



Documento de Trabajo SECMCA-01-2026

Estimación de elasticidades y proyección de ingresos públicos

Wilfredo Alejandro Díaz Cruz

Secretaría Ejecutiva
San José, Costa Rica



Estimación de elasticidades y proyección de ingresos públicos

Wilfredo Díaz¹

wdiaz@secmca.org

Abstract

This document develops a methodological framework to project tax revenues based on monthly administrative data disaggregated by the main tax categories and other public revenues, using elasticities with respect to Gross Domestic Product. Using information from Guatemala, Honduras, and the Dominican Republic, procedures are implemented to apply seasonal adjustments, perform consistency checks across revenue items, estimate buoyancies/elasticities, and generate forecasts. The approach is designed to support short-term revenue monitoring and medium-term budget planning with limited data inputs. The results highlight the importance of modeling tax and revenue components separately, given the heterogeneity of their dynamics, and of incorporating uncertainty as a key factor in communicating projections. Overall, the proposed workflow provides a practical bridge between routine revenue reporting and policy-oriented forecasting, enhancing timeliness and cross-country comparability.

Resumen

Este documento desarrolla un marco metodológico para proyectar ingresos fiscales a partir de datos administrativos mensuales desagregados por principales rubros tributarios y de otros ingresos públicos a partir de elasticidades respecto al Producto Interno Bruto. Con información de Guatemala, Honduras y República Dominicana, se realizan rutinas para implementar ajustes estacionales, verificaciones de consistencia entre partidas de ingresos, estimación de boyanzas/elasticidades y pronóstico. El enfoque está diseñado para apoyar, con pocos insumos relacionados a datos, el seguimiento de corto plazo de la recaudación y la planificación presupuestaria de mediano plazo. Los resultados destacan la importancia de modelar por separado los componentes tributarios/ingresos dada la heterogeneidad de sus dinámicas, considerando también la incertidumbre como un factor clave para comunicar proyecciones. En conjunto, el flujo de trabajo propuesto ofrece un puente práctico entre el reporte rutinario de ingresos y el pronóstico orientado a políticas, mejorando la oportunidad y la comparabilidad entre países.

Key words: projection; elasticities; tax administrative data; seasonal adjustment; time series models; Central America; Dominican Republic; budget planning

JEL Classification: E6, H20, H60, C53.

Palabras claves: proyección; elasticidades, datos administrativos tributarios; ajuste estacional; modelos de series de tiempo; Centroamérica; República Dominicana; planificación presupuestaria.

Clasificación JEL: E62, H20, H60, C53.

¹Economista de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (SECMCA). Las opiniones contenidas en este documento son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente los puntos de vista de SECMCA o CMCA.

1 Introducción

El análisis y la proyección de los ingresos tributarios constituyen un insumo central para la formulación de la política fiscal, la programación presupuestaria y la evaluación de la sostenibilidad de las finanzas públicas. Tradicionalmente, estos ejercicios se han apoyado en métodos relativamente agregados, tales como extrapolaciones históricas simples, supuestos ad hoc de crecimiento o elasticidades constantes tomadas de la literatura o de experiencias internacionales. Si bien estos enfoques han permitido construir escenarios de referencia, presentan limitaciones importantes en contextos caracterizados por cambios estructurales frecuentes, reformas tributarias recurrentes, alta volatilidad macroeconómica y choques exógenos de magnitud considerable.

En economías pequeñas y abiertas como las de centroamericana y República Dominicana (CARD) estas limitaciones se ven acentuadas por la elevada sensibilidad de los ingresos públicos al ciclo económico, a los precios internacionales y a la dinámica de la demanda interna. En este contexto, la necesidad de contar con herramientas analíticas más flexibles, replicables y empíricamente fundamentadas para la proyección de ingresos fiscales se ha vuelto cada vez más evidente, particularmente para instituciones responsables de la coordinación macro-fiscal.

Al respecto se ha documentado ampliamente que los ingresos tributarios no responden de manera homogénea al crecimiento económico, sino que exhiben elasticidades diferenciadas por tipo de impuesto, base gravable y etapa del ciclo económico (Musgrave, 1987; Girouard y André, 2005). Asimismo, existe evidencia de que las reformas tributarias introducen quiebres estructurales que alteran de forma permanente la relación histórica entre actividad económica e ingresos fiscales, lo que hace inapropiado el uso mecánico de parámetros estimados sobre muestras largas sin correcciones explícitas (Mendoza, Razin y Tesar, 1994; Sancak, Velloso y Xing, 2010).

Si bien la literatura ha avanzado significativamente en la estimación de elasticidades tributarias y en la modelación de ingresos fiscales, gran parte de estos desarrollos permanece en el ámbito académico o requiere insumos estadísticos y capacidades técnicas que no siempre están disponibles en las oficinas de los ministerios de hacienda de economías en desarrollo. Esta brecha entre los desarrollos metodológicos y su implementación operativa motiva la presente propuesta.

El presente documento propone un marco metodológico integral para la proyección de ingresos fiscales que combina técnicas modernas de análisis de series de tiempo (considerando limitaciones en la cantidad de datos), estimación econométrica y construcción de escenarios macroeconómicos consistentes, presentados de manera sencilla. El enfoque se apoya en un script desarrollado en el lenguaje R, que permite automatizar el procesamiento de la información, garantizar trazabilidad metodológica y facilitar la replicabilidad de los resultados entre países y ejercicios sucesivos.

La contribución principal de esta propuesta radica en la integración de cuatro elementos clave: (i) la desestacionalización y depuración estadística de las series de ingresos y variables macroeconómicas relevantes; (ii) la detección endógena de reformas tributarias (o situaciones atípicas) mediante criterios estadísticos objetivos; (iii) la estimación diferenciada de boyanzas y elasticidades de ingresos fiscales (tributarias) respecto al producto interno bruto, incorporando correcciones por heterocedasticidad y autocorrelación; y (iv) la generación de proyecciones bajo múltiples escenarios (base, optimista y pesimista), acompañadas de bandas de incertidumbre que permiten comunicar de forma transparente riesgos asociados a las proyecciones.

La aplicación de este marco a los casos de Guatemala, Honduras y República Dominicana muestra que el enfoque ofrece un desempeño aceptable para el total de los ingresos tributarios y sus principales rubros, mientras que las mayores desviaciones se concentran en partidas de baja recaudación o alta volatilidad. Asimismo, los resultados confirman que las boyanzas tienden a superar a las elasticidades estructurales, reflejando el papel de factores discrecionales, administrativos o inflacionarios en la dinámica observada de los ingresos. Estos hallazgos son consistentes con la evidencia empírica internacional y refuerzan la pertinencia del abordaje adoptado.

El documento se estructura de la siguiente manera. La sección 2 presenta el marco teórico que fundamenta la estimación de boyanzas-elasticidades tributarias y la modelización propuesta. La sección 3 describe la metodología implementada, incluyendo los procedimientos de depuración estadística y estimación econométrica. La sección 4 expone los resultados empíricos y la evaluación del desempeño predictivo. Finalmente, la sección 5 discute las principales implicaciones metodológicas y operativas del enfoque, así como sus limitaciones y posibles extensiones futuras, en coherencia con las mejores prácticas internacionales.

2 Marco teórico para la proyección de ingresos fiscales

La relación entre los ingresos fiscales y la actividad económica ha sido objeto de amplio estudio en la literatura de las finanzas públicas y de la macroeconomía aplicada. Desde los trabajos clásicos de Musgrave (1987) y Tanzi (1989), se reconoce que los ingresos tributarios(fiscales) no evolucionan de manera proporcional al producto interno bruto (PIB), sino que responden de forma diferenciada según el tipo de impuesto, la estructura de la economía, el grado de formalización y el diseño del sistema tributario. Esta respuesta diferenciada se resume conceptualmente en las nociones de boyanza (tributaria) y elasticidades de los ingresos fiscales respecto al PIB, que constituyen los pilares fundamentales del enfoque metodológico adoptado en este documento.

La boyanza se define como la variación porcentual de los ingresos tributarios ante una variación porcentual del PIB, sin distinguir entre cambios automáticos derivados del crecimiento económico y cambios discrecionales asociados a reformas de política (Musgrave, 1987), o la incidencia de otros fenómenos como la inflación y la estacionalidad. En contraste, la elasticidad tributaria busca aislar la respuesta filtrada o pura de los ingresos al crecimiento económico, manteniendo constante el marco legal e institucional, lo que implica corregir por la presencia de reformas tributarias o cambios administrativos significativos (u otros eventos atípicos) (Prest, 1962; Girouard y André, 2005).

Desde una perspectiva formal, la elasticidad de los ingresos tributarios con respecto al PIB puede definirse como:

$$\varepsilon_{T,Y} = \frac{\partial T/T}{\partial Y/Y} \quad (1)$$

donde T representa los ingresos tributarios y Y el producto interno bruto (ambas variables filtradas de los elementos anteriormente mencionados).

En aplicaciones empíricas con datos agregados, esta relación suele estimarse mediante una especificación log-log del tipo:

$$\ln T_t = \alpha + \beta \ln Y_t + u_t \quad (2)$$

donde β constituye una estimación directa de la elasticidad de largo plazo bajo supuestos de estacionariedad o cointegración entre las variables (Engle & Granger, 1987). Aunque es fundamental señalar que los tests de cointegración son útiles para series no estacionarias de largo plazo, sus resultados son poco confiables en muestras pequeñas y pueden fallar en detectar relaciones reales cuando el tamaño de muestra es limitado (Toda, H. Y., 2009); en tales casos, una regresión estática estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios (OLS) mantiene la propiedad de consistencia bajo el supuesto estándar de exogeneidad condicional de los regresores (Wooldridge, 2010; Greene, 2018). En una especificación log-log, el coeficiente estimado puede interpretarse directamente como una elasticidad económica, lo cual facilita la interpretación del efecto porcentual del PIB sobre la recaudación tributaria (Wooldridge, 2016). Además, el uso de errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación, como el estimador propuesto por Newey y West (1987), permite obtener inferencias válidas en presencia de dependencia serial y varianza no constante, características típicas de series macroeconómicas.

Se destaca tambien que la elasticidad de los ingresos tributarios respecto al PIB depende de múltiples factores. En el caso de impuestos indirectos, como el impuesto al valor agregado (IVA) o impuestos generales sobre ventas, la elasticidad suele estar estrechamente vinculada a la composición del consumo, el grado de cumplimiento tributario entre otros. Para los impuestos directos, como el impuesto sobre la renta, la elasticidad tiende a ser mayor que la unidad en sistemas progresivos, debido al efecto combinado del crecimiento de la base imponible y la progresividad de las tasas marginales (Keen, 2013; OECD, 2018). Lo anterior es algo que se debe considerar para el enfoque que se propone en este documento, ya que intenta condicionar las estimaciones y pronósticos únicamente al uso del PIB, por lo que existen limitantes a tener en cuenta.

Así mismo, se debe contemplar que en economías en desarrollo, la literatura empírica muestra que las elasticidades suelen ser más inestables y sensibles al ciclo económico que en economías avanzadas, reflejando una mayor volatilidad macroeconómica, una base tributaria más estrecha y una mayor incidencia de cambios discrecionales en la política fiscal (IMF, 2013; Sancak et al., 2010).

Otros estudios han enfatizado que la estimación de elasticidades tributarias en economías en desarollo requiere considerar posibles problemas de no estacionariedad, cointegración y endogeneidad entre ingresos y actividad económica, particularmente cuando la política fiscal responde procíclicamente al ciclo económico (Dudine y Jalles, 2017; Mourre et al., 2019). En este contexto, el uso de especificaciones dinámicas y pruebas de estabilidad estructural contribuye a obtener parámetros más robustos para fines de proyección y análisis de sostenibilidad fiscal.

Esta evidencia refuerza la necesidad de estimar elasticidades país-específicas y, cuando es posible, diferenciadas por rubro de ingreso, en lugar de utilizar parámetros uniformes o importados de otras experiencias.

Un elemento central es el reconocimiento de los quiebres estructurales inducidos por reformas tributarias/administrativas/eventos atípicos. La teoría econométrica de series de tiempo establece que la presencia de quiebres no modelados puede sesgar de manera significativa las estimaciones de parámetros y reducir el poder predictivo de los modelos (Perron, 1989). En el ámbito fiscal, estos quiebres suelen manifestarse como saltos discretos en el nivel de los ingresos o cambios persistentes en su tasa de crecimiento, asociados a modificaciones legales, ampliaciones de la base imponible o mejoras en la administración tributaria.

Por ello, el enfoque metodológico que sustenta a este documento incorpora la detección endógena de reformas a partir del comportamiento estadístico de las series de ingresos, en lugar de depender exclusivamente de información cualitativa o cronologías normativas. Este enfoque es coherente con la literatura reciente que propone identificar cambios estructurales mediante técnicas de filtrado, estadísticas robustas y ventanas móviles, especialmente en contextos donde la documentación histórica de reformas puede ser incompleta o heterogénea entre países (Bai y Perron, 2003; IMF, 2022).

A diferencia de los enfoques tradicionales que ajustan las series únicamente a partir de cronologías legislativas exógenas, la estrategia adoptada permite identificar quiebres efectivos en la recaudación —independientemente de su origen legal o administrativo— capturando así reformas cuya implementación o impacto difiere del calendario normativo formal. Este enfoque resulta particularmente relevante en países en desarrollo, donde la brecha entre aprobación legal y aplicación efectiva puede ser significativa (IMF, 2015; CIAT, 2021).

Es importante mencionar que, en determinados rubros de ingresos, la relación con el PIB puede ser débil o inestable en el corto plazo, ya sea por su naturaleza no tributaria, por depender de factores administrativos o por estar sujetos a shocks idiosincráticos. En estos casos, la literatura sugiere complementar los enfoques basados en elasticidades con métodos de extrapolación histórica, como promedios móviles de crecimiento, que pueden ofrecer proyecciones más realistas en horizontes cortos (Box, Jenkins y Reinsel, 2008; Hyndman y Athanasopoulos, 2021).

Finalmente, desde la perspectiva de política pública, no solo el valor puntual de la elasticidad resulta relevante, sino también la incertidumbre asociada a su estimación. La construcción de intervalos de confianza y escenarios alternativos constituye una práctica recomendada en la proyección de ingresos, dado que los errores de estimación pueden amplificarse en contextos de alta volatilidad macroeconómica (Chatfield, 2000; IMF, 2014).

3 Metodología de estimación y proyección de ingresos

El proceso metodológico² se estructura en varias etapas secuenciales, que abarcan desde la preparación de los datos hasta la generación de proyecciones con bandas de incertidumbre, que se implementan íntegramente mediante un “script” desarrollado en el lenguaje R, permitiendo transparencia, replicabilidad y flexibilidad para su aplicación en distintos países. La finalidad es construir una rutina de pronóstico que utilice el mínimo conjunto de variables macroeconómicas necesarias, principalmente el PIB, con el fin de maximizar la parsimonia del modelo y reducir requerimientos de información. Se busca con esta metodología simplificar y dar respuesta rápida a las necesidades técnicas de proyección de ingresos públicos.

En una primera etapa, se realiza la compilación de la información proveniente de distintas fuentes, incluyendo series mensuales/trimestrales de ingresos fiscales y otras variables macroeconómicas como el PIB, estas últimas bajo distintos supuestos que implican escenarios³ que implican la determinación de una línea base, así como dos desviaciones respecto a esta línea en un sentido optimista y pesimista⁴. Las series se capturan en frecuencia mensual/trimestral, intentando balancear la necesidad de contar con suficientes observaciones (generalmente 10 años o más de información mensual/trimestral) para la estimación econométrica con la relevancia operativa de la información para la programación fiscal.

²El detalle completo del procedimiento de estimación y proyección, incluyendo el código implementado en R, se presenta en el Anexo Metodológico

³Se permite incluir tres escenarios, una que sería la situación más probable, a partir de esta es posible incluir una situación peor y/o mejor en términos de desempeño macroeconómico como crecimiento del PIB.

⁴La definición de los escenarios queda a criterio del usuario de la rutina. El racional detrás de este proceso es establecer una línea base donde el crecimiento del PIB es más probable (condiciones esperadas), el escenario pesimista implicaría un crecimiento menor y una optimista implicaría un crecimiento mayor

Posteriormente, las series se someten a un proceso de desestacionalización mediante el método STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess), el cual permite una descomposición flexible de la serie en componentes de tendencia-ciclo, estacionalidad e irregularidad (Cleveland et al., 1990). A diferencia de métodos paramétricos como X-13 ARIMA-SEATS, STL no impone una estructura rígida sobre la dinámica estacional, lo que resulta particularmente útil en economías emergentes donde los patrones estacionales pueden presentar inestabilidad estructural.

Con este procedimiento se pretende separar una serie en tres componentes: tendencia-ciclo, estacionalidad y residuo/irregular, acompañado de rutinas de imputación para tratar valores faltantes. Este paso es fundamental, dado que la estacionalidad no corregida puede inducir patrones espurios en las tasas de crecimiento interanual y distorsionar la detección de reformas y la estimación de elasticidades .

Adicionalmente, se aplica un procedimiento de winsorización⁵ para mitigar la influencia desproporcionada de valores extremos sobre los estimadores de regresión. La evidencia empírica muestra que la presencia de outliers puede sesgar significativamente estimaciones OLS en muestras relativamente pequeñas, afectando tanto la magnitud como la significancia estadística de los coeficientes (Wilcox y Keselman, 2003; Rousseeuw y Leroy, 1987).

La detección de reformas tributarias/administrativas/eventos atípicos constituye un componente innovador de la metodología. Para cada rubro de ingreso, se calcula la tasa de crecimiento interanual desestacionalizada y se evalúa su desviación respecto a una media suavizada mediante estadísticos tipo Z⁶ ajustados por ventanas móviles y medias recortadas. Cuando estas desviaciones superan umbrales predefinidos y coinciden con tasas de crecimiento significativamente positiva/negativa, se identifica la presencia de una situación excepcional, que se modela mediante una variable dicotómica (1/0). Este enfoque permite capturar tanto reformas legales explícitas, mejoras administrativas, como situaciones extraordinarias que han requerido cambios tributarios con efectos sobre la recaudación.

La estimación de la boyanza fiscal se realiza a partir de modelos log-log⁷ entre los ingresos desestacionalizados y el PIB nominal, incorporando correcciones de Newey-West para robustecer la inferencia frente a autocorrelación y heterocedasticidad (Newey y West, 1987). Previo a la estimación, se verifican propiedades de integración y estacionariedad de las series, con el fin de evitar regresiones espurias cuando las variables presentan tendencias estocásticas (Granger y Newbold, 1974).

⁵tratamiento de valores atípicos (outliers). Reemplaza valores extremos por los valores correspondientes a un percentil determinado (típicamente el 1% y el 99%).

⁶Consiste en identificar y suavizar puntos que se alejan de la media en términos de desviaciones estándar. Por su parte las ventanas móviles se calculan en un bloque de tiempo (ej. últimos 12 meses). Este procedimiento puede interpretarse como un mecanismo de detección de quiebres estructurales locales basado en estadísticos de desviación estandarizada, conceptualmente relacionado con métodos de monitoreo secuencial y detección de cambios en media en tiempo real (Bai y Perron, 2003; Zeileis et al., 2005).

Esto permite que el "filtro" se adapte a la evolución de la serie (detección de anomalías en tiempo real).

⁷Es una especificación de regresión donde tanto la variable dependiente como la independiente están en logaritmos

Para la elasticidad fiscal real, se utilizan especificaciones similares para los ingresos y el PIB real, incorporando, cuando corresponde, la variable dicotómica de reforma. El “script” contempla ajustes específicos por país, incluyendo estimadores robustos⁸ (RLM - Robust Linear Models) y restricciones paramétricas, reflejando la heterogeneidad estructural de las economías analizadas.

En la etapa de proyección, la metodología combina dos enfoques complementarios. Para aquellos rubros con una relación estable y estadísticamente significativa con el PIB, se utilizan las elasticidades estimadas para proyectar los ingresos bajo distintos escenarios macroeconómicos (base, optimista y pesimista). Para rubros con alta volatilidad o baja significancia econométrica, se emplea el crecimiento histórico promedio (móviles) de los últimos trimestres como mecanismo alternativo. Esta combinación busca maximizar la exactitud de las proyecciones y reducir el uso de extrapolaciones mecánicas.

Se utiliza la combinación de modelos basados en elasticidades estructurales y métodos puramente estadísticos para la proyección de los ingresos tributarios totales, esto responde al principio de combinación de pronósticos, ampliamente documentado en la literatura como una estrategia que reduce el error cuadrático medio frente al uso de un único modelo (Timmermann, 2006). Esta aproximación reconoce que distintos rubros pueden estar dominados por fundamentos macroeconómicos o por componentes idiosincráticos.

Posteriormente, se construyen bandas de incertidumbre mediante fancharts⁹ (Ver Diaz, 2019), a partir de la distribución histórica de los errores de pronóstico o, alternativamente, utilizando la varianza residual estimada del modelo, asumiendo normalidad condicional. La representación mediante fancharts es consistente con las prácticas internacionales para comunicar incertidumbre macroeconómica (IMF, 2016; Britton, Fisher y Whitley, 1998).

Este marco metodológico también incluye la evaluación del desempeño de los modelos de proyección. Se emplean métricas estándar que permiten cuantificar la magnitud promedio de los errores de predicción y comparar metodologías alternativas de manera objetiva.

Sea y_t el valor observado del ingreso en el período t y \hat{y}_t el valor pronosticado por el modelo.

El error de pronóstico se define como:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad (3)$$

A partir de esta definición, se calculan las siguientes métricas:

Error Absoluto Medio (MAE):

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \quad (4)$$

⁸Los modelos RLM (como los estimadores M, S o MM) minimizan una función de pérdida menos sensible a los outliers que el cuadrado de los errores.

⁹Ver anexos 2 para revisar fancharts obtenidos de los ejercicios de pronóstico realizados en este documento.

El MAE mide el tamaño promedio del error en unidades monetarias, sin penalizar de forma desproporcionada los errores extremos.

Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2} \quad (5)$$

El RMSE otorga mayor peso a los errores grandes debido al término cuadrático, por lo que resulta particularmente útil cuando se desea penalizar desviaciones significativas en la proyección, lo cual es relevante en el análisis fiscal dado el impacto presupuestario de errores amplios.

Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE):

$$MAPE = \frac{100}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{e_t}{y_t} \right| \quad (6)$$

El MAPE expresa el error en términos porcentuales, facilitando la comparación entre rubros de distinta magnitud y entre países.

En conjunto, estas métricas permiten evaluar tanto la magnitud absoluta como relativa de los errores de proyección, ofreciendo una base empírica para comparar el enfoque basado en elasticidades con métodos alternativos de extrapolación histórica.

La evaluación se realiza dejando un conjunto de datos fuera de la muestra ¹⁰ de estimación. En otras palabras, la muestra total se divide en un período de estimación y un período de evaluación. Los parámetros del modelo se estiman utilizando únicamente la primera parte de la muestra, que corresponde a datos del 2024 hacia atrás, y las proyecciones generadas para el período de evaluación se comparan con los valores efectivamente observados, en este caso para el año 2025.

Este procedimiento permite evaluar la capacidad genuina de predicción del modelo y reducir el riesgo de sobreajuste (overfitting), práctica ampliamente recomendada en la literatura de pronóstico (Diebold, 2015). En algunos casos, se emplean ventanas móviles (rolling windows) para analizar la estabilidad temporal del desempeño predictivo ante cambios estructurales.

Finalmente, es relevante mencionar que la selección entre el enfoque basado en elasticidades y el método alternativo de crecimiento promedio móvil no se fundamenta exclusivamente en criterios ex post de error de pronóstico, sino en consideraciones estructurales y de consistencia económica.

¹⁰Es importante distinguir entre evaluación dentro de muestra (in-sample) y evaluación fuera de muestra (out-of-sample). La primera utiliza el mismo conjunto de datos tanto para estimar como para evaluar el modelo, mientras que la segunda reserva un subconjunto de observaciones que no intervienen en la estimación y que se utilizan exclusivamente para evaluar la capacidad predictiva genuina del modelo.

En particular, el enfoque de elasticidades se utiliza cuando:

- el coeficiente estimado es estadísticamente significativo,
- su magnitud es económicamente plausible,
- y la elasticidad estimada no supera de manera sistemática la boyanza observada.

Dado que, por definición, la boyanza incorpora tanto la respuesta automática al crecimiento como los efectos discrecionales, una elasticidad persistentemente superior a la boyanza puede indicar problemas de especificación o insuficiente corrección de reformas.

Cuando estas condiciones no se cumplen, ya sea por falta de significancia estadística, inestabilidad paramétrica o inconsistencias económicas, se adopta un enfoque alternativo basado en el crecimiento histórico promedio reciente.

4 Resultados de estimación de boyanzas , elasticidades y del ejercicio de pronóstico

Esta sección presenta las estimaciones de boyanzas/elasticidades y los resultados del ejercicio de pronóstico fuera de muestra para Guatemala (GTM), Honduras (HND) y República Dominicana (DOM). Para este último se comparan los valores observados de los ingresos fiscales en 2025 con las proyecciones generadas por el modelo descrito en las secciones anteriores. El análisis se centra en la magnitud y dirección de los errores de pronóstico, así como en las diferencias observadas entre países y rubros, considerando explícitamente las particularidades metodológicas y de cobertura estadística de cada caso.

Es importante destacar que el análisis se limita a Guatemala, Honduras y República Dominicana debido a la disponibilidad de series históricas mensuales suficientemente extensas¹¹ (superiores a diez años) para el gobierno central presupuestario, compiladas conforme al Manual de Estadísticas de Finanzas Públicas 2014 (MEFP 2014) del Fondo Monetario Internacional. La adopción de este estándar garantiza consistencia conceptual, homogeneidad en la clasificación de ingresos y comparabilidad internacional entre los países analizados.

En el caso de Honduras, dado que al momento de la elaboración del documento no se encontraban disponibles los datos oficiales de 2025 bajo el MEFP 2014, la comparación se realizó utilizando estadísticas nacionales de ingresos de la administración central, lo que podría introducir diferencias menores de cobertura.

Teniendo en cuenta lo anterior, mediante el script en R, se utilizaron modelos econométricos log-log con errores estándar robustos (Newey-West y RLM) para la estimación de los parámetros tanto con las series originales como las series de ingresos desestacionalizadas (filtro STL) y depuradas de valores extremos (winsorización).

¹¹Para Guatemala los datos utilizados vienen desde el año 2014, para Honduras desde el año 2016 y para República Dominicana desde 2010

Con esto se obtuvieron los valores estimados de boyanza /elasticidad, que para su interpretación se debe considerar lo siguiente:

- La Boyanza mide la respuesta total de la recaudación ante el crecimiento del PIB nominal. Este indicador captura todo: el crecimiento real, el efecto de los precios (inflación), las mejoras en la eficiencia administrativa y las reformas tributarias discrecionales.
- La Elasticidad, en cambio, aísla la respuesta automática o estructural del sistema tributario ante cambios en el PIB real. En el modelo, esto se logra controlando estadísticamente por los quiebres estructurales (reformas) mediante variables dicotómicas.

También es importante considerar que tanto la boyanza como la elasticidad si presentan un valor Mayor a 1 (Elástico): El ingreso es muy dinámico; crece a un ritmo más acelerado que la economía. Es ideal para la sostenibilidad fiscal.

Si el valor Cercano a 1 (Unitario): La recaudación crece proporcionalmente a la economía. Pero si es Menor a 1 (Inelástico): La recaudación es rígida y crece más lento que la economía, lo que puede indicar problemas de diseño, evasión o erosión de la base tributaria.

Desde el punto de vista de sostenibilidad fiscal, valores persistentemente inferiores a la unidad pueden indicar debilidad estructural del sistema tributario, mientras que valores superiores a la unidad pueden reflejar progresividad, ampliación de base o ganancias de eficiencia. No obstante, elasticidades excesivamente elevadas deben analizarse con cautela, ya que pueden estar capturando efectos transitorios o quiebres estructurales no completamente identificados.

Como se observa en la Tabla 1, las boyanzas tienden a ser mayores que las elasticidades en la mayoría de los casos, debido a que estas últimas aíslan el comportamiento "puro" del impuesto, en específico aislando los efectos de reformas tributarias y mejoras administrativas u otros efectos atípicos que han incidido en el comportamiento de recaudación en estos países.

Posterior a la estimación de las elasticidades se procedió a la proyección de los ingresos fiscales. Para el caso de Guatemala los resultados muestran un desempeño global aceptable. Para el agregado de los impuestos (impuestos totales), el error de pronóstico dentro de muestra para el acumulado de los trimestres I al III de 2025 es de -1.3%, lo que indica una subestimación, pero dentro de márgenes aceptables para ejercicios de proyección fiscal de corto plazo. Este resultado sugiere que en el agregado las elasticidades estimadas capturan adecuadamente la relación entre la actividad económica y la recaudación total.

Tabla 1. Boyanzas y Elasticidades estimadas

Concepto	Guatemala		Honduras		Rep. Dominicana	
	Boyanza	Elast.	Boyanza	Elast.	Boyanza	Elast.
Impuestos sobre el ingreso, las utilidades y ganancias de capital	1.238	1.170	1.133	0.878	1.387	1.318
Impuestos sobre la nómina y la fuerza de trabajo	—	—	—	—	—	—
Impuestos sobre la propiedad	1.049	0.888	1.516	1.469	0.974	0.926
Impuestos sobre los bienes y servicios	1.183	1.095	0.973	0.910	1.024	0.973
Impuestos sobre el comercio y transacciones internacionales	1.205	0.783	1.246	1.083	0.891	0.846
Otros impuestos	0.927	0.662	—	—	0.836	0.597
Contribuciones sociales	0.894	0.518	—	—	1.18	1.112
Otros ingresos	0.102	1.043	2.017	1.893	1.880	1.786

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Ministerios de Hacienda y proyecciones.

A nivel de rubros, se observa un buen ajuste en los impuestos sobre bienes y servicios, con un error en el acumulado de -0.6%. De forma similar, los impuestos sobre el ingreso muestran un error moderado (-1.6%), aunque con cierta heterogeneidad trimestral, particularmente en el segundo trimestre, donde la subestimación alcanza -4.4%. Este patrón puede estar asociado a efectos transitorios de calendario no capturados o a dinámicas no lineales en los pagos de impuestos (ver tabla 2A).

Tabla 2A. Pronóstico y errores de pronóstico fuera de muestra 2025
Guatemala (millones de moneda nacional)

Tipo de ingreso	Observado 2025				Pronóstico				Error de pronóstico			
	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.
Impuestos Totales	26,632.4	26,548.4	28,315.8	81,496.6	26,695.8	26,237.2	27,526.0	80,459.0	0.2%	-1.2%	-2.8%	-1.3%
Impuestos sobre el ingreso	10,220.5	10,227.4	10,286.0	30,733.9	10,170.3	9,782.2	10,277.5	30,230.0	-0.5%	-4.4%	-0.1%	-1.6%
Impuestos sobre la propiedad	10.2	19.3	11.9	41.4	8.0	10.9	13.0	31.9	-21.8%	-43.2%	9.0%	-22.9%
Impuestos bienes y servicios	14,948.0	14,845.1	16,372.0	46,165.1	15,197.9	15,039.1	15,644.5	45,881.6	1.7%	1.3%	-4.4%	-0.6%
Impuestos comercio internacional	1,287.3	1,289.1	1,476.2	4,052.6	1,162.4	1,246.9	1,395.8	3,805.1	-9.7%	-3.3%	-5.4%	-6.1%
Otros impuestos	166.4	167.6	169.7	503.7	157.2	158.1	195.2	510.5	-5.5%	-5.7%	15.0%	1.3%
Contribuciones sociales	1,941.6	1,973.0	2,472.8	6,387.4	1,941.8	2,046.4	2,156.6	6,144.9	0.0%	3.7%	-12.8%	-3.8%
Otros ingresos	1,328.9	889.1	1,345.5	3,563.5	1,315.2	1,546.2	1,817.9	4,679.3	-1.0%	73.9%	35.1%	31.3%

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Ministerios de Hacienda y proyecciones.

En contraste, los impuestos sobre la propiedad y los impuestos al comercio exterior presentan desviaciones más pronunciadas, con errores en el acumulado de -22.9% y -6.1%, respectivamente. En el primer caso, la elevada volatilidad y el bajo peso relativo de este rubro amplifican pequeñas discrepancias absolutas cuando se lleva a términos porcentuales, lo que limita la precisión del pronóstico basado en elasticidades respecto al PIB. En el caso del comercio exterior, la subestimación refleja la sensibilidad de estos ingresos a factores exógeno, como precios internacionales o tipo de cambio, que no están plenamente capturados por el PIB.

Para Honduras, considerando la diferencia metodológica y de cobertura para los datos observados 2025 compilados bajo el Manual del FMI 1986/2001, el desempeño del modelo a nivel agregado es relativamente preciso: el error en los impuestos totales acumulado es de 0.6%, evidenciando la capacidad de los modelos para replicar la trayectoria observada en términos agregados.

A nivel de rubros, los impuestos sobre el ingreso presentan un error acumulado positivo de 5.9%, con una subestimación en el primer trimestre y sobreestimaciones en los trimestres siguientes. Este patrón sugiere la presencia de concentraciones de pagos en trimestres determinados, que el modelo captura de manera imperfecta. En el caso de los impuestos al comercio exterior, el error acumulado es de 2.3%, con signos mixtos entre trimestres, lo que indica un ajuste razonable dada la naturaleza volátil de este rubro.

**Tabla 2B. Pronóstico y errores de pronóstico fuera de muestra 2025
Honduras (millones de moneda nacional)**

Tipo de ingreso	Observado 2025				Pronóstico				Error de pronóstico			
	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.
Impuestos Totales	33,658.6	51,036.4	45,391.3	130,086.3	33,863.8	51,522.4	45,494.9	130,881.1	0.6%	1.0%	0.2%	0.6%
Impuestos sobre el ingreso	6,678.4	20,167.1	13,210.8	40,056.4	6,139.2	21,879.0	14,392.9	42,411.0	-8.1%	8.5%	8.9%	5.9%
Impuestos comercio internacional	1,888.4	2,041.4	2,474.9	6,404.7	2,043.4	2,068.5	2,438.5	6,550.3	8.2%	1.3%	-1.5%	2.3%

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Ministerios de Hacienda y proyecciones.

En República Dominicana, los modelos muestra un desempeño adecuado a nivel agregado, con una diferencia acumulada de 0,1% en los impuestos totales.

Sin embargo, al desagregar por rubro, emergen diferencias relevantes. Los impuestos sobre el ingreso presentan una subestimación acumulada de -4.3%, concentrada principalmente en el segundo trimestre (-11.5%), lo que sugiere la existencia de factores idiosincráticos, como pagos extraordinarios o cambios en la composición de la base imponible, que no son plenamente explicados por el crecimiento del PIB. En contraste, los impuestos sobre bienes y servicios muestran una sobreestimación acumulada de 3.2%.

Otros rubros, como otros impuestos y otros ingresos, exhiben errores porcentuales elevados, en algunos casos superiores al 20%. No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela, dado el bajo peso relativo de estos ingresos y su alta sensibilidad a eventos puntuales, transferencias no recurrentes o registros contables específicos, lo que limita la efectividad de enfoques basados en relaciones macroeconómicas estables, principalmente asociadas únicamente al PIB.

**Tabla 2C. Pronóstico y errores de pronóstico fuera de muestra 2025
República Dominicana (millones de moneda nacional)**

Tipo de ingreso	Observado				Pronóstico				Error de pronóstico			
	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.	I	II	III	Tot.
Impuestos	271,945.8	309,098.0	275,258.7	856,302.5	276,426.7	301,631.4	278,841.5	856,899.7	1.6%	-2.4%	1.3%	0.1%
Impuestos sobre el ingreso, utilidades y ganancias de capital	94,484.7	132,413.0	94,355.6	321,253.3	97,347.8	117,148.2	92,873.5	307,369.4	3.0%	-11.5%	-1.6%	-4.3%
Impuestos sobre la nómina y fuerza de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0				
Impuestos sobre la propiedad	3,852.5	5,876.2	3,461.0	13,189.7	3,714.2	5,603.2	3,080.1	12,397.5	-3.6%	-4.6%	-11.0%	-6.0%
Impuestos sobre bienes y servicios	156,550.2	153,544.7	157,728.9	467,823.8	159,008.7	160,797.1	162,894.2	482,700.0	1.6%	4.7%	3.3%	3.2%
Impuestos sobre comercio y transacciones internacionales	17,037.5	17,244.9	19,694.8	53,977.2	16,334.1	18,057.1	19,973.6	54,364.8	-4.1%	4.7%	1.4%	0.7%
Otros impuestos	20.9	19.2	18.4	58.5	21.9	25.8	20.1	67.9	5.0%	34.6%	9.3%	16.1%
Contribuciones sociales	1,654.1	1,854.1	1,376.2	4,884.4	1,645.9	1,677.6	1,709.9	5,033.5	-0.5%	-9.5%	24.3%	3.1%
Otros ingresos	16,334.1	18,742.4	28,905.1	63,981.6	21,128.9	22,967.8	24,966.7	69,063.3	29.4%	22.5%	-13.6%	7.9%

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Ministerios de Hacienda y proyecciones.

En conjunto, los resultados fuera de muestra muestran que el modelo reproduce adecuadamente la dinámica de los agregados fiscales y de los principales rubros tributarios. Estos ejercicios de validación fuera de muestra confirman que los errores de pronóstico para los agregados fiscales se mantienen acotados y estables, particularmente en los impuestos totales y en los impuestos sobre bienes y servicios. En contraste, los rubros de menor peso relativo y mayor volatilidad presentan errores más elevados, lo que refuerza la decisión metodológica de emplear criterios alternativos de proyección cuando la relación con el PIB no resulta estadísticamente robusta.

Tabla 3. Resumen de desempeño del pronóstico dentro de muestra

País	Rubro		MAPE	MAE	RMSE
			acumulado* (%)	trimestral** (%)	trimestral (%)
GTM	Impuestos totales		1.3	1.4	1.8
	Impuestos sobre el ingreso		1.6	1.7	2.6
	Impuestos sobre bienes y servicios		0.6	2.5	3.0
	Comercio exterior		6.1	6.1	6.5
HND	Impuestos totales		0.6	0.6	0.7
	Impuestos sobre el ingreso		5.9	8.5	8.5
	Comercio exterior		2.3	3.7	4.9
DOM	Impuestos totales		1.8	1.8	1.9
	Impuestos sobre el ingreso		5.4	6.1	8.4
	Impuestos sobre bienes y servicios		3.2	3.2	3.4
	Comercio exterior		3.4	3.3	3.6

Fuente: elaboración propia. *acumulado de trimestres I al III del 2025. ** por cada trimestre. La tabla 2 incluye el (i) el MAPE acumulado del trimestre I-III, que mide el error porcentual absoluto respecto al nivel observado; (ii) el MAE relativo trimestral, definido como el promedio del error absoluto trimestral expresado como porcentaje del valor observado; y (iii) el RMSE relativo trimestral, calculado como la raíz del error cuadrático medio trimestral, también expresada en términos porcentuales.

Este patrón es consistente con la evidencia internacional, que documenta una mayor estabilidad de las elasticidades en los impuestos amplios al consumo y una mayor volatilidad en rubros dependientes de factores externos o administrativos (IMF, 2013; Dudine y Jalles, 2017).

Con el fin de complementar el análisis descriptivo, se calcularon métricas estándar de evaluación de pronósticos dentro de muestra tales como: el error absoluto medio (MAE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el error porcentual absoluto medio (MAPE). Estas métricas permiten evaluar de manera sistemática la magnitud de los errores y comparar el desempeño relativo del modelo entre países y rubros, siguiendo prácticas habituales en la literatura de proyecciones fiscales y macroeconómicas (Hyndman y Athanasopoulos, 2021; IMF, 2016).

Para el total de impuestos, los valores de MAPE se sitúan por debajo del 2% en los tres países analizados, con RMSE relativamente bajos, lo que indica una alta capacidad de ajuste dentro de muestra. Guatemala y República Dominicana presentan los menores errores porcentuales agregados, mientras que Honduras muestra un desempeño comparable pese a las diferencias metodológicas del marco estadístico utilizado.

Cuando se analizan los principales rubros tributarios, los mejores desempeños se observan sistemáticamente en los impuestos sobre bienes y servicios y en el agregado de impuestos sobre el ingreso, con MAPE generalmente inferior al 5%. En contraste, los rubros de menor peso relativo, como impuestos sobre la propiedad, otros impuestos y otros ingresos, registran valores de MAPE más elevados, reflejando su mayor volatilidad y menor vinculación con el ciclo económico. Este patrón es consistente con la evidencia empírica internacional y sugiere que el modelo es particularmente adecuado para la proyección de los componentes estructurales de la recaudación.

En conjunto, la evaluación basada en estas tres métricas estándar (MAPE, MAE y RMS) respalda la conclusión de que los modelos estimados ofrecen un ajuste adecuado para los agregados fiscales y los principales rubros tributarios, mientras que las desviaciones más significativas se concentran en partidas de naturaleza idiosincrática.

5 Consideraciones Finales

La metodología presentada en este documento constituye un esfuerzo por fortalecer el análisis y la proyección de los ingresos fiscales en la región CARD, mediante un enfoque empírico riguroso, transparente, simplificado y adaptable a las particularidades de cada país. Al integrar técnicas de desestacionalización, detección endógena de reformas, estimación econométrica robusta y la posibilidad de construcción de distintos escenarios, el modelo supera varias de las limitaciones asociadas a los métodos tradicionales de proyección fiscal.

En términos conceptuales, el principal aporte del documento radica en articular un marco operativo que conecta la estimación de elasticidades estructurales con procedimientos automatizados de detección de quiebres, así como incluir validación predictiva, dentro de un esquema replicable. Esta integración permite reducir la discrecionalidad en los ejercicios de proyección y fortalecer la trazabilidad técnica de los supuestos adoptados.

Entre las principales ventajas del enfoque destaca su capacidad para capturar relaciones estructurales entre la actividad económica y los ingresos fiscales, manteniendo al mismo tiempo flexibilidad para adaptarse a cambios de régimen y a diferencias institucionales entre países. La implementación en R favorece la replicabilidad y la actualización periódica de las estimaciones, mientras que el uso de elasticidades país-específicas reduce el riesgo de extrapolaciones inapropiadas. Asimismo, la combinación de enfoques, elasticidades y crecimiento histórico permite mejorar la plausibilidad de las proyecciones en rubros con comportamientos heterogéneos.

No obstante, el abordaje también presenta limitaciones. En particular, su desempeño es menor en rubros altamente volátiles o dependientes de factores administrativos, legales o externos que no guardan una relación estable con el PIB. Adicionalmente, la detección estadística de reformas, si bien útil, puede generar falsos positivos o capturar efectos transitorios si no se complementa con un análisis institucional detallado. Las diferencias en los marcos estadísticos, como las observadas entre países que utilizan distintos manuales de EFP, también pueden afectar la comparabilidad y la interpretación de los resultados.

De cara a futuras extensiones, el marco metodológico podría enriquecerse incorporando modelos con cambio de régimen, enfoques bayesianos o información de alta frecuencia que permita capturar con mayor precisión dinámicas intra-anuales. Asimismo, la armonización progresiva de las estadísticas fiscales bajo estándares internacionales más recientes fortalecerá la robustez y comparabilidad de los ejercicios de proyección.

También un aspecto adicional que debe considerarse es la limitada dimensión temporal de las series disponibles para varios países, a excepción de República Dominicana, que en algunos casos no supera una década de observaciones mensuales/trimestrales. En este contexto, las pruebas de cointegración basadas en resultados asintóticos pueden presentar problemas de tamaño y potencia en muestras pequeñas, lo que reduce su capacidad para identificar relaciones de largo plazo aun cuando estas existan. Frente a esta restricción, la estimación de modelos estáticos en forma log-log mediante mínimos cuadrados ordinarios constituye una alternativa pragmática y teóricamente consistente bajo el supuesto de exogeneidad condicional de los regresores. En dicha especificación, los coeficientes estimados admiten una interpretación directa como elasticidades económicas, lo que resulta particularmente útil para fines de programación fiscal. Asimismo, el uso de errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación.

Desde la perspectiva de política fiscal, contar con estimaciones país-específicas de elasticidad y boyanza contribuye a mejorar la consistencia entre los supuestos macroeconómicos y las metas fiscales, reduciendo el riesgo de sesgos sistemáticos en la programación presupuestaria. Asimismo, la incorporación explícita de bandas de incertidumbre favorece una gestión más prudente de los riesgos fiscales, en línea con las recomendaciones internacionales en materia de transparencia y análisis de sostenibilidad.

En conjunto, la propuesta ofrece una base técnica para fortalecer los procesos de proyección de ingresos, promoviendo simplificación de insumos (datos), transparencia metodológica y comparabilidad internacional. Si bien no sustituye el juicio técnico ni el análisis institucional detallado, el marco desarrollado proporciona una herramienta sistemática que puede integrarse de manera permanente en los procesos de formulación presupuestaria y monitoreo fiscal.

Referencias

- [1] Bai, J., & Perron, P. (2003). Computation and analysis of multiple structural change models. *Journal of Applied Econometrics*, 18(1), 1–22.
- [2] Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2008). Time series analysis: Forecasting and control (4th ed.). Wiley.
- [3] Chatfield, C. (2000). Time-series forecasting. Chapman & Hall/CRC.
- [4] Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., & Terpenning, I. (1990). STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics*, 6(1), 3–73.
- [5] Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics*, 182(1), 119–134.
- [6] Díaz, W. (2019). Fan charts: La representación gráfica de la incertidumbre y del riesgo en los pronósticos macroeconómicos. Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano.
- [7] Dudine, P., & Jalles, J. T. (2017). How buoyant is the tax system? New evidence from a large heterogeneous panel. IMF Working Paper, WP/17/4.
- [8] Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276.
- [9] Greene, W. H. (2018). Econometric analysis (8th ed.). Pearson.
- [10] Girouard, N., & André, C. (2005). Measuring cyclically-adjusted budget balances for OECD countries. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 434.
- [11] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts.
- [12] International Monetary Fund. (2013). Fiscal monitor. IMF.
- [13] International Monetary Fund. (2016). Analyzing and managing fiscal risks. IMF.
- [14] International Monetary Fund. (2022). Revenue administration and forecasting. IMF.
- [15] Keen, M. (2013). The anatomy of the VAT. *National Tax Journal*, 66(2), 423–446.
- [16] Musgrave, R. A. (1987). Public finance in theory and practice (5th ed.). McGraw-Hill.
- [17] Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55(3), 703–708.
- [18] Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). Revenue statistics. OECD Publishing.

- [19] Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361–1401. <https://doi.org/10.2307/1913712>
- [20] Sancak, C., Velloso, R., & Xing, J. (2010). Tax revenue response to the business cycle. IMF Working Paper No. WP/10/71.
- [21] Tanzi, V. (1989). The impact of macroeconomic policies on the level of taxation and the fiscal balance in developing countries. *IMF Staff Papers*, 36(3), 633–656.
- [22] Timmermann, A. (2006). Forecast combinations. In G. Elliott, C. W. J. Granger, & A. Timmermann (Eds.), *Handbook of Economic Forecasting* (Vol. 1, pp. 135–196). Elsevier.
- [23] Toda, H. Y. (2009). Finite sample performance of likelihood ratio tests for cointegrating ranks in vector autoregressions. *Econometric Theory*, 25(4), 1013–1031. Cambridge University Press.
- [24] Wilcox, R. R., & Keselman, H. J. (2003). Modern robust data analysis methods: Measures of central tendency. *Psychological Methods*, 8(3), 254–274.
- [25] Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.
- [26] Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory econometrics: A modern approach* (6th ed.). Cengage Learning.

ANEXOS

I. Rutina R

Notas importantes:

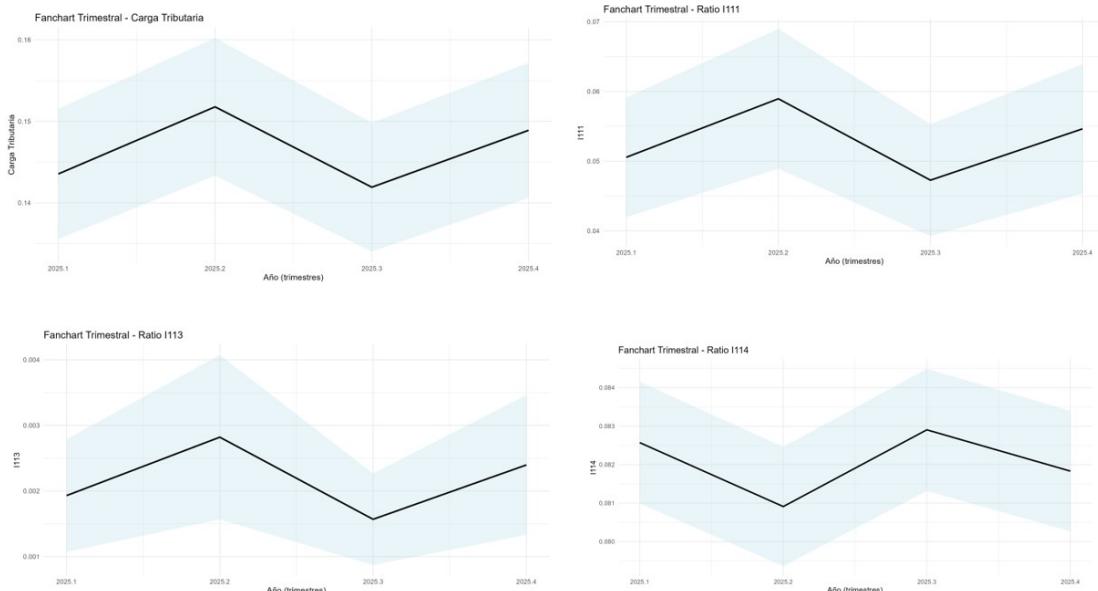
- Este script ha sido elaborado por el economista Wilfredo Díaz para fines analíticos y metodológicos en el marco de trabajo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (SECMCA).
- Su contenido, estructura y lógica de procesamiento están protegidos por derechos de autor.
- Queda prohibida su reproducción total o parcial, distribución o modificación sin autorización expresa del autor.

El uso de este script debe citar adecuadamente la fuente y respetar los principios de integridad académica.

Dar click para revisar Script y datos

II. Fan charts para impuestos seleccionados

Se presentan fan charts para ciertos impuestos como porcentaje del PIB (ratios). Para este ejemplo se utilizó la carga tributaria, entendida como los ingresos públicos totales provenientes únicamente de tributos, así como los siguientes rubros tributarios para República Dominicana: (i) el impuesto sobre el ingreso, las utilidades y las ganancias de capital (I11); (ii) los impuestos sobre la propiedad (I13); y (iii) los impuestos sobre los bienes y servicios (I14).



Fuente: Elaboración propia

III. Pruebas de Raíz unitaria

Se presentan las salidas para test de raíz unitaria para el caso específico de Guatemala.

Los códigos de los ingresos se definen de la siguiente forma:

- 11 Impuestos
- 111 Impuestos sobre el ingreso, las utilidades y las ganancias de capital
- 112 Impuestos sobre la nómina y la fuerza de trabajo
- 113 Impuestos sobre la propiedad
- 114 Impuestos sobre los bienes y servicios
- 115 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales
- 116 Otros impuestos
- 12 Contribuciones sociales
- 14 Otros ingresos

El objetivo es evaluar si las series temporales son estacionarias (media y varianza constantes en el tiempo). Se aplicaron tres pruebas complementarias: ADF, PP y KPSS a cada serie de ingresos desestacionalizada y al PIB nominal y real.

Tabla A.1. Resultados de pruebas de estacionariedad

Variable	ADF		Phillips-Perron (PP)			KPSS		
	p-valor	Conclusión	Estadístico	p-valor	Conclusión	Estadístico	p-valor	Conclusión
I111	0.8610	No estacionaria	-6.7720	0.7073	No estacionaria	0.2671	0.01	No estacionaria
I112					Serie insuficiente			
I113	0.1265	No estacionaria	-29.6222	0.01	Estacionaria	0.0746	0.10	Estacionaria
I114	0.9048	No estacionaria	-4.4532	0.8526	No estacionaria	0.2583	0.01	No estacionaria
I115	0.9025	No estacionaria	-6.0345	0.7535	No estacionaria	0.2313	0.01	No estacionaria
I116	0.4747	No estacionaria	-23.1580	0.0180	Estacionaria	0.1082	0.10	Estacionaria
CS	0.9616	No estacionaria	-19.1339	0.0524	No estacionaria	0.1466	0.0495	No estacionaria
otros.ingresos	0.1762	No estacionaria	-43.1027	0.01	Estacionaria	0.1664	0.0330	No estacionaria
pib.nominal_desest	0.9805	No estacionaria	-1.3725	0.9786	No estacionaria	0.2861	0.01	No estacionaria
pib.real_desest	0.5358	No estacionaria	-16.3393	0.1078	No estacionaria	0.1908	0.0195	No estacionaria

Fuente: elaboración propia. La tabla reporta los resultados de las pruebas de raíz unitaria Augmented Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) y KPSS. En las pruebas ADF y PP la hipótesis nula es presencia de raíz unitaria (no estacionariedad), mientras que en KPSS la hipótesis nula es estacionariedad.

IV. Pruebas de cointegración

Se presentan las salidas para test de cointegración entre los ingresos y el PIB, para el caso específico de República Dominicana.

Los códigos de los ingresos se definen de la siguiente forma:

- 11 Impuestos
- 111 Impuestos sobre el ingreso, las utilidades y las ganancias de capital
- 112 Impuestos sobre la nómina y la fuerza de trabajo
- 113 Impuestos sobre la propiedad
- 114 Impuestos sobre los bienes y servicios
- 115 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales
- 116 Otros impuestos
- 12 Contribuciones sociales
- 14 Otros ingresos

El Objetivo es determinar si existe una relación de equilibrio de largo plazo entre ingresos tributarios y PIB, incluso si ambas series son no estacionarias. Se aplicaron dos pruebas: Engle-Granger (dos pasos) y Johansen (máxima verosimilitud) para cada par ingreso-PIB.

Tabla A.2. Resultados de pruebas de cointegración

Variable	Engle-Granger (EG)			Johansen (traza)		
	Estadístico	p-valor	Conclusión	Estadístico	p-valor	Conclusión
I111	-2.1597	0.5102	No cointegradas	9.7023	–	Cointegradas
I112				Datos insuficientes		
I113	-2.4971	0.3738	No cointegradas	6.3474	–	No cointegradas
I114	-0.6171	0.9724	No cointegradas	2.6814	–	No cointegradas
I115	-1.1738	0.9034	No cointegradas	4.5557	–	No cointegradas
I116	-3.3154	0.0781	No cointegradas	7.3714	–	No cointegradas
CS	-2.3872	0.4183	No cointegradas	7.1704	–	No cointegradas
otros.ingresos	-3.8555	0.0220	Cointegradas	7.2869	–	No cointegradas

Fuente: elaboración propia. La tabla reporta los resultados de las pruebas de cointegración Engle-Granger (EG) y Johansen (estadístico de traza). En la prueba EG la hipótesis nula es no cointegración. En la prueba de Johansen la hipótesis nula es que el número de vectores de cointegración es igual a cero.

V. Pruebas de estabilidad de parámetros

Se presentan las salidas para pruebas de estabilidad de parámetros para los modelos de elasticidad entre los ingresos y el PIB, para el caso específico de Guatemala.

Los códigos de los ingresos se definen de la siguiente forma:

- 11 Impuestos
- 111 Impuestos sobre el ingreso, las utilidades y las ganancias de capital
- 112 Impuestos sobre la nómina y la fuerza de trabajo
- 113 Impuestos sobre la propiedad
- 114 Impuestos sobre los bienes y servicios
- 115 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales
- 116 Otros impuestos
- 12 Contribuciones sociales
- 14 Otros ingresos

El objetivo es evaluar si los parámetros estimados (elasticidades) se mantienen constantes en el tiempo o si hay quiebres estructurales (reformas, cambios de política). Se aplicaron test CUSUM (residuos recursivos acumulados) y Chow Test (quiebre en punto medio) a cada modelo ingreso PIB. CUSUM (Cumulative Sum). Este último detecta cambios graduales en parámetros. Si p-valor > 0.05, parámetros son estables.

Tabla A.3. Pruebas de estabilidad estructural: CUSUM y Chow

Rubro	Estable	CUSUM		Chow		
		Interpretación		Estadístico	p-valor	Conclusión
I111	FALSO	Parámetros INESTABLES (posible quiebre estructural)		12.7537	5.19E-05	Quiebre estructural detectado
I112			Datos insuficientes			
I113	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		6.3171	0.0041	Quiebre estructural detectado
I114	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		20.6899	6.77E-07	Quiebre estructural detectado
I115	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		23.7522	1.59E-07	Quiebre estructural detectado
I116	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		7.0330	0.0024	Quiebre estructural detectado
CS	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		1.8732	0.1669	No hay quiebre estructural
otros.ingresos	VERDADERO	Parámetros ESTABLES (no hay quiebre estructural)		5.4649	0.0080	Quiebre estructural detectado

Fuente: elaboración propia. La prueba CUSUM evalúa la estabilidad global de los parámetros a lo largo del tiempo bajo la hipótesis nula de estabilidad estructural. La prueba de Chow contrasta la igualdad de parámetros antes y después de un punto de quiebre específico; la hipótesis nula establece ausencia de cambio estructural.

VI. Resultados de estimación de Boyanzas y Elasticidades

Se presentan las salidas para las estimaciones de Boyanzas y Leasticidades entre los ingresos y el PIB, para el caso específico de Honduras.

Los códigos de los ingresos se definen de la siguiente forma:

- 11 Impuestos
- 111 Impuestos sobre el ingreso, las utilidades y las ganancias de capital
- 112 Impuestos sobre la nómina y la fuerza de trabajo
- 113 Impuestos sobre la propiedad
- 114 Impuestos sobre los bienes y servicios
- 115 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales
- 116 Otros impuestos
- 12 Contribuciones sociales
- 14 Otros ingresos

Tabla A.4 Estimación de boyanza con corrección Newey-West (muestra base)

Rubro	Boyanza	EE (NW)	p-valor	R^2	n
I111	1.1332	0.2517	7.52E-05	0.4318	36
I112	Sin estimación (datos insuficientes)				
I113	1.5159	0.1644	8.98E-11	0.7554	36
I114	0.9727	0.0653	1.83E-16	0.9075	36
I115	1.2463	0.1533	1.76E-09	0.8111	36
I116	Sin estimación (datos insuficientes)				
CS	Sin estimación (datos insuficientes)				
otros.ingresos	2.0169	0.2322	3.79E-10	0.5455	36

Fuente: elaboración propia. La boyanza corresponde a la elasticidad estimada mediante un modelo log-log. Los errores estándar (EE) se corrigen utilizando el estimador de Newey-West para controlar por heterocedasticidad y autocorrelación. R^2 representa el coeficiente de determinación y n el número de observaciones empleadas en cada estimación.

Tabla A.5 Elasticidad real con corrección Newey-West (muestra base)

Rubro	Elasticidad real	EE (NW)	p-valor	R^2	n	Dummy reforma
I111	0.8775	0.9210	0.3474	0.2232	36	FALSO
I112		Sin estimación (datos insuficientes)				
I113	1.4686	1.1673	0.2172	0.5746	36	VERDADERO
I114	0.9096	0.4535	0.0532	0.6119	36	VERDADERO
I115	1.0825	0.6317	0.0959	0.5690	36	VERDADERO
I116		Sin estimación (datos insuficientes)				
CS		Sin estimación (datos insuficientes)				
otros.ingresos	1.8933	0.5767	0.0024	0.4015	36	VERDADERO

Fuente: elaboración propia. La elasticidad real se estima mediante un modelo log-log. Los errores estándar (EE) se corigen utilizando el estimador de Newey-West para controlar por heterocedasticidad y autocorrelación. La variable dummy de reforma captura posibles cambios estructurales en el período analizado. R^2 corresponde al coeficiente de determinación y n al número de observaciones empleadas en cada estimación.