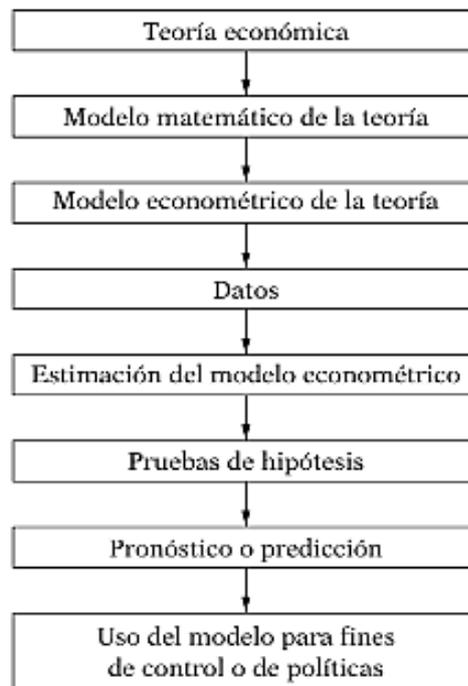


ANEXOS

ANEXO 1

La ecuación: $Y = \beta_1 + \beta_2 X + u$ es un ejemplo de un modelo econométrico. Más técnicamente, dicha ecuación es un ejemplo de un modelo de regresión lineal, la función econométrica plantea como hipótesis que la variable dependiente Y está relacionada linealmente con la variable explicativa X pero que la relación entre las dos no es exacta: está sujeta a variaciones individuales. Donde u , conocida como término de perturbación o de error, es una variable aleatoria (estocástica) con propiedades probabilísticas bien definidas. El término de perturbación u representa todos los factores que afectan a la variable Y pero que no se consideran en el modelo en forma explícita.

Anatomía de la creación de modelos econométricos.



El análisis de regresión trata del estudio de la dependencia de una variable (variable dependiente) respecto de una o más variables (variables explicativas) con el objetivo de estimar o predecir la media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocidos o fijos (en muestras repetidas) de las segundas.

Tipos de datos en Econometría

Hay tres tipos de datos disponibles para el análisis empírico: series de tiempo, series transversales e información combinada (combinación de series de tiempo y transversales).

ANEXO 2

Método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO)

El método de mínimos cuadrados ordinarios se atribuye a Carl Friedrich Gauss, matemático alemán. A partir de ciertos supuestos, el método de mínimos cuadrados presenta propiedades estadísticas muy atractivas que lo han convertido en uno de los más eficaces y populares del análisis de regresión. Para entenderlo, primero explicaremos el principio de los mínimos cuadrados.

FRP de dos variables:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i$$

no es observable directamente. Se calcula a partir de la FRM:

$$\begin{aligned} Y_i &= \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{u}_i \\ &= \hat{Y}_i + \hat{u}_i \end{aligned}$$

donde \hat{Y}_i es el valor estimado (media condicional) de Y_i .

$$\begin{aligned} \hat{u}_i &= Y_i - \hat{Y}_i \\ &= Y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 X_i \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \hat{u}_i^2 &= \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \\ &= \sum (Y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 X_i)^2 \end{aligned}$$

A partir de la anterior ecuación es evidente que:

$$\sum \hat{u}_i^2 = f(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2)$$

El proceso de diferenciación genera las siguientes ecuaciones para estimar β_1 y β_2 :

$$\sum Y_i = n\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \sum X_i$$

$$\sum Y_i X_i = \hat{\beta}_1 \sum X_i + \hat{\beta}_2 \sum X_i^2$$

Donde n es el tamaño de la muestra. Estas ecuaciones simultáneas se conocen como ecuaciones normales. Al resolver las ecuaciones normales al mismo tiempo, obtenemos:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_2 &= \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \\ &= \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \\ &= \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \end{aligned}$$

donde \bar{X} y \bar{Y} son las medias muestrales de X y Y, y donde se definen $x_i = (X_i - \bar{X})$ y $y_i = (Y_i - \bar{Y})$. De aquí se adopta la convención de utilizar letras minúsculas para representar desviaciones respecto de los valores medios.

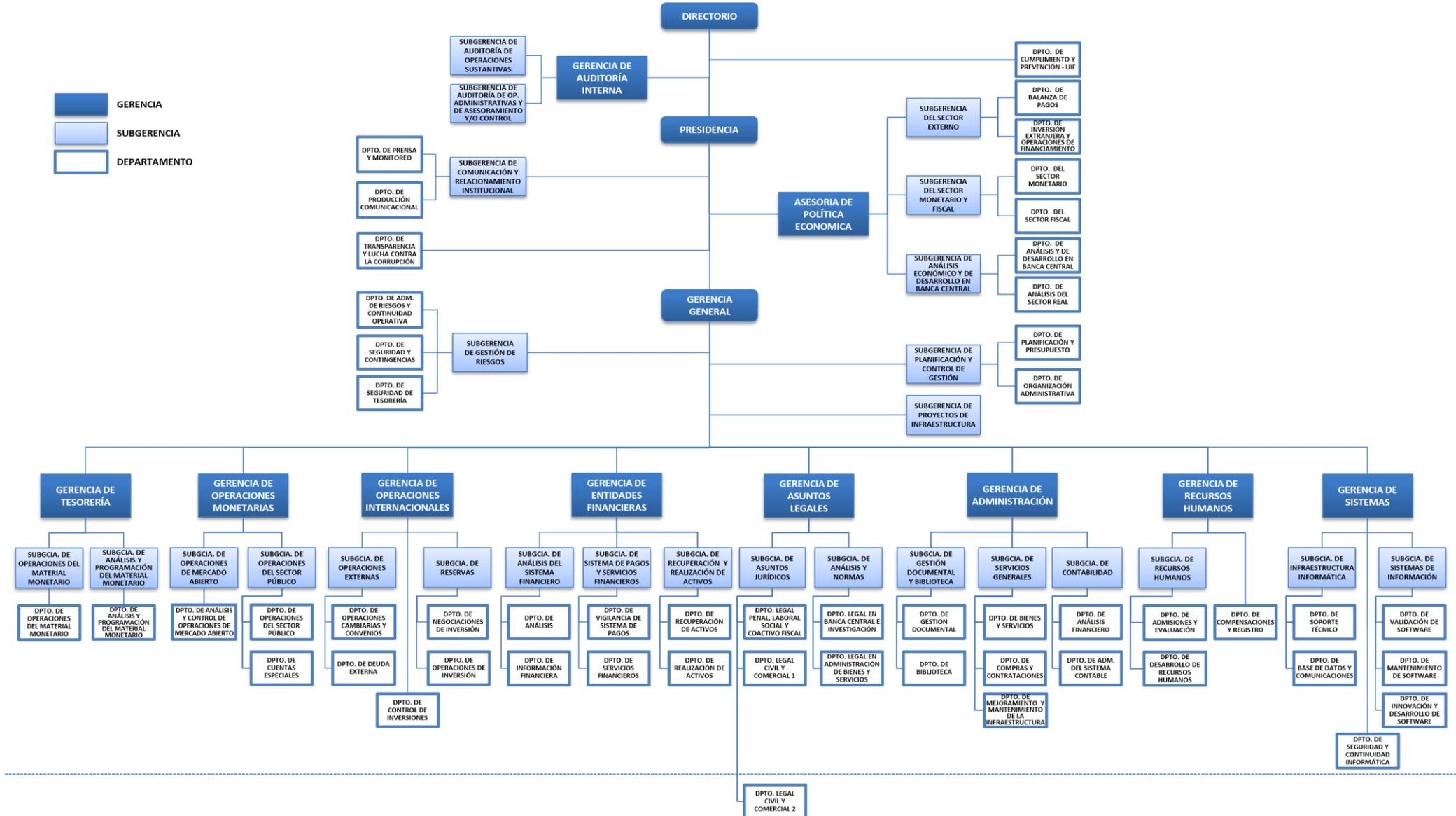
$$\begin{aligned} \hat{\beta}_1 &= \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \\ &= \bar{Y} - \hat{\beta}_2 \bar{X} \end{aligned}$$

Supuestos del modelo clásico de regresión lineal

1. El modelo de regresión es lineal en los parámetros, aunque puede o no ser lineal en las variables.
2. Valores fijos de X, o valores de X independientes del término de error: Los valores que toma la regresora X pueden considerarse fijos en muestras repetidas (el caso de la regresora fija), o haber sido muestreados junto con la variable dependiente Y (el caso de la regresora estocástica). En el segundo caso se supone que la(s) variable(s) X y el término de error son independientes, esto es, $cov(X_i, u_i) = 0$.

3. El valor medio de la perturbación u_i es igual a cero: Dado el valor de X_i , la media o el valor esperado del término de perturbación aleatoria u_i es cero.
4. Homoscedasticidad o varianza constante de u_i : La varianza del término de error, o de perturbación, es la misma sin importar el valor de X .
5. No hay autocorrelación entre las perturbaciones: Dados dos valores cualesquiera de X , X_i y X_j ($i \neq j$), la correlación entre dos u_i y u_j cualesquiera ($i \neq j$) es cero.
6. El número de observaciones n debe ser mayor que el número de parámetros por estimar: Sucesivamente, el número de observaciones n debe ser mayor que el número de variables explicativas.
7. La naturaleza de las variables X : No todos los valores X en una muestra determinada deben ser iguales. Técnicamente, $\text{var}(x)$ debe ser un número positivo. Además, no puede haber valores atípicos de la variable X , es decir, valores muy grandes en relación con el resto de las observaciones.

ORGANIGRAMA DEL BANCO CENTRAL DE BOLIVIA



ANEXO 4. VENTA DE VALORES PÚBLICOS EN BOLIVIA PERIODO 2000-2022 (EN DÓLARES)

AÑOS	En millones de dolares			
	VL	VBT (\$us)	BBCB (\$us)	TOTAL
2000	280.464	69.036	19.341	368.842
2001	245.443	257.935	14.026	517.404
2002	125.269	390.076	13.943	529.289
2003	205.810	337.289	12.364	555.462
2004	254.937	350.812	11.156	616.905
2005	222.696	510.238	12.388	745.322
2006	196.973	751.569	10.986	959.528
2007	506.902	901.850	9.135	1.417.887
2008	1.088.334	1.685.690	14.149	2.788.173
2009	890.617	2.094.680	14.157	2.999.453
2010	444.201	1.880.461	24.381	2.349.043
2011	856.751	1.841.806	34.033	2.732.590
2012	1.269.699	1.417.542	19.326	2.706.567
2013	1.334.666	1.232.431	27.266	2.594.363
2014	1.587.335	1.652.754	105.795	3.345.884
2015	1.197.251	1.958.992	181.011	3.337.254
2016	758.990	1.578.276	187.293	2.524.559
2017	494.917	1.889.626	216.861	2.601.403
2018	113.362	2.261.925	218.917	2.594.203
2019	25.629	2.710.248	127.777	2.863.654
2020	458	3.325.495	32.822	3.358.775
2021	5.452	4.488.335	12.332	4.506.118
2022	16.293	5.936.658	47.840	6.000.791
Media	527.063	1.718.423	59.448	2.304.933

Fuente: Elaboración propia en base a datos de boletines mensuales del BCB.

ANEXO 5. INFLACIÓN, VENTA DE VALORES PÚBLICOS Y TASA DE RENDIMIENTO DE VALORES PÚBLICOS EN BOLIVIA PERIODO 2000-2022 (ENPORCENTAJE)

AÑOS	Tasa de Inflación (%)	En % del total			En ME		
		Letras del Tesoro	Bonos del Tesoro	Bonos directos BCB	Tasa de Rendimiento de Letras (%)	Tasa de Rendimiento Bonos (%)	Rend. Bonos BCB (%)
2000	3,41	76,04%	18,72%	5,24%	8,07	8,98	0,35
2001	0,92	47,44%	49,85%	2,71%	5,53	6,47	0,35
2002	2,45	23,67%	73,70%	2,63%	4,71	4,36	0,44
2003	3,94	37,05%	60,72%	2,23%	4,07	5,01	0,33
2004	4,62	41,33%	56,87%	1,81%	5,96	7,1	0,29
2005	4,91	29,88%	68,46%	1,66%	4,04	6,26	0,3
2006	4,95	20,53%	78,33%	1,14%	4,71	6,05	0,26
2007	11,73	35,75%	63,61%	0,64%	4,6	5,78	0,3
2008	11,85	39,03%	60,46%	0,51%	3,33	4,77	0,31
2009	0,27	29,69%	69,84%	0,47%	2,15	3,2	0,23
2010	7,18	18,91%	80,05%	1,04%	1,34	2,12	0,32

2011	6,9	31,35%	67,40%	1,25%	0,73	1,7	2,02
2012	4,54	46,91%	52,37%	0,71%	2,31	0,79	1,15
2013	6,48	51,44%	47,50%	1,05%	0,09	0,29	2,34
2014	5,19	47,44%	49,40%	3,16%	0,96	2,34	4,18
2015	2,95	35,88%	58,70%	5,42%	4,71	4,22	4,18
2016	4,00	30,06%	62,52%	7,42%	4,07	4,45	5
2017	2,71	19,02%	72,64%	8,34%	5,96	4,21	4,75
2018	1,51	4,37%	87,19%	8,44%	4,04	4,07	4,5
2019	1,47	0,89%	94,64%	4,46%	4,71	3,93	4,25
2020	0,67	0,01%	99,01%	0,98%	4,6	3,79	4
2021	0,90	0,12%	99,61%	0,27%	2,15	4,25	4,25
2022	3,12	0,27%	98,93%	0,80%	1,34	4,71	4,5
Promedio	4,20	29,00%	68,28%	2,71%	3,66	4,30	2,11

Fuente: Elaboración propia en base a datos de boletines mensuales del BCB e INE.

ANEXO 6. EXPECTATIVAS INFLACIONARIAS

Años	Inflación Observada (%)	Expectativa Inflacionaria (%)	Brecha Inflacionaria
2000	3,41	5,71	-2,30
2001	0,92	5,13	-4,21
2002	2,45	5,25	-2,80
2003	3,94	5,31	-1,37
2004	4,62	6,1	-1,48
2005	4,91	6,28	-1,37
2006	4,95	7,25	-2,30
2007	11,73	15,19	-3,46
2008	11,85	17,95	-6,10
2009	0,27	2,5	-2,23
2010	7,18	7,23	-0,05
2011	6,9	8,17	-1,27
2012	4,54	5,5	-0,96
2013	6,48	7,12	-0,64
2014	5,19	5,5	-0,31
2015	2,95	6	-3,05
2016	4,00	6,5	-2,50
2017	2,71	2,1	0,61
2018	1,51	2	-0,49
2019	1,47	2,5	-1,03
2020	0,67	2,3	-1,63
2021	0,90	3,1	-2,20
2022	3,12	5,1	-1,98
Promedio	4,20	6,08	-1,874

Fuente: Elaboración propia en base a datos de boletines mensuales del BCB e INE.

ANEXO 7. CUADRO DE ESTIMACIÓN DEL MODELO RAMSEY RESET

MODELO 1

Ramsey RESET Test				
Specification: TIP C VL VBT BBCB TRL TRB RBBCB EI				
Omitted Variables: Powers of fitted values from 2 to 7				
	Value	df	Probability	
F-statistic	2.776204	(6, 9)	0.0819	
Likelihood ratio	24.09481	6	0.0005	
Sample: 2000 2022				
Included observations: 23				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	69178.69	22434.32	3.083610	0.0131
VL	-691.8472	224.3610	-3.083634	0.0131
VBT	-692.3270	224.5183	-3.083610	0.0131
BBCB	-691.2262	224.1626	-3.083592	0.0131
TRL	-0.228185	0.190887	-1.195393	0.2625
TRB	-2.868982	0.955222	-3.003471	0.0149
RBBCB	5.765069	1.880426	3.065831	0.0134
EI	20.64084	6.737466	3.063591	0.0135
FITTED^2	-89.36059	28.13819	-3.175777	0.0113
FITTED^3	83.96948	25.90003	3.242061	0.0101
FITTED^4	-39.47693	12.09431	-3.264092	0.0098
FITTED^5	9.564089	2.921504	3.273686	0.0096
FITTED^6	-1.123821	0.342717	-3.279157	0.0095
FITTED^7	0.050328	0.015330	3.283029	0.0095
R-squared	0.968989	Mean dependent var	2.208261	
Adjusted R-squared	0.924195	S.D. dependent var	1.872690	
S.E. of regression	0.515601	Akaike info criterion	1.792153	
Sum squared resid	2.392597	Schwarz criterion	2.483324	
Log likelihood	-6.609765	Hannan-Quinn criter.	1.965981	
F-statistic	21.63232	Durbin-Watson stat	2.726578	
Prob(F-statistic)	0.000034			

$H_0 =$ Existe una correcta especificación del Modelo

$H_0 =$ No existe una correcta especificación del Modelo

Con un NS del 5% y tomando en cuenta 6 términos ajustados se rechaza la H_0 , por lo tanto, No existe una correcta especificación del modelo.

ANEXO 8. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

INDEPENDIENTES

	TIP	TRL	VL	TRB	VBT	BBCB	RBBCB	EI
TIP	1	-0.1341188...	0.38715843...	-0.0034425...	-0.3490195...	-0.2704760...	-0.2815436...	0.93567784...
TRL	-0.1341188...	1	0.28753388...	0.81448948...	-0.3516338...	0.50072515...	-0.0138128...	-0.1065754...
VL	0.38715843...	0.28753388...	1	0.24492142...	-0.9912734...	-0.0176014...	-0.4435770...	0.36394221...
TRB	-0.0034425...	0.81448948...	0.24492142...	1	-0.2714305...	0.21392712...	-0.1802616...	0.08886327...
VBT	-0.3490195...	-0.3516338...	-0.9912734...	-0.2714305...	1	-0.1143530...	0.37173823...	-0.3127717...
BBCB	-0.2704760...	0.50072515...	-0.0176014...	0.21392712...	-0.1143530...	1	0.52304601...	-0.3702674...
RBBCB	-0.2815436...	-0.0138128...	-0.4435770...	-0.1802616...	0.37173823...	0.52304601...	1	-0.4262932...
EI	0.93567784...	-0.1065754...	0.36394221...	0.08886327...	-0.3127717...	-0.3702674...	-0.4262932...	1

Existe evidencia de la existencia de multicolinealidad debido a que existe una alta correlación positiva entre TRB y TRL, EI y TIP y una alta correlación negativa entre VBT y VL. Debido a ello no se esta cumpliendo que como su nombre lo indica sean variables independientes.

ANEXO 9. MODELO ECONOMETRICO PERIODO 2000-2007 Modelo (3)

Dependent Variable: TIP				
Sample: 2000 2007				
Included observations: 8				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	19.38511	11.58825	1.672824	0.1697
LOG(VL)	-0.266126	1.549936	-0.171701	0.8720
LOG(VBT)	-3.472115	1.577439	-2.201109	0.0925
LOG(BBCB)	-3.424268	0.599365	-5.713156	0.0046
R-squared	0.892556	Mean dependent var		2.302500
Adjusted R-squared	0.811973	S.D. dependent var		1.634011
S.E. of regression	0.708541	Akaike info criterion		2.455634
Sum squared resid	2.008119	Schwarz criterion		2.495355
Log likelihood	-5.822537	Hannan-Quinn criter.		2.187734
F-statistic	11.07625	Durbin-Watson stat		3.307208
Prob(F-statistic)	0.020854			

Podemos notar que en este modelo del año 2000 a 2007, existe consistencia teórica, significancia estadística excepto una variable, debido a que se trata de un modelo de prueba y el coeficiente de determinación es del 89%, no existe una alta ni perfecta multicolinealidad entre las variables independientes, la distribución de los errores tiende a una distribución normal. A simple vista parece ser un modelo que se ajusta de mejor manera a los datos a comparación del modelo (2).

ANEXO 10. MODELO ECONOMETRICO PERIODO 2008-2022 Modelo (4)

Dependent Variable: TIP				
Sample: 2008 2022				
Included observations: 15				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	11.77182	16.04518	0.733667	0.4785
LOG(VL)	0.215432	0.361449	0.596024	0.5632
LOG(VBT)	-2.291009	3.634957	-0.630271	0.5414
LOG(BBCB)	-0.497634	0.458302	-1.085821	0.3008
R-squared	0.327279	Mean dependent var		2.158000
Adjusted R-squared	0.143810	S.D. dependent var		2.041611
S.E. of regression	1.889113	Akaike info criterion		4.333271
Sum squared resid	39.25625	Schwarz criterion		4.522084
Log likelihood	-28.49953	Hannan-Quinn criter.		4.331260
F-statistic	1.783836	Durbin-Watson stat		2.350253
Prob(F-statistic)	0.208293			

El modelo denominado (4), tiene la misma forma funcional del modelo (3), sin embargo, no hay significancia estadística en las variables, se pierde la consistencia teórica y el coeficiente de determinación es del 32,7%. Es decir que los datos registrados en este segundo periodo 2008-2022, hacen variar significativamente al modelo econométrico planteado lo cual imposibilita la elección de un mejor modelo el cual nos permita realizar inferencias sobre la variable dependiente tasa de inflación, sumado a esto la omisión de un centenar de variables que podrían afectar la TIP si no estuviéramos tomando en cuenta el análisis orientado a las operaciones de mercado abierto.