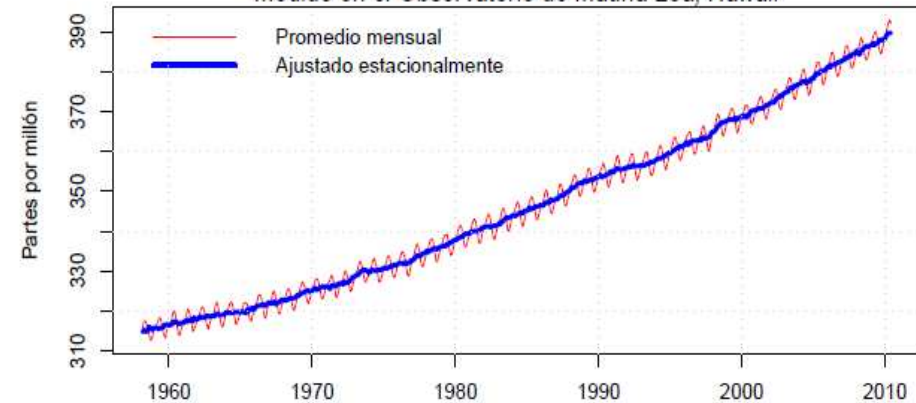
Extensión mínima promedio de área cubierta de hielo Ártico

Septiembre



CO2 en la atmósfera

Medido en el Observatorio de Mauna Loa, Hawaii



Tipos de datos: Sección cruzada

country	country isocode	year	cc	cg	ci	pc
Argentina	ARG	1990	65.50	17.83	10.98	64.82
Bolivia	BOL	1990	75.29	18.36	7.50	34.01
Brazil	BRA	1990	51.25	30.76	16.21	57.14
Chile	CHL	1990	54.02	22.89	19.41	47.71
Colombia	COL	1990	70.82	15.49	11.15	29.69
Costa Rica	CRI	1990	77.18	21.15	10.67	45.21
Cuba	CUB	1990	79.48	25.11	6.81	20.48

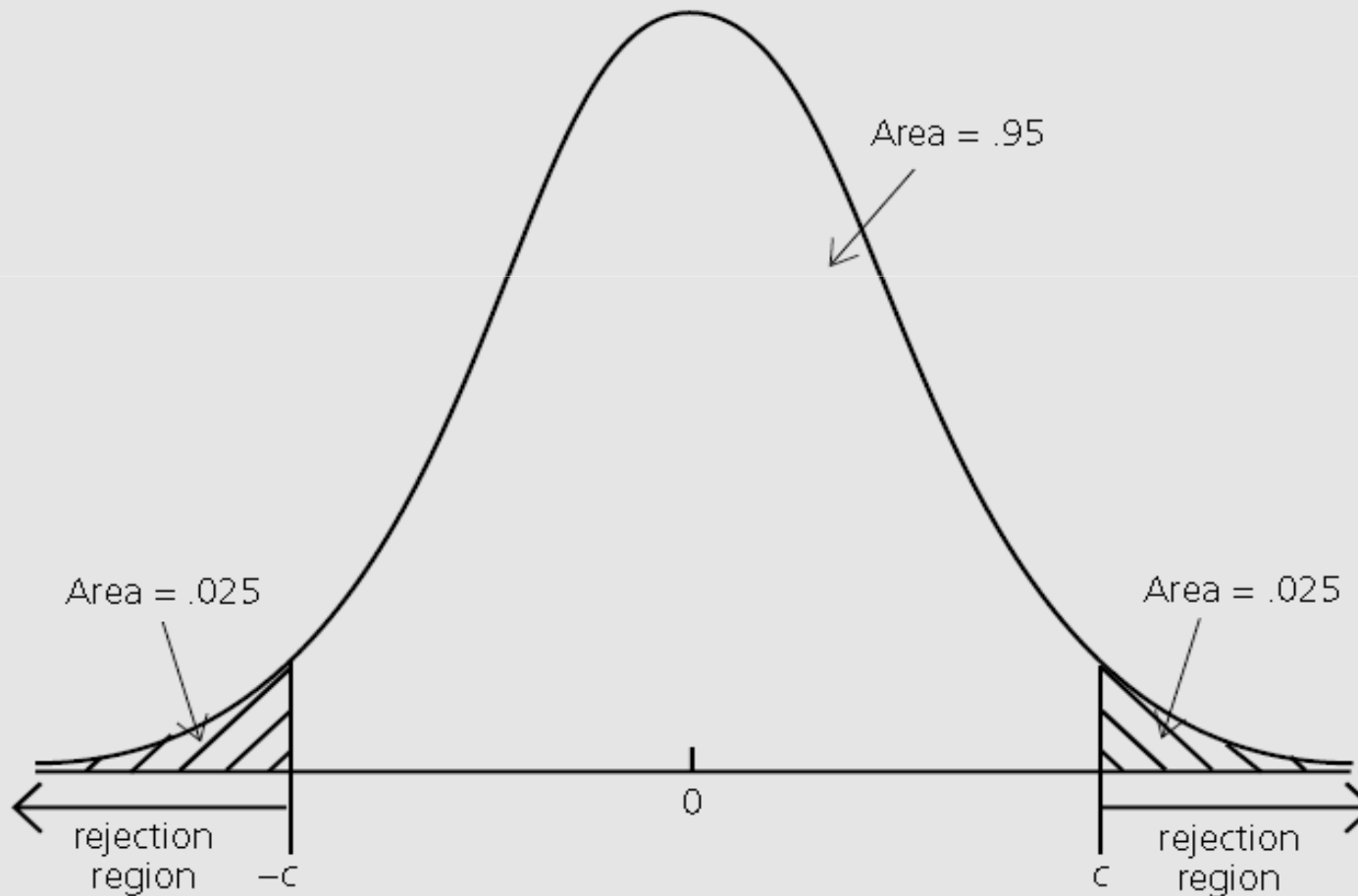
Fuente: Center for
International Comparisons of
Production, Income and
Prices

Tipos de datos: Datos panel

country	country isocode	year	cc	cg	ci	pc
Argentina	ARG	1999	69.24	17.10	15.41	69.06
Argentina	ARG	2000	68.70	17.46	14.48	67.54
Argentina	ARG	2001	67.83	18.06	12.85	65.88
Bolivia	BOL	1999	80.45	18.49	11.47	34.81
Bolivia	BOL	2000	80.20	18.64	10.64	33.53
Bolivia	BOL	2001	79.17	18.71	7.95	30.78
Brazil	BRA	1999	64.11	21.90	15.53	44.06
Brazil	BRA	2000	63.45	21.57	16.49	45.74
Brazil	BRA	2001	63.96	22.02	15.02	37.39
Chile	CHL	1999	60.48	18.01	19.24	48.28
Chile	CHL	2000	59.46	17.88	20.81	46.45
Chile	CHL	2001	59.71	18.19	20.49	40.43
Costa Rica	CRI	1999	71.62	14.29	8.27	46.09
Costa Rica	CRI	2000	73.73	15.02	8.39	46.78
Costa Rica	CRI	2001	75.79	15.96	11.26	47.60
Cuba	CUB	1999	73.76	26.21	3.07	39.43
Cuba	CUB	2000	73.05	26.65	3.35	40.04
Cuba	CUB	2001	73.35	26.47	3.27	38.87

Prueba de hipótesis

Rejection region for a 5% significance level test against the two-sided alternative $H_1: \mu \neq \mu_0$.



Prueba de hipótesis: Estadístico t

- A nosotros nos gustaría probar

$H_0: \beta_1 = \text{algun valor dado por la teoría}$

Vs.

$H_1: \beta_1 \neq \text{algun valor dado por la teoría}$

Para ello utilizamos la **prueba t**. Se puede demostrar que:

$$(\hat{\beta}_j - \beta_j) / \text{se}(\hat{\beta}_j) \sim t_{n-k-1}$$

Prueba de hipótesis: Estadístico t

Dónde n es el número de observaciones y k es el número de regresores diferentes a la constante.

Podemos verlo de esta manera:

$$t = \frac{(\textit{estimate} - \textit{hypothesized value})}{\textit{standard error}}.$$

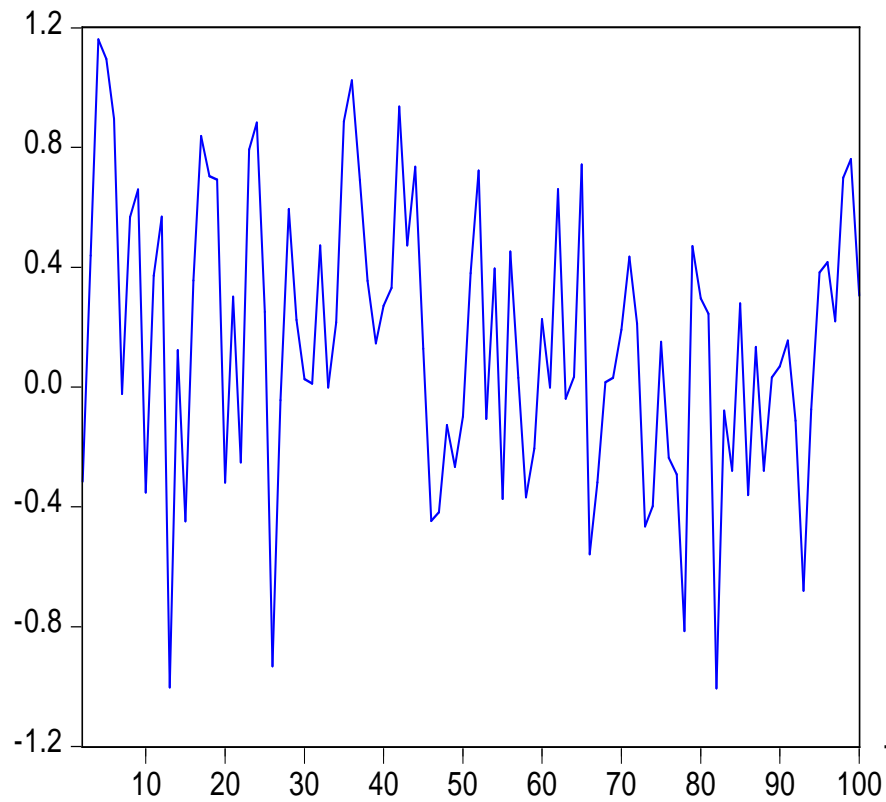
Los programas econométricos regularmente muestran la hipótesis nula de que $\beta_1=0$.

Características deseables de las series

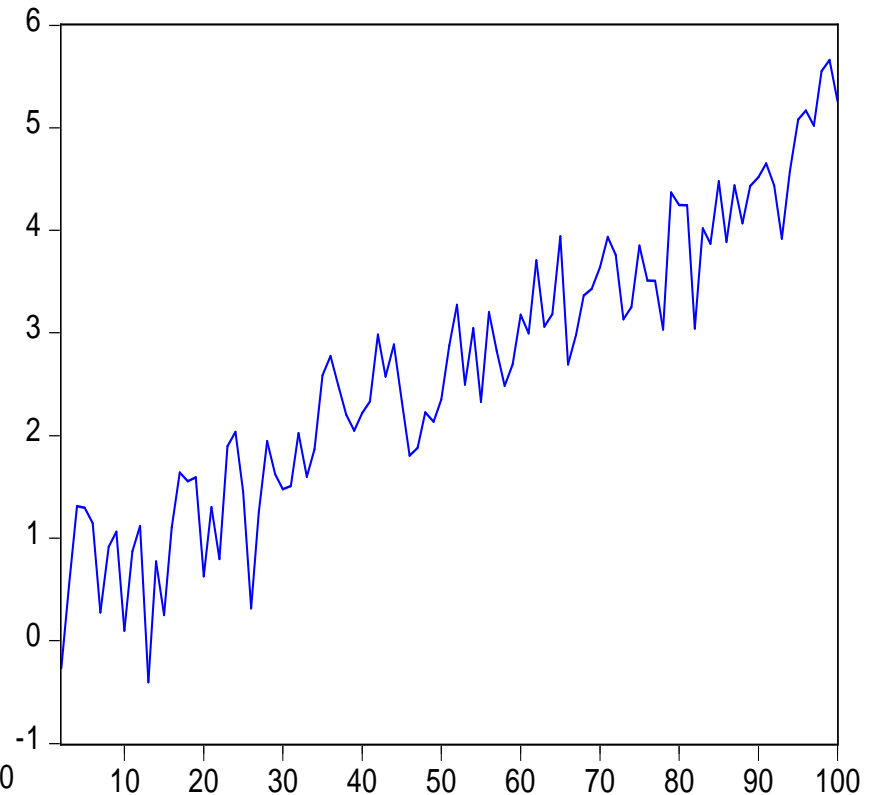
- Nos interesa conocer si el proceso estocástico subyacente que generó las variables es invariable en el tiempo.
- Si las características del proceso estocástico cambian con el tiempo, se le conoce como **proceso no estacionario** y será difícil representar la serie.
- Si están fijas en el tiempo se conoce como **proceso estacionario** → podemos modelar el proceso a partir de datos pasados.

Variables estacionarias

Serie estacionaria
 $Y1=0.09+0.3*Y1(-1)+error$

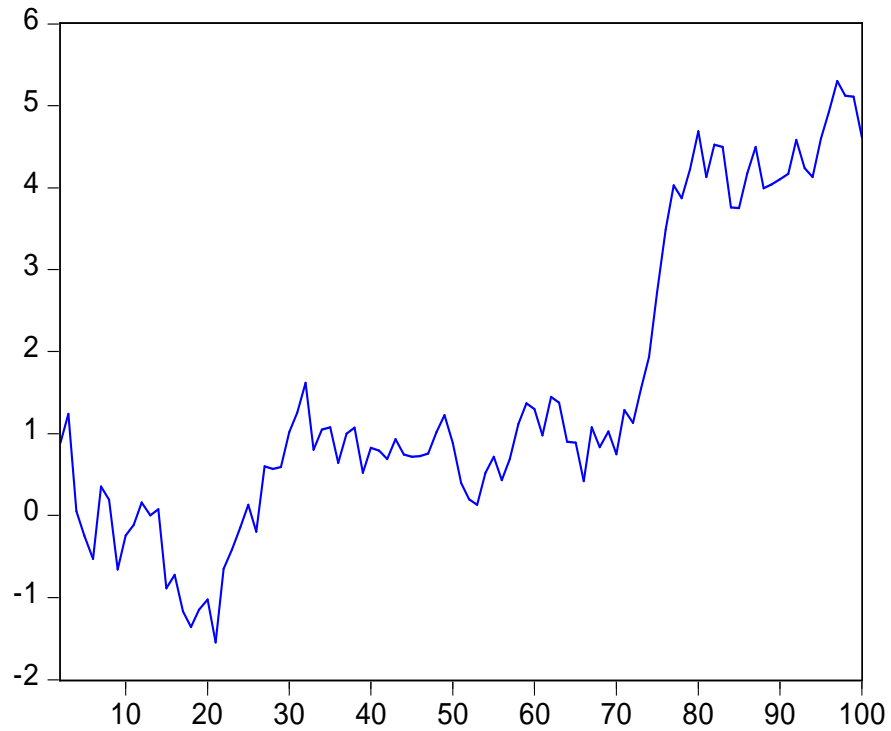


Serie estacionaria con tendencia determinística
 $Y1a = 0.9 + 0.3*Y1(-1) + tendencia + error$

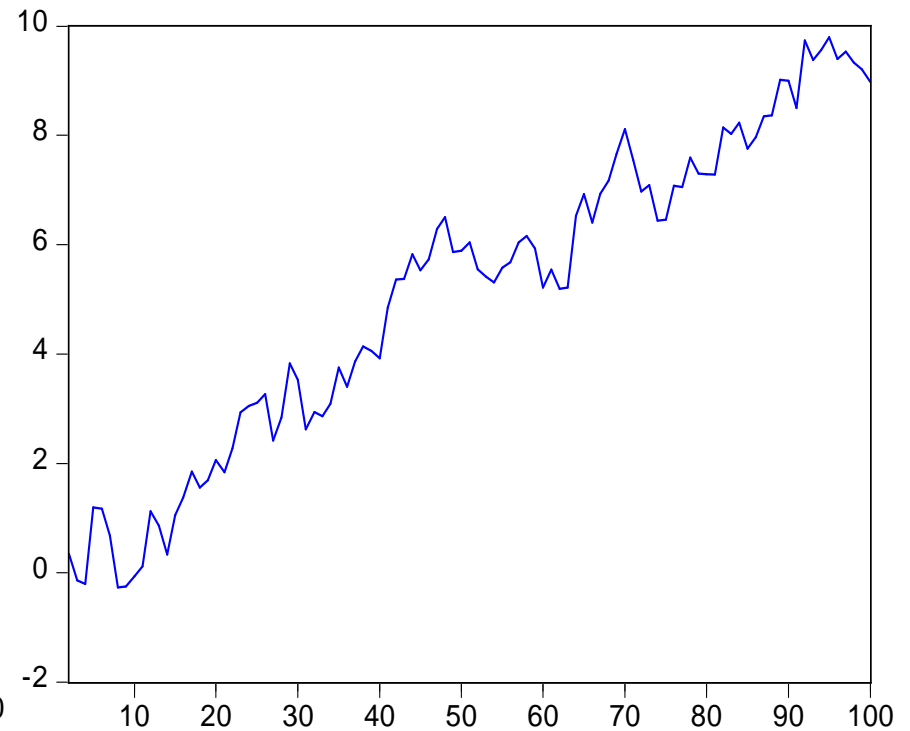


Variables no estacionarias

Random Walk sin constante
 $Y_2 = Y_2(-1) + \text{error}$

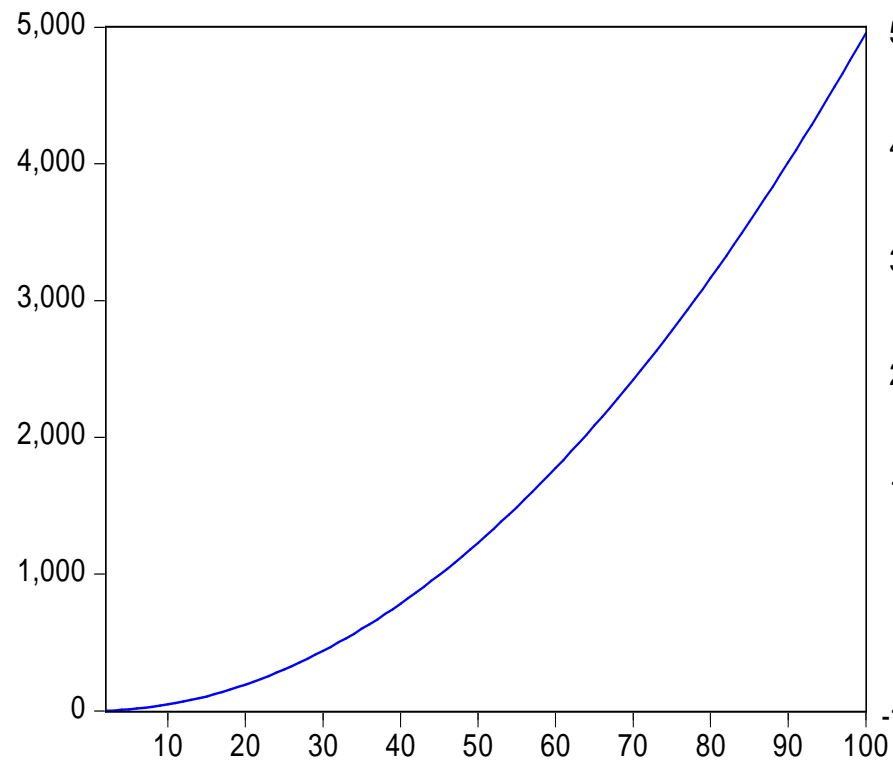


Random walk con constante positiva
 $Y_3 = 0.09 + Y_3(-1) + \text{error}$

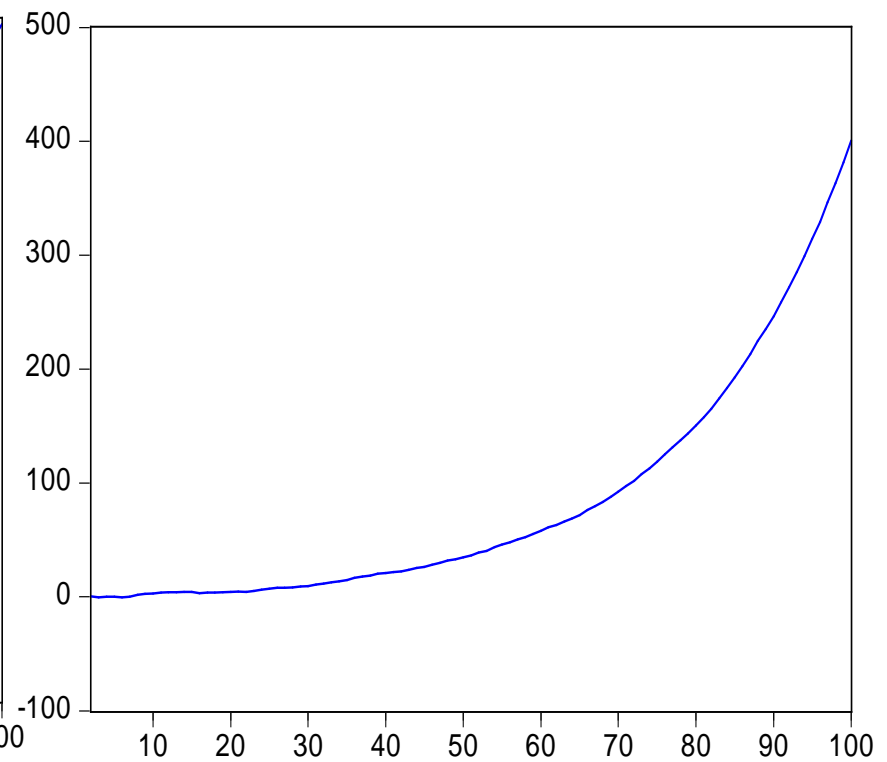


Variables no estacionarias

Random Walk con constante y tendencia
 $Y_6 = 0.09 + Y_6(-1) + \text{tendencia} + \text{error}$



Serie Explosiva
 $Y_4 = 0.09 + 1.05 * Y_4(-1) + \text{error}$



Orden de integración

- Pocas series que encontramos en la práctica son estacionarias. Podemos inducir estacionaridad al diferenciar las series:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

- Una variable es integrada de orden d , escrita $I(d)$, si debe ser diferenciada d veces para volverse estacionaria → Una variable estacionaria es integrada de orden cero: $I(0)$
- Si las series están en logaritmos se cumple que la primera diferencia es una aproximación a la tasa de crecimiento

Métodos econométricos

PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS Y COINTEGRACIÓN

Proceso de elaboración de un modelo: Especificación

Por ejemplo, un modelo de demanda de diesel:

$$(1) \quad \text{Ln } CD_t = \beta_1 + \beta_2 * \text{Ln } PR_t + \beta_3 * \text{Ln } Y_t^d + \beta_4 * PV + u_t$$

$$\beta_2 < 0, \beta_3 > 0 \text{ y } \beta_4 < 0$$

Donde,

CD: consumo de diesel

PR: precios relativos del diesel

Y^d : Ingreso personal disponible

PV: Parque vehicular

Ln: Indica logaritmo natural

u: término de error

Regresores no estacionarios

- Si los regresores son no estacionarios aparecen dos problemas:
 - Las estadísticas t , F o χ^2 tienen distribuciones no estándar → **no podemos hacer inferencia.**
 - Regresión espuria.
- Debemos trabajar con variables estacionarias para poder realizar inferencia.

Regresores no estacionarios

- Si se demuestra que los datos son no estacionarios (prueba de raíz unitaria) podemos eliminar el carácter no estacionario diferenciando las series (trabajar con variables $I(0)$).
- Esto significa una pérdida de información valiosa proveniente de la teoría económica referente a las propiedades de equilibrio de largo plazo

Pruebas de raíces unitarias

Nos interesa el orden de integración de las series
Consideremos el siguiente modelo

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y_{t-1} + \beta t + \varepsilon_t$$

Modelo	Conjunto de parámetros	Descripción	Propiedades
1	$\mu \neq 0, \phi_1 < 1, \beta \neq 0$	Estacionario con tendencia determinística	I(0)
2	$\mu \neq 0, \phi_1 = 1, \beta \neq 0$	Random walk con constante y tendencia determinística	I(1)
3	$\mu \neq 0, \phi_1 = 1, \beta = 0$	Random walk con constante	I(1)
4	$\mu \neq 0, \phi_1 = 0, \beta \neq 0$	Tendencia determinística	I(0)
5	$\mu = 0, \phi_1 = 1, \beta = 0$	Random walk puro	I(1)

Prueba de Dickey - Fuller

- Nos interesa saber si $\phi_1 = 1$, es decir, si el modelo presenta raíz unitaria
- Restando Y_{t-1} a ambos lados de la ecuación obtenemos la siguiente especificación:

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \beta t + \varepsilon_t$$

Donde :

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$\gamma = \phi - 1$$

Prueba de Dickey - Fuller

- La hipótesis nula de la prueba es:

$H_0: \gamma = 0$. (la serie tiene una raíz unitaria \rightarrow no estacionaria)

Vs.

$H_1: \gamma < 0$. (la serie **no** tiene una raíz unitaria \rightarrow estacionaria)

Prueba de Dickey – Fuller Aumentada

- Para mejorar las propiedades de la prueba, la reespecificaron de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \beta t + \sum_{i=1}^k \theta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde :

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$\gamma = \phi - 1$$

- La elección del número de rezagos se hace utilizando los criterios de información o mediante el método t-sig

Especificación de la prueba: determinación de la variable determinística

1. Inspección visual de la serie:

- Si muestra tendencia, incluir tendencia en la prueba
- Si fluctúa alrededor de un valor diferente de cero, incluir constante en la prueba
- Si fluctúa alrededor del cero, no incluir ni constante ni tendencia

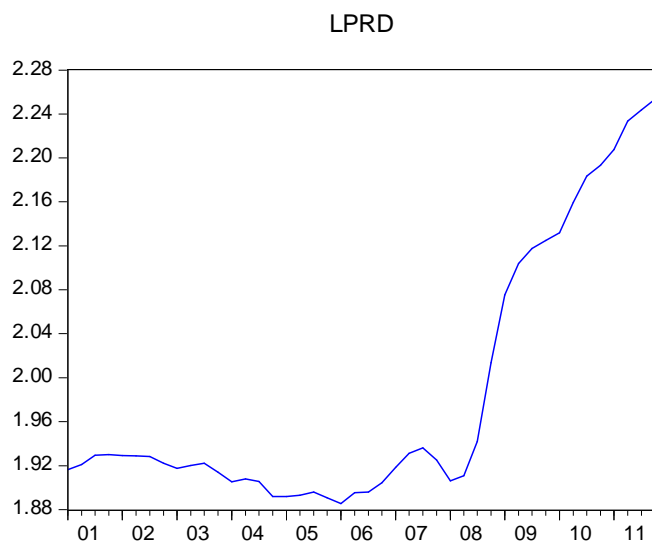
Especificación de la prueba: Criterios de información y método t-sig para la elección de rezagos

Elegir el número de rezagos que minimice los criterios de información.

- Método t-sig:
 1. Comenzar con un número alto de rezagos dependiendo de la frecuencia de la serie
 2. Eliminar iterativamente los rezagos si estos no son significativos al 10%

Ejemplo: Logaritmo los precios

- Se especifica con constante y tendencia
- No se rechaza la Hipótesis nula (prob > 0.05)



Null Hypothesis: LPRD has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.727544	0.9640
Test critical values:		
1% level	-4.198503	
5% level	-3.523623	
10% level	-3.192902	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

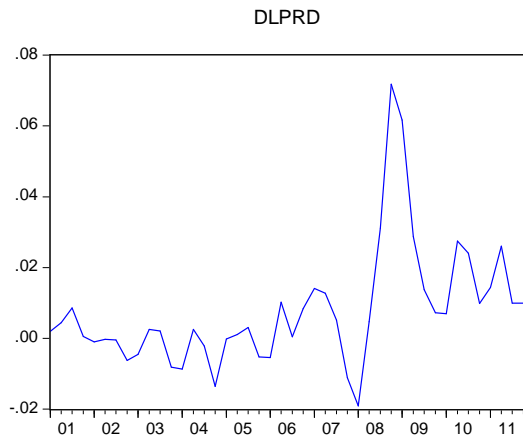
Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(LPRD)
 Method: Least Squares
 Date: 09/09/11 Time: 19:34
 Sample (adjusted): 2001Q4 2011Q4
 Included observations: 41 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPRD(-1)	-0.018069	0.024836	-0.727544	0.4716
D(LPRD(-1))	0.944973	0.139443	6.776757	0.0000
D(LPRD(-2))	-0.498361	0.147926	-3.368998	0.0018
C	0.027277	0.045487	0.599663	0.5525
@TREND(2001Q1)	0.000559	0.000228	2.457047	0.0190

R-squared	0.681950	Mean dependent var	0.007905
Adjusted R-squared	0.646611	S.D. dependent var	0.017697
S.E. of regression	0.010520	Akaike info criterion	-6.157134
Sum squared resid	0.003985	Schwarz criterion	-5.948162
Log likelihood	131.2212	Hannan-Quinn criter.	-6.081038
F-statistic	19.29741	Durbin-Watson stat	1.975212
Prob(F-statistic)	0.000000		

Ejemplo: Logaritmo los precios

- Se especifica con constante
- Se rechaza la Hipótesis nula (prob < 0.05) → La serie es I(1)



Null Hypothesis: DLPRD has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.780399	0.0061
Test critical values:		
1% level	-3.596616	
5% level	-2.933158	
10% level	-2.604867	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(DLPRD)
 Method: Least Squares
 Date: 09/09/11 Time: 19:36
 Sample (adjusted): 2001Q3 2011Q4
 Included observations: 42 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLPRD(-1)	-0.405781	0.107338	-3.780399	0.0005
D(DLPRD(-1))	0.445364	0.143176	3.110613	0.0035
C	0.003208	0.001908	1.681197	0.1007

R-squared	0.311509	Mean dependent var	0.000133
Adjusted R-squared	0.276201	S.D. dependent var	0.013104
S.E. of regression	0.011148	Akaike info criterion	-6.086279
Sum squared resid	0.004847	Schwarz criterion	-5.962160
Log likelihood	130.8119	Hannan-Quinn criter.	-6.040784
F-statistic	8.822793	Durbin-Watson stat	1.865602
Prob(F-statistic)	0.000690		

Cointegración

- La teoría económica identifica relaciones de equilibrio de largo plazo entre variables económicas, las que si no se satisfacen echarán a andar fuerzas económicas para retornar al equilibrio.
- Una variable no estacionaria fluctúa extensamente, pero algunos pares de variables no estacionarias pueden fluctuar en forma que no se separen mucho o que fluctúen de manera conjunta → Aunque sean $I(1)$ una combinación lineal particular de ellas es $I(0)$. Dicha combinación se interpreta como una relación de equilibrio.

Cointegración

- Sea $y_t \sim I(1)$ y $x_t \sim I(1)$ si existe b tal que

$$y_t - b x_t \sim I(0)$$

Se dice que y_t y x_t están cointegradas.

Es posible demostrar que si existe una relación de equilibrio de largo plazo es posible representarla como un modelo de corrección de errores y viceversa (Teorema de representación de Granger, 1986).

Modelo de corrección de errores: Introducción

El modelo de corrección de errores se especifica de la siguiente manera:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \sum_{i=0}^k \beta_i \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i} + \alpha (y_{t-1} - b x_{t-1}) + \epsilon_t$$

Las variables involucradas son todas $I(0)$. El último término es el término de corrección del error, se interpreta como un reflejo de las respuestas al desequilibrio. El parámetro α ***debe ser siempre significativo y negativo.***

Modelo de corrección de errores: Método de especificación – de lo general a lo específico

1. Comenzar con un número alto de rezagos dependiendo de la frecuencia de la serie
2. Eliminar progresivamente las variables no significativas, considerando los menos significativos.
3. Realizar pruebas de diagnóstico del modelo final

Modelo de corrección de errores: Método de Engle y Granger

1. Determinar el orden de integración de las series (pruebas de raíces unitarias)
2. Correr la regresión de cointegración sugerida por la teoría económica
3. Aplicar prueba de raíces unitarias al residuo de la regresión en (2) para verificar la cointegración
4. Si se acepta la cointegración estimar el modelos de corrección de errores

Modelo de corrección de errores: Método de Johansen

1. Determinar el orden de integración de las series (pruebas de raíces unitarias)
2. Verificar la cointegración utilizando el procedimiento de Johansen
3. Si se acepta la cointegración, obtener el vector de cointegración
4. Estimar el modelo de corrección de errores o el vector de corrección de errores

Métodos econométricos

PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO

Supuestos del modelo de regresión

Supuesto

1. Los residuales se distribuyen de una forma normal ($u_i \sim N(0, \sigma^2)$)
2. Los residuales no exhiben autocorrelación
 - $Cov(u_i, u_j) = 0$ para todo $i \neq j$
3. Los residuales no exhiben heteroscedasticidad
 - $Var(u_i | x_i) = \sigma^2$ para todo i

Consecuencia del no cumplimiento del supuesto

1. No podemos hacer inferencia
2. El estimador de MCO es insesgado pero ineficiente
→ Los errores estándar son incorrectos y las estadísticas de prueba basadas en ellos son inválidas

Prueba de normalidad de los errores

PRUEBA JARQUE – BERA

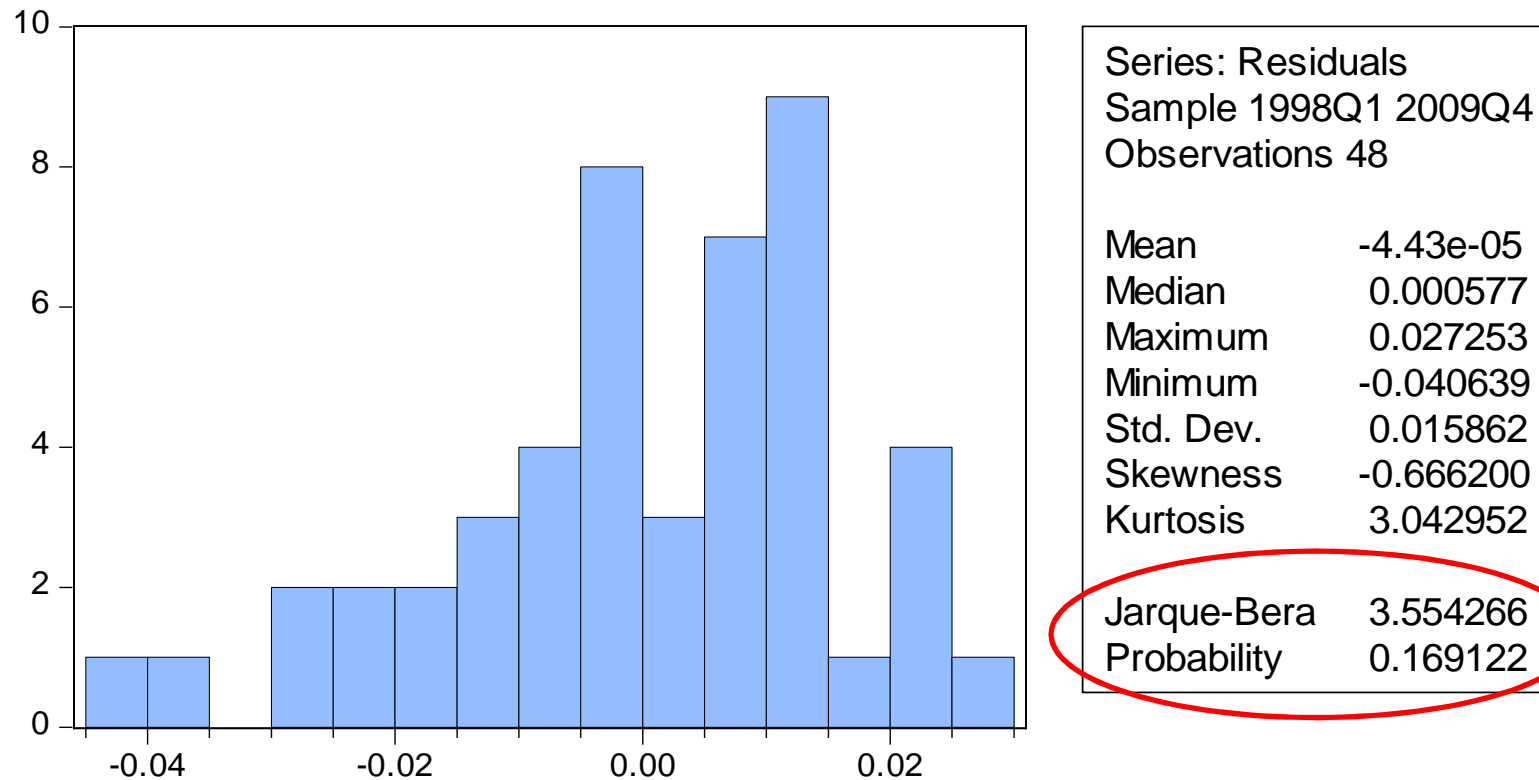
H_0 : Los errores son consistentes con una distribución normal

H_1 : Los errores no son consistentes con una normal.

La estadística de prueba se distribuye, bajo la hipótesis nula, asintóticamente como una distribución $\chi^2(2)$.

El rechazo de la hipótesis nula puede sugerir variables omitidas, no linealidades o errores heteroscedásticos no consideradas en el modelo

Prueba de normalidad de los errores



- La hipótesis nula es rechazada si el estadístico es alto (mayor a 5.99 al 5% → Probabilidad < 0.05)

Elección de rezagos para las pruebas

- Las pruebas de autocorrelación y heteroscedasticidad requieren que especifiquemos el número de rezagos, éste dependerá de la frecuencia de las series:
 - Anual: hasta 2 rezagos
 - Trimestral: hasta 4 rezagos
 - Mensual: hasta 12 rezagos

Prueba de autocorrelación de los errores

PRUEBA BREUSCH-GODFREY

H_0 : Los residuales **no** muestran autocorrelación

H_1 : Los errores muestran autocorrelación.

Para muestras pequeñas usar la prueba F

Para muestras grandes usar la prueba χ^2

Prueba de autocorrelación de los errores

- Los grados de libertad dependen del número de rezagos que incluyamos en la prueba y del número de observaciones.
- **Se rechaza la H0 para valores altos, generalmente cuando probabilidad < 0.05**
- La existencia de autocorrelación sugiere una mala especificación dinámica del modelo

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.396725	Prob. F(4,40)	0.2526
Obs*R-squared	5.882303	Prob. Chi-Square(4)	0.2081

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 02/18/11 Time: 11:16
Sample: 1998Q1 2009Q4
Included observations: 48
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000209	0.005367	-0.038945	0.9691
AR(2)	-0.120418	0.385604	-0.312285	0.7564
AR(4)	0.088414	0.257740	0.343035	0.7334
MA(1)	0.034562	0.121677	0.284047	0.7778
RESID(-1)	0.219863	0.198962	1.105048	0.2757
RESID(-2)	0.198583	0.463982	0.427997	0.6709
RESID(-3)	-0.301968	0.206929	-1.459282	0.1523
RESID(-4)	0.068553	0.326243	0.210130	0.8346

R-squared	0.122548	Mean dependent var	-4.43E-05
Adjusted R-squared	-0.031006	S.D. dependent var	0.015862
S.E. of regression	0.016106	Akaike info criterion	-5.268264
Sum squared resid	0.010376	Schwarz criterion	-4.956397
Log likelihood	134.4383	Hannan-Quinn criter.	-5.150409
F-statistic	0.798077	Durbin-Watson stat	1.997402
Prob(F-statistic)	0.593543		

Prueba de heteroscedasticidad de los errores

PRUEBA ARCH

- H_0 : Los residuales **no** muestran heteroscedasticidad
 - H_1 : Los errores muestran heteroscedasticidad.
-
- Para muestras pequeñas usar la prueba F
 - Para muestras grandes usar la prueba χ^2

Prueba de heteroscedasticidad de los errores

- Si rechazamos la nula debemos modelar la heteroscedasticidad
- **Se rechaza la H0 para valores altos, generalmente cuando probabilidad < 0.05**

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.823603	Prob. F(4,39)	0.5181
Obs*R-squared	3.427265	Prob. Chi-Square(4)	0.4890

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 02/18/11 Time: 11:25
Sample (adjusted): 1999Q1 2009Q4
Included observations: 44 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000144	7.30E-05	1.976643	0.0552
RESID^2(-1)	0.083136	0.127368	0.652727	0.5178
RESID^2(-2)	0.194865	0.129820	1.501041	0.1414
RESID^2(-3)	-0.000462	0.128295	-0.003600	0.9971
RESID^2(-4)	0.043245	0.152232	0.284076	0.7779

R-squared	0.077892	Mean dependent var	0.000226
Adjusted R-squared	-0.016683	S.D. dependent var	0.000300
S.E. of regression	0.000303	Akaike info criterion	-13.25985
Sum squared resid	3.58E-06	Schwarz criterion	-13.05710
Log likelihood	296.7166	Hannan-Quinn criter.	-13.18466
F-statistic	0.823603	Durbin-Watson stat	1.775231
Prob(F-statistic)	0.518146		

Prueba de especificación de la forma funcional

Prueba RESET

- H_0 : El modelo está bien especificado
 - H_1 : La especificación del modelo es incorrecta
-
- Para muestras pequeñas usar la prueba F
 - Para muestras grandes usar la prueba χ^2

Prueba de especificación de la forma funcional

- Útil para detectar no linealidad en el modelo
- **Se rechaza la H0 para valores altos, generalmente cuando probabilidad < 0.05**

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Ramsey RESET Test:

F-statistic	0.281670	Prob. F(3,16)	0.8379
Log likelihood ratio	1.286645	Prob. Chi-Square(3)	0.7323

Test Equation:
Dependent Variable: DLPG
Method: Least Squares
Date: 02/18/11 Time: 11:43
Sample: 1983 2007
Included observations: 25

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLPG(-1)	-0.304966	0.240024	-1.270567	0.2220
DLPG(-2)	0.408458	0.165574	2.466926	0.0253
DLY	0.587062	0.240082	2.445261	0.0264
DLPR	-0.144164	0.046846	-3.077399	0.0072
DLPR(-1)	-0.180060	0.126592	-1.422362	0.1741
ECM01(-1)	-0.283874	0.143198	-1.982395	0.0649
FITTED^2	1.763017	4.553049	0.387217	0.7037
FITTED^3	31.77430	52.02752	0.610721	0.5500
FITTED^4	-398.0810	557.8607	-0.713585	0.4858

R-squared	0.919881	Mean dependent var	0.027011
Adjusted R-squared	0.879822	S.D. dependent var	0.052933
S.E. of regression	0.018350	Akaike info criterion	-4.884653
Sum squared resid	0.005388	Schwarz criterion	-4.445858
Log likelihood	70.05817	Hannan-Quinn criter.	-4.762950
Durbin-Watson stat	1.846331		

Pruebas de estabilidad de los parámetros

- Pruebas de Chow
- Análisis recursivos: CUSUM y CUSUMQ

Prueba de estabilidad de los parámetros

PRUEBA DE CHOW

- H_0 : No hay cambio estructural
- H_1 : Hay cambio estructural
- Para muestras pequeñas usar la prueba F
- Para muestras grandes usar la prueba χ^2

Prueba de estabilidad de los parámetros

PRUEBA DE CHOW

- H_0 : No hay cambio estructural
- H_1 : Hay cambio estructural

Un problema es la elección del punto de quiebre

Se rechaza la H_0 para valores altos, generalmente cuando probabilidad < 0.05

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help
View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Chow Breakpoint Test: 2000Q1
Null Hypothesis: No breaks at specified breakpoints

Equation Sample: 1998Q1 2009Q4

F-statistic	7.466541	Prob. F(4,40)	0.0001
Log likelihood ratio	26.76970	Prob. Chi-Square(4)	0.0000
Wald Statistic	22.56844	Prob. Chi-Square(4)	0.0002

WARNING: the MA backcasts differ for the original and test equation. Under the null hypothesis, the impact of this difference vanishes asymptotically.

File Edit Object View Proc Quick Options Window Help
View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Chow Forecast Test: Forecast from 2000Q1 to 2009Q4

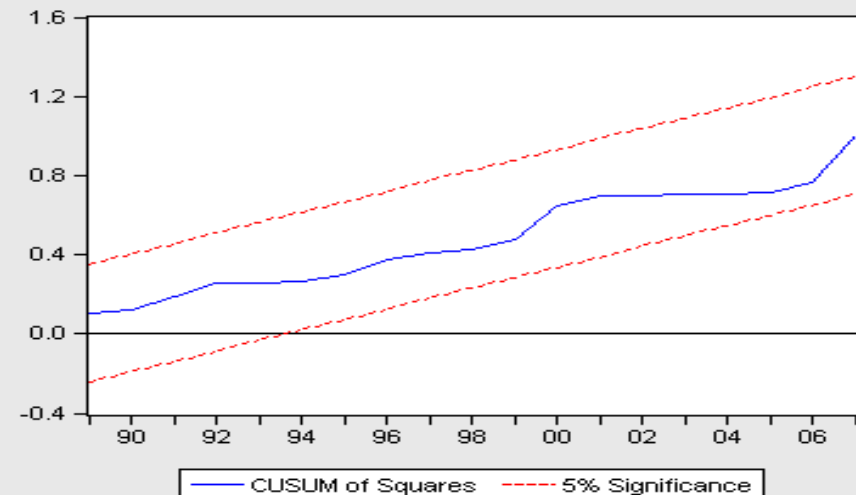
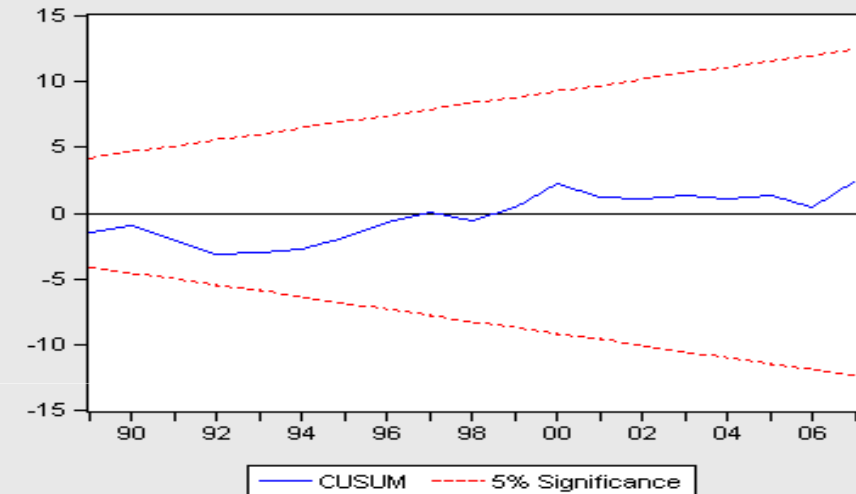
F-statistic	1.679101	Prob. F(40,4)	0.3321
Log likelihood ratio	138.1773	Prob. Chi-Square(40)	0.0000

WARNING: the MA backcasts differ for the original and test equation. Under the null hypothesis, the impact of this difference vanishes asymptotically.

Prueba de estabilidad de los parámetros

PRUEBA CUSUM y CUSUMQ

- H_0 : No hay cambio estructural
- H_1 : Hay cambio estructural



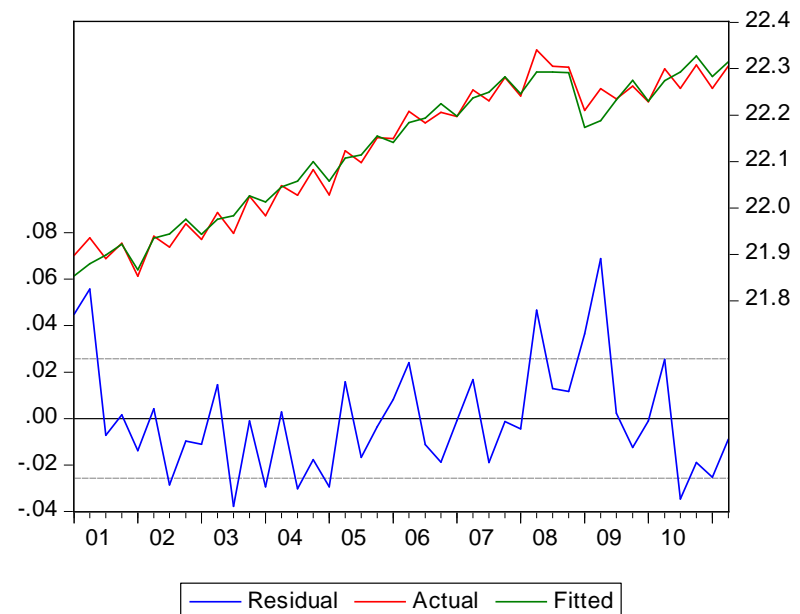
Ejemplo: Demanda de diesel

- Estimación de la relación de largo plazo

Dependent Variable: LQD
Method: Least Squares
Date: 09/09/11 Time: 19:39
Sample (adjusted): 2001Q1 2011Q2
Included observations: 42 after adjustments

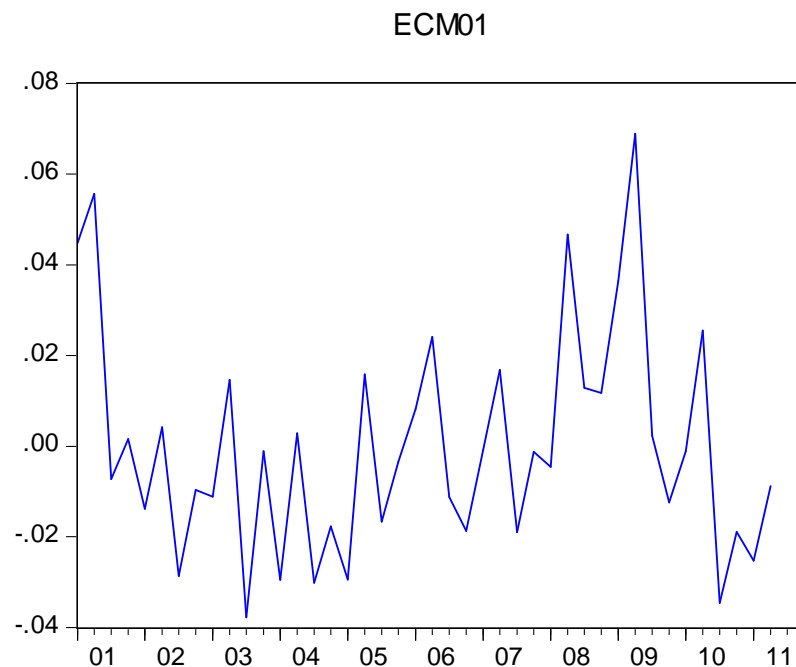
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-8.607112	2.112198	-4.074955	0.0002
LY	1.039093	0.128373	8.094298	0.0000
LPRD	-0.143065	0.059324	-2.411569	0.0208
LPV	0.461434	0.065842	7.008233	0.0000

R-squared	0.972311	Mean dependent var	22.12569
Adjusted R-squared	0.970125	S.D. dependent var	0.148377
S.E. of regression	0.025646	Akaike info criterion	-4.398447
Sum squared resid	0.024994	Schwarz criterion	-4.232955
Log likelihood	96.36739	Hannan-Quinn criter.	-4.337787
F-statistic	444.7910	Durbin-Watson stat	1.458606
Prob(F-statistic)	0.000000		



Ejemplo: Demanda de diesel

- Prueba de cointegración



Null Hypothesis: ECM01 has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=9)

	t-Statistic	Prob *
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.094588	0.0363
Test critical values:		
1% level	-2.628961	
5% level	-1.950117	
10% level	-1.611339	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(ECM01)
 Method: Least Squares
 Date: 09/09/11 Time: 19:40
 Sample (adjusted): 2002Q2 2011Q2
 Included observations: 37 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECM01(-1)	-0.402276	0.192055	-2.094588	0.0442
D(ECM01(-1))	-0.087397	0.202636	-0.431303	0.6691
D(ECM01(-2))	-0.060260	0.176877	-0.340686	0.7356
D(ECM01(-3))	-0.091940	0.144438	-0.636541	0.5290
D(ECM01(-4))	0.589258	0.128588	4.582512	0.0001

R-squared	0.756897	Mean dependent var	0.000135
Adjusted R-squared	0.726509	S.D. dependent var	0.029844
S.E. of regression	0.015608	Akaike info criterion	-5.357040
Sum squared resid	0.007795	Schwarz criterion	-5.139348
Log likelihood	104.1052	Hannan-Quinn criter.	-5.280294
Durbin-Watson stat	2.159699		

Ejemplo: Demanda de diesel– Especificación del MCE

- Formulación general del MCE

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.023000	0.027925	0.823623	0.4223
DLQD(-1)	-0.681624	0.433634	-1.571890	0.1355
DLQD(-2)	-0.383111	0.365730	-1.047524	0.3104
DLQD(-3)	-0.025059	0.308629	-0.081194	0.9363
DLQD(-4)	0.198988	0.223375	0.890825	0.3862
DLPRD	-0.065625	0.363982	-0.180297	0.8592
DLPRD(-1)	-0.074493	0.477941	-0.155863	0.8781
DLPRD(-2)	-0.562196	0.471116	-1.193329	0.2501
DLPRD(-3)	-0.109056	0.446088	-0.244471	0.8100
DLPRD(-4)	-0.151485	0.375377	-0.403554	0.6919
DLY	0.840594	0.240276	3.498448	0.0030
DLY(-1)	0.024742	0.472854	0.052325	0.9589
DLY(-2)	0.217269	0.387225	0.561090	0.5825
DLY(-3)	0.007032	0.258781	0.027174	0.9787
DLY(-4)	-0.201868	0.253152	-0.797420	0.4369
DLPV	1.980866	2.059071	0.962019	0.3504
DLPV(-1)	-1.010410	3.266129	-0.309360	0.7610
DLPV(-2)	-1.494765	3.258762	-0.458691	0.6526
DLPV(-3)	-1.723528	3.524748	-0.488979	0.6315
DLPV(-4)	2.159832	2.770454	0.779595	0.4470
ECM01(-1)	-0.045827	0.461491	-0.099302	0.9221
R-squared	0.965734	Mean dependent var	0.012239	
Adjusted R-squared	0.922902	S.D. dependent var	0.051020	
S.E. of regression	0.014166	Akaike info criterion	-5.379080	
Sum squared resid	0.003211	Schwarz criterion	-4.464775	
Log likelihood	120.5130	Hannan-Quinn criter.	-5.056745	
F-statistic	22.54688	Durbin-Watson stat	2.084284	
Prob(F-statistic)	0.000000			

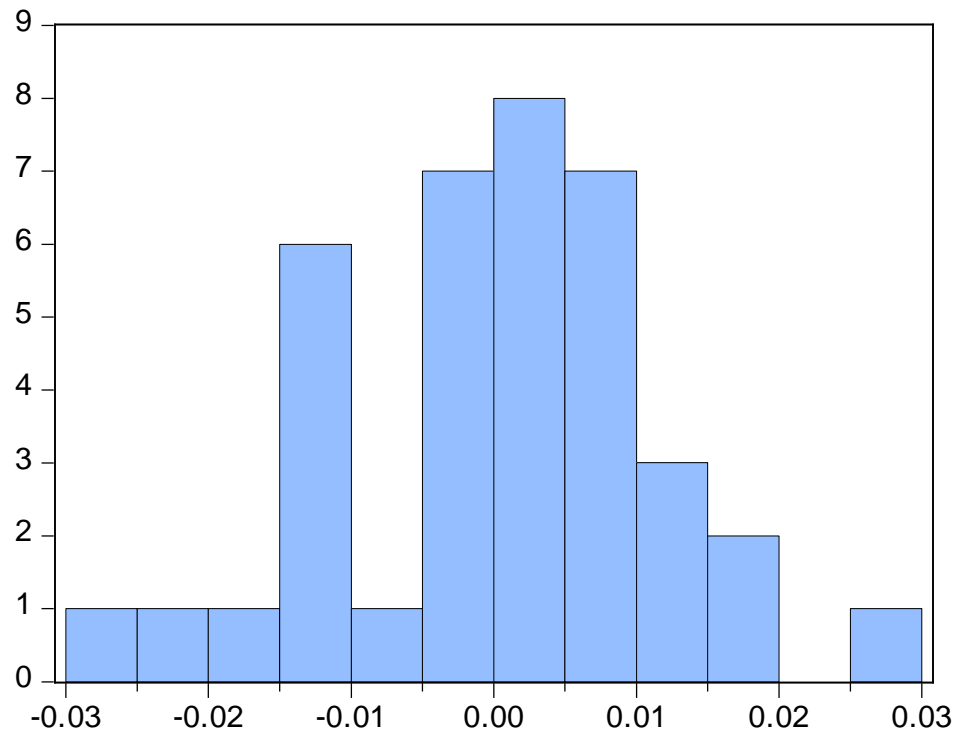
Ejemplo: Demanda de diesel – Modelo final

- Eliminación progresiva de las variables no significativas

Dependent Variable: DLQD				
Method: Least Squares				
Date: 09/08/11 Time: 17:18				
Sample (adjusted): 2002Q1 2011Q2				
Included observations: 38 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLQD(-1)	-0.406679	0.099871	-4.072025	0.0003
DLQD(-3)	0.222212	0.090611	2.452383	0.0202
DLQD(-4)	0.367094	0.115453	3.179583	0.0034
DLY	1.085292	0.115544	9.392858	0.0000
DLY(-4)	-0.396587	0.142028	-2.792315	0.0090
DLPRD(-2)	-0.296121	0.151284	-1.957385	0.0597
DLKD(-4)	0.360975	0.190161	1.898260	0.0673
ECM01(-1)	-0.291065	0.129699	-2.244155	0.0324
R-squared	0.951835	Mean dependent var		0.010050
Adjusted R-squared	0.940596	S.D. dependent var		0.052103
S.E. of regression	0.012699	Akaike info criterion		-5.709906
Sum squared resid	0.004838	Schwarz criterion		-5.365151
Log likelihood	116.4882	Hannan-Quinn criter.		-5.587244
Durbin-Watson stat	1.775236			

Ejemplo: Demanda de diesel– pruebas de diagnóstico

- Normalidad



Series: Residuals
Sample 2002Q1 2011Q2
Observations 38

Mean	0.000271
Median	0.001871
Maximum	0.029670
Minimum	-0.028072
Std. Dev.	0.011432
Skewness	-0.136541
Kurtosis	3.440177

Jarque-Bera	0.424856
Probability	0.808618

Ejemplo: Demanda de diesel– pruebas de diagnóstico

- Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.149818	Prob. F(4,26)	0.9614
Obs*R-squared	0.834696	Prob. Chi-Square(4)	0.9337

- Heteroscedasticidad (ARCH)

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.165754	Prob. F(4,29)	0.9540
Obs*R-squared	0.759953	Prob. Chi-Square(4)	0.9437

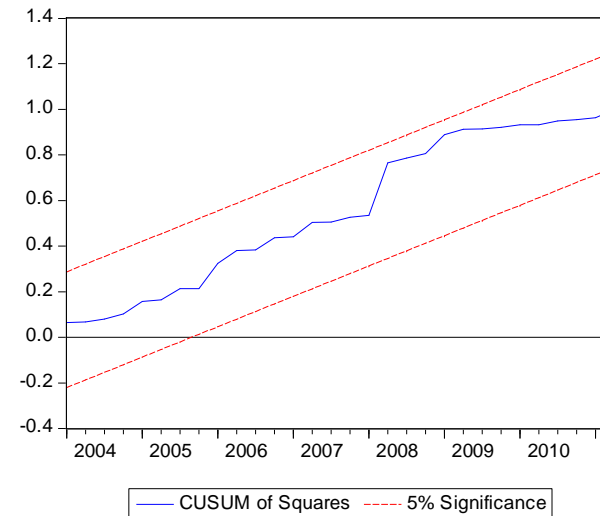
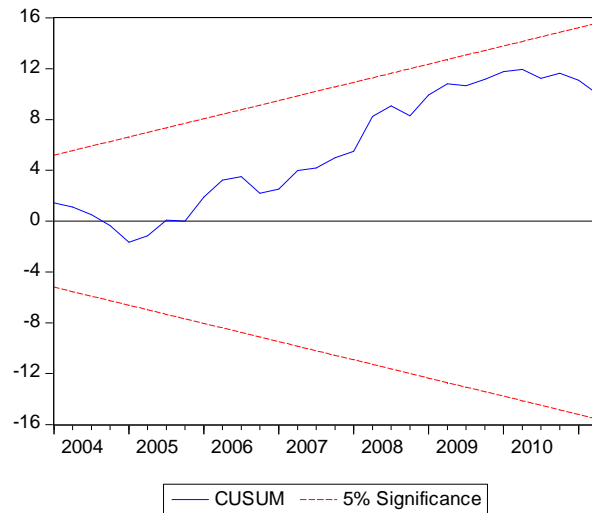
- RESET

Ramsey RESET Test:

F-statistic	1.556583	Prob. F(3,27)	0.2228
Log likelihood ratio	6.061954	Prob. Chi-Square(3)	0.1086

Ejemplo: Demanda de gasolina – pruebas de diagnóstico

- CUSUM y CUSUMQ



- Chow

Chow Breakpoint Test: 2008Q4
 Null Hypothesis: No breaks at specified breakpoints
 Varying regressors: All equation variables
 Equation Sample: 2002Q1 2011Q2

F-statistic	0.578636	Prob. F(8,22)	0.7844
Log likelihood ratio	7.256541	Prob. Chi-Square(8)	0.5092
Wald Statistic	4.629085	Prob. Chi-Square(8)	0.7964

Ejemplo: Demanda de diesel– Pronóstico

- Pronóstico y simulación de políticas:
 - Crecimiento del PIB = 2.5% anual
 - Crecimiento de los precios reales = 2.7% anual
 - Crecimiento del parque vehicular = 4% anual
- Vs.
- Crecimiento del PIB = 2.5% anual
 - Crecimiento de los precios reales = **4.7%** anual
 - Crecimiento del parque vehicular = 4% anual

Modelos de series de tiempo y decisiones de política pública

joseeduardo.alatorre@cepal.org

orlando.reyes@cepal.org

División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
CEPAL

Septiembre 2011