
Análisis del Comportamiento de las Tasas de Cambio de la Alianza del Pacífico y Panamá utilizando el Exponente de Lyapunov

Castro Ramirez Samuel Alejandro 614232706
Oliveros Suarez German Leonardo 614222010

1. Introducción

El presente proyecto tiene como propósito analizar el comportamiento de las series de tasas de cambio nominales de los países de la alianza del Pacífico (Chile, Colombia, México, Perú) y Panamá desde el año 2020 al 2023, con el fin de determinar si presentan un comportamiento estable, caótico o no lineal. Para ello se utilizará la base de datos de la Cepal y se procesará en el ambiente de JupyterNotebook. El método de análisis será la aplicación del exponente de Lyapunov.

2. Base de datos

Se utilizó como fuente la base de datos de acceso público y gratuito "Tasa de cambio nominal", que se encuentra disponible en el portal de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) -CEPALSTAT-, la cual proporciona información estadística sobre las tasas de cambio nominales (Moneda nacional por dólar de Estados Unidos) para los países de América Latina y el Caribe. Para el presente proyecto, los datos seleccionados fueron los siguientes:

- Países: Chile, Colombia, México, Perú y Panamá. Con el fin de enfocar el análisis en los países miembros del mecanismo de interacción regional "Alianza del Pacífico" más Panamá.
- Periodicidad: Se tomó el promedio mensual del tipo de cambio diario calculado por la CEPAL para el periodo 2000 - 2023. Esto permitirá el análisis de cambios en escenarios particulares como la economía en pandemia, cambios de gobierno y aumento o contracción en exportaciones.
- Valor: Moneda nacional por dólar de Estados Unidos con un total de 690 observaciones.

El acceso se puede realizar a través del siguiente enlace:

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (s.f.).
Indicador: Tipo de cambio nominal. Recuperado el 22 de marzo de 2025, de:
https://statistics.cepal.org/portal/databank/index.html?lang=es&indicator_id=2179&area_id=476&members=225%2C516%2C517%2C518%2C519%2C825%2C821%2C822%2C823%2C824%2C826%2C827%2C828%2C29170%2C29184%2C29185%2C29186%2C29187%2C29188%2C29189%2C29190%2C29191%2C29192%2C29193%2C29194

3. Metodología

El modelo consta de varias etapas de análisis, cada una con su respectiva metodología matemática. Las cuales se citan a continuación:

■ 1. Cálculo del promedio anual

Se utiliza para resumir la tendencia de las tasas de cambio durante un año y realizar la comparación en esta periodicidad entre países.

Fórmula:

$$\bar{X}_{P,Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{P,Y,i}$$

Donde:

- $\bar{X}_{P,Y}$: Promedio anual de la tasa de cambio para el país P en el año Y .

- $X_{P,Y,i}$: Tasa de cambio mensual para el país P , año Y , y mes i .
- N : Número de meses en el año Y (12 meses).

■ 2. Cálculo de los Rendimientos Logarítmicos

Se utilizarán para medir la variación de las tasas de cambio entre meses o años consecutivos. Permite realizar el análisis de estabilidad de los datos de manera normalizada.

De acuerdo a Abdullah, S.M., Siddiqua, S., Siddiquee (2017), Dado que las series de tasas de cambio nominales suelen ser no estacionarias y, por lo tanto, se deben convertir las series en la tasa de rendimiento de la tasa de cambio mediante la transformación logarítmica.

Fórmula:

$$r_{P,Y} = \ln \left(\frac{\bar{X}_{P,Y}}{\bar{X}_{P,Y-1}} \right)$$

Donde:

- $r_{P,Y}$: Rendimiento logarítmico para el país P en el año Y .
- $\bar{X}_{P,Y}$: Promedio anual de la tasa de cambio en el año Y .
- $\bar{X}_{P,Y-1}$: Promedio anual de la tasa de cambio en el año anterior ($Y - 1$).

■ 3. Cálculo del Exponente de Lyapunov

Según Das, A., & Das (2007), el uso de técnicas de análisis caótico puede revelar patrones complejos en las tasas de cambio que no son evidentes con métodos tradicionales. En algunos casos que la evidencia de comportamiento caótico es casi nula, se pueden encontrar patrones no lineales que describan el comportamiento.

El exponente de Lyapunov mide la sensibilidad del sistema a pequeños cambios en las condiciones iniciales y permite analizar la estabilidad de las tasas de cambio. Un exponente positivo indica caos (sensibilidad a las condiciones iniciales), mientras que un exponente negativo indica estabilidad.

Fórmula:

1. **Perturbación inicial:** Se añade una pequeña perturbación δ (por ejemplo, $\delta = 10^{-5}$) al primer valor de la serie de rendimientos logarítmicos.

$$\bar{r}_0 = r_0 + \delta$$

2. **Separación de trayectorias:** Se calcula la separación entre la serie original y la serie perturbada en cada paso de tiempo.

$$s_t = |\bar{r}_t - r_t|$$

3. **Regresión lineal:** Se ajusta una regresión lineal al logaritmo de la separación en función del tiempo. La pendiente de esta regresión es el exponente de Lyapunov.

4. Implementación

La implementación se iniciará con la búsqueda de la base de datos en fuentes oficiales como el banco de la república para Colombia y sus similares en los países seleccionados. Como primer resultado para este punto, se encontró la estadística directamente en la plataforma de la CEPAL.

```
#Funcion para calcular los rendimientos logarítmicos.  
def log_returns(prices):  
    return np.log(prices / prices.shift(1)).dropna()
```

Figura 1: Importando Datos

```
#Funcion para calcular el exponente de Lyapunov mediante  
def lyapunov_exponent(series, delta=1e-5):  
  
    perturbed_series = series.copy()  
    perturbed_series.iloc[0] += delta * series.iloc[0]  
    separation = np.abs(perturbed_series - series)  
    t = np.arange(len(separation))  
    slope, _, _, _ = linregress(t, separation)  
    return slope
```

Figura 2: Rendimientos Logarítmicos

Teniendo en cuenta que la plataforma anteriormente indicada cuenta con filtros para seleccionar y depurar la información de interés, desde allí se procede a filtrar los países y años para su posterior descarga.

Para desarrollar el modelo se utilizará el ambiente de Jupyter Notebook de Python, por su facilidad para trabajar este tipo de modelos. A continuación se describe el paso a paso de la implementación:

- 1 Importar la base datos a Jupyter: Se realiza mediante la lectura de datos del archivo tipo XLSX (Excel) descargado.
- 2 Se inicializa la función de los rendimientos logarítmicos a partir del punto 2.2
- 3 Se inicializa la función del exponente de Lyapunov a partir del punto 2.3.
- 4 Una vez inicializadas las fórmulas y parámetros a utilizar de la base datos, se llaman dichas variables desde el XLSX para su respectivo cálculo.
- 5 Se realiza la respectiva impresión de dos gráficas. La primera describe la tasa de cambio alrededor del 2000 y 2003, la segunda muestra una gráfica de barras del comportamiento de los exponentes de Lyapunov.

5. Resultados esperados

A partir del análisis de las tasas de cambio utilizando las técnicas descritas, se espera obtener los siguientes resultados:

- Generar una base de datos con las tasas de cambio para los países de la alianza del Pacífico mas Panamá
- Comparar el comportamiento de las tasas de cambio nominales entre los países seleccionados para detectar patrones (similitudes) regionales.
- Identificar los meses o años de mayor fluctuación o inestabilidad en las tasas de cambio de cada país.
- Aplicar el método "LE." exponente de Lyapunov para evaluar el comportamiento de las tasas de cambio y clasificarlas como sistemas caóticos o no caóticos.

- Utilizar modelos de series de tiempo para predecir las tasas de cambio en el futuro y comparar los datos contra los reales.

Las visualizaciones corresponderán a:

- Gráficos de líneas para mostrar el comportamiento (creciente, decreciente o estable) de las tasas de cambio por mes y año respecto a cada país.
- Gráficos de líneas para visualizar las tendencias estacionales.
- Gráficos de barras para comparar el valor de los exponentes de Lyapunov calculados para cada país.

En cuanto las aplicaciones se pueden obtener los siguientes resultados:

- Identificar países con tasas de cambio estables para establecer relaciones comerciales beneficiosas y con bajo riesgo asociado a su volatilidad.
- Los resultados pueden ser útiles como referencia regional del comportamiento de las tasas de cambio para realizar posteriores estudios sobre los factores que influyen en la fluctuación de las mismas.
- Contribuir al desarrollo de modelos más avanzados para predecir tasas de cambio.

6. Referencias

- 1 Abdullah, S.M., Siddiqua, S., Siddiquee, M.S.H. et al. Modeling and forecasting exchange rate volatility in Bangladesh using GARCH models: a comparison based on normal and Student's t-error distribution. *Financ Innov* 3, 18 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40854-017-0071-z>
- 2 Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). Indicador: Tipo de cambio nominal. Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas. . https://statistics.cepal.org/portal/databank/index.html?lang=es&indicator_id=2179&area_id=476&members=225%2C516%2C517%2C518%2C519%2C825%2C821%2C822%2C823%2C824%2C826%2C827%2C828%2C29170%2C29184%2C29185%2C29186%2C29187%2C29188%2C29189%2C29190%2C29191%2C29192%2C29193%2C29194
- 3 Das, A., & Das, P. (2007). Chaotic analysis of the foreign exchange rates. *Applied Mathematics and Computation*, 185(1), 388–396. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.06.106>