

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Gestión

Maestría en Gestión Financiera y Administración de Riesgos Financieros

Análisis del impacto de la pandemia COVID-19 en la recaudación tributaria en el Ecuador

Lizeth Carolina Ríos Regalado

Tutor: Edison Xavier Carrillo Lanas

Quito, 2025



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Lizeth Carolina Ríos Regalado, autora del trabajo titulado “Análisis del Impacto de la Pandemia COVID-19 en la Recaudación Tributaria en el Ecuador”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Gestión Financiera y Administración de Riesgos Financieros en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

20 de octubre de 2025

Firma: _____

Resumen

El objetivo principal del trabajo fue analizar el impacto de la pandemia del COVID-19 en la Recaudación Tributaria en Ecuador mediante datos trimestrales del período 2011-2021. Para lograr este objetivo, se empleó una metodología cuantitativa con un diseño longitudinal descriptivo pre y post facto a la pandemia. La metodología consistió en tres fases: depuración de las series para extraer efectos y componentes estacionales, estimación de elasticidades empleando Modelos de Corrección de Error (VEC), y estimación de índices que aíslen los efectos exógenos a la Administración Tributaria. El procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo mediante los softwares estadísticos R y STATA. Se aplicaron técnicas de análisis de series temporales, como la descomposición de componentes, la estimación de modelos VEC y la construcción de índices. Además, se utilizaron pruebas estadísticas para la detección de cambios estructurales y cointegración, así como para la validación de los supuestos de los modelos. La depuración de las series, la estimación de elasticidades y la construcción de índices de eficiencia recaudatoria permitieron obtener resultados robustos y confiables, aislando los efectos exógenos a la gestión de la Administración Tributaria. Una de las conclusiones más relevantes del trabajo fue que la pandemia del COVID-19 tuvo un efecto negativo significativo en la recaudación del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto a la Renta (IR), especialmente durante el segundo trimestre de 2020, debido a las medidas de confinamiento y la paralización económica. Sin embargo, también se observaron signos de resiliencia y recuperación en períodos posteriores, aunque sin alcanzar los niveles pre-pandemia. Además, los índices de eficiencia sugieren que la recaudación no ha mejorado en eficiencia, con una tendencia decreciente para el IVA y estable para el IR.

Palabras clave: Índice de eficiencia recaudatoria, Modelos de Corrección de Error (VEC), Brecha tributaria, Cointegración, Resiliencia fiscal, Depuración de series temporales

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso, a quién le debo mi vida entera, por el seguiré batallando en esta vida, es quien me bendice con salud, fuerzas para continuar, dejando huella positiva donde vaya.

A mis padres, quienes son mi ejemplo en todo aspecto a seguir, los valores, enseñanzas y buenos consejos, que me han inculcado, a pesar del tiempo que transcurra, nadie ni nada los borrarán.

Mi madre Laurita quien, por un segundo no dudo que este momento llegaría, y a pesar de que las circunstancias a veces me hacían perder la fé, Dios me ha bendecido, con mi luz hermosa que es mi madre para animarme a continuar y no rendirme jamás, y lograr mis metas y sueños, siempre de la mano de Dios.

A mis hermanos quienes son para mi en conjunto con mis padres, el tesoro más hermoso y único, que Dios me ha permitido disfrutar en esta vida.

Y a todas aquellas personas que hacen de este corto periodo y estancia de vida agradables, que, con palabras de ánimo, de alguna manera influenciaron a seguir.

A quienes he mencionado que Dios por siempre les bendiga, siempre les llevaré en mi mente y corazón.

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, por la vida, la salud, por las ganas de salir adelante, la inteligencia y sabiduría provistas, sin embargo, mi intención no es sacar a relucirlas, más bien; es mi profundo anhelo motivar a los lectores a que las cultivemos día a día, es un tesoro que se debe apreciar y aprovechar; es también para mi muy loable y me llena el corazón, la mente y el alma de mucha alegría reconocer el agradecimiento profundo que tengo hacia mis padres, por ser mi motor diario, por quienes me esfuerzo, deseándoles retribuir un poquito de lo mucho que me han dado y de quienes he aprendido a no rendirme, a esforzarme mucho en la vida para lograr con mis objetivos; a mis hermanos, porque siempre me han motivado a ser su ejemplo a seguir, aprendiendo de cada uno de ellos , y sacando de conclusión, que para aprender de alguien no es determinativo: la edad, ni la experiencia.

Tabla de Contenidos

Introducción.....	14
Capítulo primero. Análisis de la evolución de la Recaudación Tributaria del Impuesto al Valor Agregado y del Impuesto a la Renta, en periodos trimestrales desde marzo de 2011 a diciembre de 2019 y de marzo 2020 hasta diciembre de 2021	25
1. Marco Teórico	25
1.1 Fundamentos de la Política Fiscal y Tributación.....	25
1.1.1 La Recaudación Tributaria como instrumento de desarrollo	25
1.1.2 Principios fundamentales de la tributación	25
1.1.3 Funciones múltiples del sistema tributario.....	26
1.2 Sistema Tributario Ecuatoriano: Evolución y Características	26
1.2.1 Transformación del modelo fiscal ecuatoriano	26
1.2.2 Principales reformas tributarias implementadas.....	27
1.2.3 Composición del sistema tributario ecuatoriano	30
1.3 Desempeño Económico y Recaudación Tributaria.....	30
1.3.1 Evolución del desempeño económico ecuatoriano	30
1.3.2 Transición hacia la diversificación de ingresos públicos	31
1.4 Características de los Principales Impuestos	33
1.4.1 El Impuesto al Valor Agregado (IVA)	33
1.4.2 El Impuesto a la Renta (IR).....	34
1.5 Teoría de Flexibilidad y Volatilidad Tributaria.....	35
1.5.1 Concepto de flexibilidad tributaria.....	35
1.5.2 Elasticidades diferenciadas por tipo de impuesto.....	35
1.5.3 Volatilidad e impacto de choques externos.....	35
1.6 Evolución de la Recaudación Tributaria: Análisis Histórico.....	36
1.6.1 Procesos de condonación y recuperación	36
1.6.2 Variaciones anuales en la recaudación	36
1.7 Desafíos del Cumplimiento Tributario	37

1.7.1 Obstáculos en la recaudación	37
1.7.2 Factores determinantes del cumplimiento	38
1.7.3 Medidas para mejorar el cumplimiento	38
1.8 Teoría de Crisis Económicas y Recaudación Tributaria.....	39
1.8.1 Impacto de la pandemia COVID-19.....	39
1.8.2 Experiencias comparadas en la región	40
1.9 Análisis de Tendencias de Recaudación Pre y Post Pandemia.....	42
1.9.1 Comportamiento del IVA	42
1.9.2 Comportamiento del IR	42
2.Marco Metodológico: Fundamentos Econométricos.....	43
2.1 Modelos de Corrección de Error (VEC) y Cointegración	43
2.2 Importancia del tratamiento de series temporales.....	43
2.3 Teoría de Índices de Eficiencia Recaudatoria.....	43
2.3.1 Conceptualización de eficiencia recaudatoria	43
2.3.2 Metodología de construcción de índices	44
2.4 Síntesis del Marco Teórico	44
Capítulo segundo. Cálculos de las variaciones de la Recaudación Tributaria del Impuesto a la Renta y del Valor Agregado durante el periodo 2011-2021	45
Capítulo tercero. Construcción de un índice de eficiencia recaudatoria para el Impuesto a la Renta y el Impuesto al Valor Agregado	55
3. Análisis y discusión de resultados.....	59
Conclusiones y recomendaciones	82
Conclusiones.....	82
Recomendaciones	85
Lista de referencias	87
Anexos.....	91
1. Descripción detallada de metodología de Índice	91
2. Descripción detallada de metodología de las predicciones realizadas con ARIMA	95
3. Código corrido modelo ARIMA	97

Figuras y tablas

Figura 1. Variaciones a lo largo del tiempo del IR e IVA. Fuente: Datos recopilados del BCE. 2021. Elaboración propia (2024)	46
Figura 2. Comportamiento del PIB a lo largo del tiempo. Fuente: Datos recopilados del BCE.. Elaboración propia.....	59
Figura 3. PIB modelo, predicciones obtenidas. Fuente y Elaboración propia.....	61
Figura 4. IR trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE. Elaboración propia.	63
Figura 5. IR trimestral modelo obtenido. Fuente y Elaboración propia.....	64
Figura 6. IVA trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE. Elaboración propia.....	65
Figura 7. IVA obtenido. Modelo de predicciones Fuente y Elaboración propia.....	66
Figura 8. Consumo trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE. Elaboración propia.	67
Figura 9. Consumo trimestral modelo obtenido. Fuente y Elaboración propia.....	68
Figura 10 Índice de Eficiencia del IVA. Fuente y Elaboración propia.	79
Figura 11 Índice de Eficiencia del IR. Fuente y Elaboración propia.	80
Tabla 1 Análisis de escenarios antes y después de la pandemia	69
Tabla 2 Resultados de las Regresiones.....	77
Tabla 3 Modelo de corrección de error	78

Introducción

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto profundo en la actividad económica global, afectando gravemente las finanzas públicas en muchos países. En Ecuador, el colapso de las actividades económicas debido a las medidas de confinamiento ha reducido considerablemente la recaudación de impuestos, especialmente los ingresos provenientes del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto a la Renta (IR). La crisis sanitaria no solo afectó la capacidad productiva del país, sino también los ingresos fiscales, provocando un aumento en los déficits fiscales y la expansión de la deuda pública.

En este contexto, el análisis de la eficiencia tributaria en Ecuador se vuelve especialmente relevante, ya que la crisis económica generada por la pandemia ha revelado debilidades en el sistema de recaudación, lo que afecta directamente a la capacidad del Estado para financiar políticas públicas esenciales. Mejorar la eficiencia en la recaudación no solo es clave para aumentar los ingresos fiscales, sino también para fortalecer la sostenibilidad fiscal del país en tiempos de contracción económica. Este estudio tiene como objetivo evaluar cómo los cambios exógenos, como la pandemia, han afectado la eficiencia en la recaudación de impuestos, con el fin de proporcionar recomendaciones para optimizar el sistema tributario y hacer frente a futuras crisis económicas.

La Recaudación Tributaria es un instrumento fundamental para el desarrollo de una nación, ya que garantiza la viabilidad de políticas sociales y económicas en beneficio de la sociedad. En Ecuador, después de la caída de los precios del petróleo, los tributos se han convertido en una de las principales fuentes de ingresos públicos, los cuales son receptados por el Estado y otras entidades del sector público con la finalidad de financiar servicios públicos y programas que sostengan el Estado de bienestar (Mejía Flores, Pino Jordán, y Parrales Choez 2019).

La pandemia del COVID-19 tuvo un impacto significativo en la actividad económica y la Recaudación Tributaria de los países vecinos de Ecuador. Como es el caso de Argentina, en marzo del 2020, el recaudo impositivo alcanzó los 443.636,7 millones de pesos (equivalente a USD 6.721,70 millones), lo que representó un aumento del 35,3% en comparación con el mismo mes del 2019. Este incremento estuvo muy por debajo de la tasa de inflación interanual estimada en 52 % para el tercer mes del año.

Según un informe del Ministerio de Economía Argentina en 2020, la Recaudación Tributaria en marzo de 2020 experimentó una disminución del 5,9 % en comparación con febrero del mismo año. Esta caída se atribuye principalmente al impacto económico de las medidas de confinamiento y restricciones implementadas para contener la propagación del virus. La pandemia puso de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas tributarios en la región, destacando la necesidad de fortalecer la capacidad recaudatoria de los países y promover políticas fiscales que impulsen la recuperación económica y el desarrollo sostenible en el contexto postpandemia.

Por el contrario, la Recaudación Tributaria en nuestro país es vulnerable a factores externos, como la dependencia de la explotación del petróleo y al efecto indirecto que ejerce la inflación en la recaudación. Según el Banco Central del Ecuador (BCE), en 2020, la Recaudación Tributaria se vio afectada por la caída en los precios del petróleo y la disminución de la actividad económica debido al COVID-19. Para el 2020, el precio promedio del barril de petróleo ecuatoriano se situó en USD 35,75, en comparación con los USD 55,26 registrados en 2019. Además, la inflación anual se ubicó en -0,93% a diciembre de 2020, lo que también tuvo un impacto en la recaudación tributaria. Inclusive, se evidenciaron efectos en la recaudación tributaria, como la disminución del 2,9% en el cobro del IVA entre enero y marzo del mismo año en comparación con el mismo período de 2019 (Alvarado y Jaramillo 2020).

Bajo este contexto, surge la pregunta central de la investigación: ¿Cómo afectaría la pandemia COVID-19 en la Recaudación Tributaria en el Ecuador?

El objetivo general de este estudio es analizar el impacto de la pandemia COVID-19 en la Recaudación Tributaria en el Ecuador mediante datos trimestrales del 2011 al 2021.

Tres son los objetivos específicos: 1) Analizar estadísticas del comportamiento de la serie IVA, IR, Consumo y el PIB de manera trimestral. 2) Calcular las variaciones y construir escenarios frente al comportamiento de las variables durante el periodo con respecto a la Pandemia. 3) Examinar el índice de eficiencia recaudatoria para el IR e IVA.

Esta investigación se justifica dado que la crisis económica global causada por el coronavirus (COVID-19) en el año 2020 ha tenido consecuencias económicas significativas. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI 2021), se estima que la economía mundial se contrajo un 3,5% este año, lo que representa la mayor caída desde la Gran Depresión de los años 1930. Frente a este panorama, los países han adoptado medidas de mitigación para enfrentar esta situación y evitar que sus secuelas se prolonguen en el tiempo.

El conjunto de medidas implicó un incremento en el gasto en salud y transferencias a los sectores más vulnerables; sin embargo, a esto se le sumó la disminución de los ingresos fiscales provocada por la contracción de la actividad económica. Lo que generó un aumento significativo en los déficits públicos, con una expansión de la deuda a corto plazo. No obstante, tras la fase de reactivación, fue necesario implementar políticas tributarias adecuadas para hacer frente a esta situación (Barreix, Garcimartin, y Verdi 2020).

El Presupuesto General del Estado constituye una importante herramienta para alcanzar los objetivos del modelo de desarrollo nacional, con más del 50% de ingresos

tributarios correspondientes principalmente a la recaudación del Servicio de Rentas Internas (SRI) y la recaudación del Servicio Nacional de Aduana de Ecuador (SENAE). Según el Ministerio de Economía y Finanzas, se estima que para el periodo 2020-2024, los ingresos tributarios representen en promedio el 53,4% de los ingresos totales del Presupuesto General del Estado.

Bajo la evidencia empírica hallada, los impuestos pueden afectar de forma positiva y negativa a una economía, por lo que es fundamental analizar su impacto en el contexto actual, especialmente considerando los efectos de la pandemia del COVID-19 y la necesidad de implementar políticas fiscales que promuevan la reactivación económica y la sostenibilidad de las finanzas públicas (CEPAL 2021).

Respecto del marco teórico, cabe indicar que la Recaudación Tributaria es un instrumento fundamental de la política fiscal para generar los recursos que necesita el Estado para fomentar el gasto público y proveer bienes y servicios a su población. Según Barcena et al. (2019), los ingresos tributarios son la principal fuente de financiamiento de los Estados en América Latina y el Caribe, representando en media el 80% de sus ingresos totales.

Como el principio de capacidad contributiva, los tributos deben establecerse de acuerdo a la capacidad económica de las personas, es decir, en función de su nivel de ingresos y riqueza (Masbernat Muñoz 2010). Este principio se encuentra estrechamente relacionado con el principio de equidad tributaria, que busca una distribución justa de la carga impositiva entre los contribuyentes. Los impuestos son prestaciones pecuniarias obligatorias, creadas por ley, que los sujetos pasivos deben pagar al Estado en virtud de su capacidad contributiva, con el fin de financiar el gasto público y satisfacer las necesidades colectivas de la sociedad (Ruiz de Castilla 2018).

En el periodo 2020-2024, la recaudación tributaria, entendida como el cobro de deudas tributarias a través de las autoridades facultadas, enfrenta nuevos desafíos debido a la crisis sanitaria derivada de la pandemia COVID-19. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021), la Recaudación Tributaria en la región puede incrementarse a través de dos vías: implementando nuevos impuestos o aumentando la eficiencia en la recaudación, ya sea de forma total o parcial, considerando las brechas tributarias que influyen en la recaudación.

La crisis puso en evidencia la importancia de la matriz exportadora en los países latinoamericanos, basada principalmente en materias primas como productos alimentarios, hidrocarburos, metales y minerales. En este contexto, los gobiernos buscan mitigar los impactos mediante diversas disposiciones, como la implementación de medidas tributarias que permitan aumentar la recaudación y hacer frente a las crecientes necesidades de gasto público para enfrentar la pandemia y promover la reactivación económica (OCDE et al. 2022).

En el aspecto de la capacidad fiscal, la recaudación promedio en América Latina fue de 19% del PIB en 2019, mientras que para 2018 el promedio de la OECD fue de 34.26%. Según OCDE (2020), es necesario promover cambios sustanciales a esta estructura fiscal es una tarea compleja, pero urgente para lograr los fondos públicos necesarios tanto para garantizar los niveles de empleo, ingreso y consumo actualmente como para emprender una reactivación económica contundente tras la crisis sanitaria.

Pero más allá de su función recaudatoria, los impuestos también cumplen un rol clave en la redistribución del ingreso y la riqueza, la estabilización macroeconómica y la promoción del crecimiento económico sostenible e inclusivo. En esa línea, Carcio, Barris, y Centrangolo (2022) plantean que un sistema tributario óptimo debe combinar eficiencia

económica y equidad, minimizando las distorsiones sobre las decisiones de los agentes económicos y al mismo tiempo contribuyendo a reducir la desigualdad.

En ese contexto, la irrupción de la pandemia y la consecuente crisis económica global impactó fuertemente en la Recaudación Tributaria de la región. Según estimaciones de la CEPAL (2022), los ingresos tributarios de América Latina caerían -2,4% del PIB en promedio en 2020, la mayor contracción desde la crisis financiera global de 2008-2009.

La caída de la Recaudación Tributaria durante la pandemia se explica por diversos factores, como la paralización de actividades económicas durante las cuarentenas, la reducción del consumo y el comercio internacional, la disminución de los precios de las materias primas, y el aumento del desempleo y la pobreza.

Además, las medidas de alivio tributario implementadas por los gobiernos para apoyar a hogares y empresas, tales como diferimientos, exoneraciones y reducciones de tasas impositivas, también contribuyeron a la disminución de los ingresos fiscales.

Ante esta crisis, resulta imperativo que los países fortalezcan sus sistemas tributarios para movilizar los recursos domésticos necesarios para la reactivación económica y la atención de las crecientes demandas sociales. Esto implica la adopción de reformas tributarias orientadas a aumentar la progresividad de los impuestos, como el fortalecimiento de los impuestos directos, en particular el impuesto sobre la renta personal. Asimismo, es crucial mejorar la eficiencia recaudatoria, reducir los gastos tributarios ineficientes, combatir la evasión y elusión fiscal, y fortalecer los mecanismos de fiscalización tributaria. Estas medidas permitirán a los países recaudar los recursos necesarios para financiar políticas públicas efectivas y equitativas, que promuevan una recuperación económica sostenible e inclusiva en el contexto post-pandemia.

El caso de Ecuador ilustra los desafíos que enfrentan los países de la región. Como documentan Yoza, Soledispa, y Lucio (2020) y Díaz de Sarral de, Lopez, y Maldonado (2023), la Recaudación Tributaria del país sufrió una fuerte caída en 2020 producto de la pandemia y la baja del precio del petróleo. Si bien en 2021 y 2022 se observa una recuperación, aún no se alcanzan los niveles pre-pandemia. Para sostener la reactivación económica post-COVID-19, el país deberá implementar reformas tributarias integrales para fortalecer los ingresos, y contribuya a la sostenibilidad fiscal de mediano plazo.

Según Asencio Cristóbal et al. (2017), el IVA perturba directamente la economía del consumidor final. Evidenciándolo en el 2020 con la imposición de la Ley Humanitaria Ecuatoriana que apoyaba a las provincias del litoral más afectadas por el terremoto del 2016, incrementando el IVA del 12 al 14% durante un año. La investigación mostró un desacuerdo en la ciudadanía por la incertidumbre del correcto direccionamiento de los recursos, otras personas se vieron alteradas en la reducción en su actividad productiva, comercio y turismo. Sin embargo, los autores recomiendan reformas tributarias direccionadas a actividades específicas que tengan un menor impacto a los bienes y servicios de mayor demanda.

Para Centeno Maldonado et al. (2022) una buena práctica es la contribución tributaria combinada, como la que se aplica en Colombia que ha incrementado la recaudación y ha impulsado la economía en el gobierno del presidente Iván Duque. Otra actividad presente en la Ley de Inversión Social es programar 24 horas de 3 días elegidos en el año, donde los consumidores pueden adquirir los productos sin pagar el IVA del 19%, así, los consumidores ahorran, los comerciantes dinamizan las ventas y la economía se reactiva.

El uso de estrategias en el pago de impuestos busca que el dinero no se quede estancado, sino que fluya de manera local (sin salir del territorio), dinamizando la

economía y obteniendo un riesgo país menor, lo que facilitaría la inversión extranjera y una mayor probabilidad de cumplimiento de obligaciones financieras de la nación.

El comportamiento del IVA está ligada a los ingresos y producción nacional, así la caída del PIB implicaría una caída del IVA y viceversa. La recaudación del IVA ha sido en promedio equivalente a 6400 millones de dólares anuales que proporcionalmente es el 48% de la recaudación tributaria. En contraste con el IR el promedio anual llega a 4500 millones de dólares representando el 34% (García 2019).

Según el SRI el “gasto tributario” se considera un monto de ingresos fiscales que el gobierno deja de percibir debido a las exenciones por ley. Se estima que en total existen 130 exenciones, la mayoría de estas se concentran en el IVA, donde ciertos bienes y servicios están gravados con una tarifa 0% como productos alimenticios, medicamentos, transporte de pasajeros, salud y servicios básicos, además de contemplarse las devoluciones de IVA.

Con todo lo descrito anteriormente los posibles parámetros que se podrían identificar son los siguientes:

El primer escenario se considera un análisis histórico del Banco Central del Ecuador con los proyectados del FMI. En este análisis se sugiere reducir el gasto tributario incluyendo una revisión de los incentivos fiscales para eliminar aquellos que no generen beneficios sociales. Además, se destaca la necesidad de mejorar la eficiencia en la recaudación, especialmente en el caso del IVA y el IR, donde la evasión es significativa. Se menciona el éxito de una medida de remisión tributaria en 2019, pero se señala que no puede repetirse debido a una disposición legal. Se proyecta un esfuerzo necesario para aumentar los ingresos tributarios en los próximos años, con un posible decrecimiento en 2019 y un compromiso de incremento del PIB y de la recaudación fiscal en 2020 y 2021, principalmente a través del IVA.

En el segundo escenario se propone dejar el IVA sin cambios (12%) y aplicar medidas adicionales para abordar la sostenibilidad fiscal. Esto presenta desafíos desde una perspectiva fiscal, ya que se requiere mantener la estabilidad financiera. Una opción sería aumentar significativamente el impuesto sobre la renta y mantener al menos el Impuesto a la Salida de Divisas (ISD). También se podrían considerar aumentos en otros impuestos, como las matrículas de vehículos, aunque los ingresos adicionales serían limitados y con un costo político alto. Las medidas complementarias serían similares a las discutidas en el escenario anterior.

Finalmente, el tercer escenario considera la reducción del IVA acompañado de medidas complementarias, pero se considera el menos factible y estaría en desacuerdo con los compromisos establecidos con el FMI. Se podría explorar más a fondo si las medidas adicionales, como la reducción de exenciones tributarias y el control más estricto de la evasión fiscal, podrían generar suficientes ingresos para compensar posibles pérdidas tanto en el IVA como en el Impuesto a la Renta. Sin embargo, los datos muestran que hay poco margen para esta estrategia en términos prácticos. Esto no implica que se deban abandonar los esfuerzos por mejorar la recaudación fiscal a través de medidas complementarias.

El COVID-19 tuvo un impacto significativo en la actividad económica y la Recaudación Tributaria de Ecuador y América Latina. Según datos de la CEPAL (2022), esta región fue una de las regiones más afectadas por la pandemia en 2020, y para 2022 aún perdura la incertidumbre por la pandemia, hay una fuerte desaceleración del crecimiento económico y los gobiernos enfrentan un menor espacio fiscal.

En Ecuador, de acuerdo con Grupo Faro (2022), la Recaudación Tributaria total disminuyó un 12,5% en 2020 debido a la paralización económica causada por la pandemia. A pesar de una recuperación del 11% en 2021, no se alcanzaron los niveles

previos a la crisis. El IR cayó un 7,6% en 2020 y no se recuperó completamente en 2021, mientras que el IVA experimentó una variación anual del -18% entre 2019 y 2020, recuperándose en 2021. Por otro lado, el Impuesto a la Salida de Divisas (ISD) disminuyó un 15% en 2020, pero se recuperó un 26% en 2021, superando los niveles pre-pandemia.

Según estudios recientes, como el de Ramírez y Carrillo-Maldonado (2018), existe un antecedente de estimación sobre un índice de eficiencia en la Recaudación Tributaria en Ecuador, tanto para el IVA como para el IR, que abarca el periodo desde 1993 hasta 2019. Este índice se basa en la estimación de balances estructurales de las finanzas públicas y su interpretación se orienta al cierre conjunto de las brechas tributarias. Además, el índice busca demostrar que el crecimiento de la Recaudación Tributaria de estos dos impuestos se ha presentado por una mayor eficiencia en la Administración Tributaria, influenciada por la independencia administrativa, el fortalecimiento técnico y tecnológico del SRI. Estos factores han permitido superar crisis recaudatorias, como las acontecidas entre 1999 y 2000, y las más recientes derivadas de la pandemia COVID-19 (Vélez Barros et al. 2021).

Ante este panorama, durante la pandemia se realizaron varios cambios en la normativa tributaria ecuatoriana para afrontar la crisis económica. Entre ellos destacan incentivos tributarios establecidos en la Ley Humanitaria de 2020, modificaciones en gastos deducibles, tasas impositivas y contribuciones especiales definidas en la Ley de Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal de 2021.

Según Yoza, Soledispa, y Lucio (2020), nuestro país es uno de los más afectados económicamente por la pandemia debido a su dependencia petrolera y sus relaciones comerciales con países como Estados Unidos y China. El SRI estableció una meta de Recaudación Tributaria de USD 14.773 millones para 2022, lo que representa un incremento anual de casi 6%. Sin embargo, además de aumentar la recaudación, se debe

enfocar en reducir la evasión fiscal, implementar un sistema tributario más progresivo y asignar el gasto público a áreas prioritarias como salud y educación.

Respecto del acopio y procesamiento de datos, cabe indicar que la investigación utilizó datos de Recaudación Tributaria ecuatoriana de los años 2011-2021, publicados a través de los informes del SRI y BCE. Se aplicó un enfoque cuantitativo con un diseño longitudinal descriptivo pre y post facto a la pandemia COVID-19. El procesamiento de datos se realizó mediante el software estadístico R-Studio y Windows Excel.

La metodología consistió en tres fases: depuración de las series para extraer efectos y componentes estacionales, estimación de elasticidades empleando Modelos de Arch, y estimación de índices que aíslen los efectos exógenos a la Administración Tributaria.

En este sentido, la presente investigación incorpora un marco teórico que describe la naturaleza y clasificación de los impuestos, diferenciando entre tributos directos e indirectos, y profundiza en las características del Impuesto al Valor Agregado y del Impuesto a la Renta como principales fuentes de ingresos fiscales en el Ecuador. Asimismo, se abordan los conceptos de flexibilidad y volatilidad tributaria, fundamentales para comprender la respuesta de la recaudación ante cambios en la actividad económica y eventos extraordinarios como la pandemia de COVID-19. Estos elementos conceptuales, respaldados en literatura nacional e internacional, constituyen la base para el análisis empírico desarrollado en los capítulos posteriores y permiten interpretar los resultados obtenidos a partir de los modelos econométricos aplicados (Cacay 2021).

Capítulo primero.

Análisis de la evolución de la Recaudación Tributaria del Impuesto al Valor Agregado y del Impuesto a la Renta, en periodos trimestrales desde marzo de 2011 a diciembre de 2019 y de marzo 2020 hasta diciembre de 2021

1. Marco Teórico

1.1 Fundamentos de la Política Fiscal y Tributación

1.1.1 La Recaudación Tributaria como instrumento de desarrollo

La Recaudación Tributaria es un instrumento fundamental para el desarrollo de una nación, ya que garantiza la viabilidad de políticas sociales y económicas en beneficio de la sociedad. En Ecuador, después de la caída de los precios del petróleo, los tributos se han convertido en una de las principales fuentes de ingresos públicos, los cuales son receptados por el Estado y otras entidades del sector público con la finalidad de financiar servicios públicos y programas que sostengan el Estado de bienestar (Mejía Flores, Pino Jordán, y Parrales Choez 2019).

Según Naciones Unidas (2022), los ingresos tributarios son la principal fuente de financiamiento de los Estados en América Latina y el Caribe, representando en promedio el 80% de sus ingresos totales. Esta dependencia de los ingresos tributarios se ha intensificado en países como Ecuador, donde la volatilidad de los precios del petróleo ha llevado a una necesidad estructural de diversificar las fuentes de financiamiento público.

1.1.2 Principios fundamentales de la tributación

Como el principio de capacidad contributiva, los tributos deben establecerse de acuerdo a la capacidad económica de las personas, es decir, en función de su nivel de ingresos y riqueza (Masbernat Muñoz 2010). Este principio se encuentra estrechamente relacionado con el principio de equidad tributaria, que busca una distribución justa de la carga impositiva entre los contribuyentes. Los impuestos son prestaciones pecuniarias

obligatorias, creadas por ley, que los sujetos pasivos deben pagar al Estado en virtud de su capacidad contributiva, con el fin de financiar el gasto público y satisfacer las necesidades colectivas de la sociedad (Ruiz de Castilla 2018).

1.1.3 Funciones múltiples del sistema tributario

Pero más allá de su función recaudatoria, los impuestos también cumplen un rol clave en la redistribución del ingreso y la riqueza, la estabilización macroeconómica y la promoción del crecimiento económico sostenible e inclusivo. En esa línea, Carcio, Barris, y Centrangolo (2022) plantean que un sistema tributario óptimo debe combinar eficiencia económica y equidad, minimizando las distorsiones sobre las decisiones de los agentes económicos y al mismo tiempo contribuyendo a reducir la desigualdad.

En el periodo 2020-2024, la recaudación tributaria, entendida como el cobro de deudas tributarias a través de las autoridades facultadas, enfrenta nuevos desafíos debido a la crisis sanitaria derivada de la pandemia COVID-19. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021), la Recaudación Tributaria en la región puede incrementarse a través de dos vías: implementando nuevos impuestos o aumentando la eficiencia en la recaudación, ya sea de forma total o parcial, considerando las brechas tributarias que influyen en la recaudación.

1.2 Sistema Tributario Ecuatoriano: Evolución y Características

1.2.1 Transformación del modelo fiscal ecuatoriano

Según Urgilés Urgilés y Chávez Urgilés (2017), durante la última década, el Ecuador experimentó un modelo de gobierno distinto a los anteriores, liderado por un presidente afiliado al "Socialismo del siglo XXI". Este enfoque trajo consigo una serie de cambios profundos en áreas económicas, sociales y políticas que transformaron en gran medida el panorama nacional. Uno de los aspectos más notables de este período fue la

reforma fiscal emprendida por el gobierno, la cual impactó tanto en los ingresos como en los gastos del estado ecuatoriano.

En cuanto a los ingresos, estos se vieron influenciados principalmente por tres factores clave: la recaudación de impuestos, los resultados de las empresas estatales y los ingresos provenientes de la exportación de petróleo, entre otros rubros. El gobierno implementó una serie de medidas para incrementar la recaudación tributaria, con el fin de obtener mayores recursos para financiar sus planes y programas. Asimismo, se realizaron esfuerzos por mejorar la gestión y productividad de las empresas públicas, con el objetivo de que estas generaran mayores ingresos para las arcas fiscales. Por otro lado, los precios internacionales del petróleo, uno de los principales productos de exportación del país, también influyeron en los ingresos estatales.

Por el lado de los gastos, se observó un aumento significativo en el tamaño del estado, marcado por la creación de nuevas instituciones públicas, como ministerios coordinadores y superintendencias. Esta expansión del aparato estatal respondía a la necesidad de contar con entidades encargadas de gestionar y ejecutar las políticas y programas impulsados por el gobierno. Además, se produjo una división de algunas carteras estatales, como educación, cultura y deportes, que ahora operan como entidades separadas, con el fin de brindar una atención más específica y especializada a cada uno de estos ámbitos (Urgilés y Urgilés 2017).

1.2.2 Principales reformas tributarias implementadas

En cuanto al tema tributario, el gobierno implementó una serie de reformas y medidas encaminadas a incrementar la recaudación fiscal durante este período. Algunas de las más sobresalientes fueron las realizadas en noviembre de 2011, cuando se aplicaron modificaciones con el objetivo de aumentar al 5% el impuesto sobre la salida de capitales del país. Esta medida buscaba desincentivar la fuga de capitales y retener una mayor

cantidad de recursos dentro de las fronteras nacionales. Asimismo, se introdujeron nuevos impuestos de carácter ambiental, como el gravamen aplicado a las botellas plásticas desechables y a los vehículos motorizados, con el fin de promover prácticas más sostenibles y reducir la contaminación generada por estos productos. Además, en esa misma reforma se incrementó el Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) sobre cigarrillos y bebidas alcohólicas, gravando con tasas más altas el consumo de estos productos considerados nocivos para la salud. Por otro lado, se ajustaron las tasas impositivas para vehículos híbridos, con el propósito de incentivar la adquisición de este tipo de automóviles más amigables con el medio ambiente (Cacay 2021).

Dos años después, en enero de 2013 según las Naciones Unidas (2022), se introdujeron impuestos adicionales a las entidades bancarias y financieras, con el objetivo de obtener recursos para financiar el aumento del bono de desarrollo humano, uno de los principales programas sociales del gobierno. De esta manera, se buscaba redistribuir parte de las ganancias del sector financiero hacia la población más vulnerable del país.

Posteriormente, tras el devastador desastre natural ocurrido el 16 de abril de 2016 en la provincia de Manabí, que dejó cuantiosos daños materiales y pérdidas humanas, se promulgó la Ley Orgánica de Solidaridad y Corresponsabilidad Ciudadana. Esta ley contemplaba, entre otras medidas, un aumento temporal del Impuesto al Valor Agregado (IVA) al 14% durante un año, con el fin de recaudar fondos adicionales para las labores de reconstrucción en las zonas afectadas por el terremoto.

En el año 2016, se aprobó la Ley Orgánica para el Equilibrio de las Finanzas Públicas, una normativa que presentaba una serie de medidas orientadas a fortalecer la recaudación fiscal y promover ciertos comportamientos económicos deseados por parte del gobierno. Entre las disposiciones contempladas en esta ley se encontraban incentivos fiscales para el uso de medios electrónicos de pago, buscando fomentar la bancarización

y reducir la economía informal. Asimismo, se estableció una reducción del anticipo del Impuesto a la Renta para las microempresas, con el objetivo de aliviar la carga tributaria sobre este segmento empresarial y promover su desarrollo. Por otra parte, se realizaron ajustes en las condiciones del impuesto a la salida de divisas, una figura tributaria implementada previamente para desincentivar la fuga de capitales al exterior. Adicionalmente, se aumentaron los montos del Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) aplicado a artículos suntuarios, gravando con tasas más altas el consumo de bienes de lujo. Esta legislación también estableció nuevas tarifas de ICE para servicios de telefonía fija y móvil, ampliando el alcance de este impuesto a sectores no contemplados anteriormente. Finalmente, la ley redefinió la distribución de ingresos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), basándose en los ingresos reales percibidos por el Estado, en lugar de cálculos estimados, con el fin de lograr una asignación más equitativa de recursos (Urgilés y Urgilés 2017).

Un año más tarde, en 2017, se aprobó la Ley Orgánica para Evitar la Especulación sobre el Valor de las Tierras y Fijación de Tributos, cuya medida fundamental fue la introducción de un impuesto sobre la venta de bienes inmuebles, con el propósito de prevenir la especulación y el encarecimiento artificial en la comercialización de propiedades. Esta normativa buscaba regular el mercado inmobiliario y evitar prácticas especulativas que pudieran perjudicar a los compradores (Castro 2020).

En términos generales, se ha observado un aumento de ciertos impuestos y ajustes en las normativas fiscales en los últimos años del período analizado, en consonancia con una estrategia fiscal orientada a recaudar fondos adicionales para financiar las actividades estatales y los programas impulsados por el gobierno, según lo señalado por la Cámara de Industrias y Producción (CIP), un importante gremio empresarial del país.

1.2.3 Composición del sistema tributario ecuatoriano

En cuanto a la tendencia del sistema tributario ecuatoriano, tenemos como datos relevantes que durante el período comprendido entre 2013 y 2020, los impuestos que más contribuyeron a los ingresos tributarios totales fueron el Impuesto al Valor Agregado (IVA) con un 42%, el Impuesto a la Renta con un 29%, los aranceles con un 11% y el Impuesto a la Salida de Divisas (ISD) con un 8% (Grupo Faro 2021). Estos gravámenes se consolidaron como los pilares fundamentales de la recaudación fiscal, reflejando la importancia del consumo interno, las actividades productivas y el comercio exterior en la generación de recursos para el Estado.

Durante el período comprendido entre los años 2018 y 2020, los principales tributos que aportaron recursos al Estado ecuatoriano fueron el Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a la Renta. Estos dos gravámenes representaron la mayor porción de la Recaudación Tributaria Nacional, convirtiéndose en piezas fundamentales para el financiamiento de las actividades y programas gubernamentales.

1.3 Desempeño Económico y Recaudación Tributaria

1.3.1 Evolución del desempeño económico ecuatoriano

Durante la última década, el Ecuador ha experimentado variaciones significativas en su desempeño económico. Este período estuvo marcado por una etapa de crecimiento notable, especialmente entre los años 2006 y 2012, con la excepción del año 2009, cuando el crecimiento fue modesto, alcanzando solo un 1%. Este bajo rendimiento en 2009 se atribuyó principalmente a los efectos de la crisis financiera global que sacudió a las principales economías del mundo y repercutió en los mercados emergentes. No obstante, el país logró recuperarse rápidamente de este revés, registrando tasas de crecimiento del 8% en los años 2012 y 2013. Si bien estos valores representaban un incremento sustancial en la actividad económica total del país en comparación con el 2009, eran menores a los

niveles alcanzados en años anteriores, cuando se registraron crecimientos aún más robustos.

Lamentablemente, esta tendencia positiva no se mantuvo en los años subsiguientes. Los años 2015 y 2016 presentaron descensos del 2,1% y 2,4% respectivamente en el Producto Interno Bruto (PIB), lo que indicaba claramente una fase de contracción económica a nivel nacional. Esta desaceleración afectó tanto al sector público como al privado, generando un impacto negativo en diversos ámbitos, como el empleo, la inversión, el consumo y las finanzas estatales. Las causas de esta recesión fueron múltiples, incluyendo factores externos como la caída de los precios del petróleo, principal producto de exportación del país, así como factores internos como la apreciación del dólar estadounidense, moneda oficial en el Ecuador, lo cual afectó la competitividad de sus exportaciones (Urgilés y Urgilés 2017)

Ante esta situación de desaceleración económica, era imperativo que el gobierno de turno implementara políticas fiscales y otras medidas contra cíclicas para revertir esta tendencia decreciente y estimular nuevamente el crecimiento económico del país. Esto implicaba ajustes en el gasto público, incentivos para la inversión privada, reformas estructurales y una gestión prudente de las finanzas públicas, entre otras acciones. La recuperación económica era fundamental para garantizar la estabilidad y el bienestar de la población ecuatoriana.

1.3.2 Transición hacia la diversificación de ingresos públicos

Históricamente, la principal fuente de ingresos para el Ecuador ha sido el petróleo, el cual ha financiado una porción significativa del presupuesto general del Estado durante décadas. Sin embargo, en los últimos años hemos podido observar un cambio paulatino en la composición de los ingresos que conforman este presupuesto, donde los ingresos tributarios han adquirido una importancia cada vez mayor y se han convertido en un pilar

fundamental para las finanzas públicas del país. Esta transición responde a la necesidad de diversificar las fuentes de ingreso estatal y reducir la dependencia excesiva del petróleo, un recurso no renovable y sujeto a la volatilidad de los precios internacionales.

Jácome Sandoval (2021), mediante una revisión histórica y análisis de datos del Banco Central del Ecuador (BCE) y el Servicio de Rentas Internas (SRI), documenta esta transición de un modelo altamente dependiente del petróleo hacia una estructura fiscal con mayor peso en impuestos como IVA e IR. Según su análisis, el IVA es más estable en su base, pero regresivo; el IR es más progresivo, pero menos elástico. La Recaudación Tributaria ha sido clave para compensar la volatilidad de los ingresos petroleros, justificando el estudio conjunto de ambos impuestos dada su importancia relativa en la estructura tributaria.

Es importante señalar que el precio del petróleo es una variable externa sobre la cual el Ecuador no tiene control alguno, ya que se determina en los mercados globales en función de la oferta y la demanda mundial. Asimismo, nuestra capacidad de producción petrolera es limitada a nivel mundial, por lo que no podemos influir significativamente en los volúmenes ofertados. Dado el carácter volátil e impredecible de los precios del petróleo y nuestra limitada influencia en ellos, los ingresos tributarios se convierten en una fuente de financiamiento más constante, segura y confiable para el Estado, brindando una mayor estabilidad y previsibilidad a las cuentas fiscales (Sandoval 2021).

La necesidad de obtener recursos financieros adicionales para financiar las actividades y programas gubernamentales ha llevado a múltiples reformas tributarias en los últimos períodos presidenciales. Sin embargo, existe una diversidad de opiniones y posturas sobre la mejor manera de incrementar los ingresos tributarios y cuáles deberían ser las figuras impositivas a modificar o implementar. Algunos analistas y sectores económicos argumentan que reducir el porcentaje del Impuesto al Valor Agregado (IVA)

podría tener un efecto positivo al estimular el consumo y, en consecuencia, incrementar la recaudación global de este impuesto indirecto. Por otro lado, otros expertos y grupos de interés sugieren lo contrario, abogando por un aumento del IVA o la creación de nuevos impuestos para elevar la captación de recursos.

Esta divergencia de opiniones y falta de consenso en materia tributaria se reflejó claramente en las propuestas de los diferentes candidatos presidenciales durante las elecciones de 2021, donde cada uno planteaba medidas disímiles en cuanto a la política fiscal a implementar. Esta situación evidencia la complejidad del tema tributario y la influencia que ejercen los intereses y las perspectivas individuales o sectoriales en las posturas adoptadas en torno a este asunto de crucial importancia para el manejo de las finanzas públicas del país (Jácome Sandoval 2021).

1.4 Características de los Principales Impuestos

1.4.1 El Impuesto al Valor Agregado (IVA)

En lo que respecta al IVA, este impuesto indirecto sobre el consumo de bienes y servicios adquirió una relevancia preponderante en la composición de los ingresos fiscales. La recaudación proveniente del IVA depende en gran medida del nivel de consumo de los hogares y las empresas, ya que se aplica uniformemente a todos los consumidores finales sin considerar su capacidad económica o nivel de ingresos. Esta característica del IVA lo convierte en una fuente estable de recursos para el fisco, pero también ha generado críticas por su naturaleza regresiva, al gravar de igual manera a personas de distintos estratos socioeconómicos.

El comportamiento del IVA está ligada a los ingresos y producción nacional, así la caída del PIB implicaría una caída del IVA y viceversa. La recaudación del IVA ha sido en promedio equivalente a 6400 millones de dólares anuales que proporcionalmente

es el 48% de la recaudación tributaria. En contraste con el IR el promedio anual llega a 4500 millones de dólares representando el 34% (García 2019).

Según San Martín y Panchana (2023), existe una alta correlación entre la recaudación de IVA y el consumo interno, presentando una elasticidad positiva y significativa. Su análisis mediante modelos de regresión múltiple demostró que las importaciones tienen un impacto directo en la recaudación de IVA, ya que gravan bienes importados, y que los choques externos, como la caída del precio del petróleo o la pandemia, afectan de manera inmediata la recaudación por su efecto sobre el consumo y las importaciones.

Según el SRI el "gasto tributario" se considera un monto de ingresos fiscales que el gobierno deja de percibir debido a las exenciones por ley. Se estima que en total existen 130 exenciones, la mayoría de estas se concentran en el IVA, donde ciertos bienes y servicios están gravados con una tarifa 0% como productos alimenticios, medicamentos, transporte de pasajeros, salud y servicios básicos, además de contemplarse las devoluciones de IVA.

1.4.2 El Impuesto a la Renta (IR)

Por otro lado, el Impuesto a la Renta, un tributo de carácter directo que grava los ingresos de personas naturales y sociedades, también jugó un papel trascendental en la recaudación fiscal durante este período. A nivel nacional, las provincias que más contribuyeron con este impuesto en términos absolutos fueron Pichincha y Guayas, las dos jurisdicciones con mayor actividad económica y concentración empresarial del país. Sin embargo, al analizar la recaudación per cápita del Impuesto a la Renta, es decir, los montos recaudados en relación con la población de cada provincia, la provincia de Pichincha lideró el ranking, seguida por Galápagos.

Esta posición destacada de las Galápagos en la recaudación per cápita del Impuesto a la Renta se explica por la importancia que tiene la actividad turística en su economía, superior a la del resto del país. El archipiélago, reconocido por su riqueza natural y biodiversidad, atrae a una gran cantidad de visitantes tanto nacionales como extranjeros, lo que dinamiza su sector de servicios y genera mayores ingresos gravables en comparación con su relativamente pequeña población residente.

1.5 Teoría de Flexibilidad y Volatilidad Tributaria

1.5.1 Concepto de flexibilidad tributaria

La flexibilidad tributaria se refiere a la capacidad de respuesta automática de los ingresos tributarios ante cambios en la actividad económica, sin necesidad de modificaciones legislativas. Jiménez y Podestá (2021) evaluaron la flexibilidad y volatilidad de la Recaudación Tributaria en América Latina mediante el uso de series de tiempo para estimar elasticidades de distintos tributos respecto al PIB real, aplicando técnicas de cointegración y modelos de Corrección de Errores (VECM).

1.5.2 Elasticidades diferenciadas por tipo de impuesto

Según Jiménez y Podestá (2021), el IVA presenta una elasticidad superior a 1 frente al PIB, lo que implica alta capacidad de respuesta en expansiones, pero también caídas pronunciadas en recesiones. El IR, en cambio, muestra elasticidades cercanas o inferiores a 1, con menor volatilidad, pero una respuesta más retardada a los cambios del ciclo económico. Factores como la estructura económica, la amplitud de la base tributaria y la administración fiscal explican las diferencias entre países.

1.5.3 Volatilidad e impacto de choques externos

El Fondo Monetario Internacional recomienda metodologías específicas para estimar elasticidades de recaudación en economías emergentes, enfatizando que la correcta desestacionalización y uso de datos en términos reales es esencial para obtener

estimaciones precisas. Las elasticidades varían sustancialmente entre tributos directos e indirectos, y en economías expuestas a choques externos, la volatilidad puede enmascarar la tendencia de largo plazo si no se controlan efectos transitorios (Crespo, Mateo y Vidal 2022).

1.6 Evolución de la Recaudación Tributaria: Análisis Histórico

1.6.1 Procesos de condonación y recuperación

Durante este lapso, en los años 2015 y 2018, el gobierno ecuatoriano implementó procesos de condonación de deudas tributarias pendientes, con el objetivo de regularizar la situación de los contribuyentes morosos y recuperar parte de los montos adeudados. De acuerdo con datos del Servicio de Rentas Internas (SRI), por este concepto se gestionaron \$971 millones en 2015 y \$1.268 millones en 2018. Estas remisiones tributarias tuvieron un efecto positivo en la recaudación, ya que permitieron a los contribuyentes ponerse al día con sus obligaciones fiscales a cambio de la condonación de intereses, multas y recargos acumulados.

1.6.2 Variaciones anuales en la recaudación

En cuanto a la evolución anual de la Recaudación Tributaria durante este período, el año de mayor recaudación fue 2015, mientras que en los años siguientes se observaron estancamientos, con la excepción de 2018, cuando se registró un repunte. Específicamente, en 2016, la Recaudación Tributaria decreció un 10,1% respecto a 2015, lo cual se atribuyó principalmente a los efectos negativos que tuvo el devastador terremoto ocurrido ese año en la actividad económica nacional. Como consecuencia, el Impuesto a la Renta decreció en un 23% y el IVA decreció en un 15%.

Para el año 2019, el gobierno de turno estimó una Recaudación Tributaria de \$15.224 millones. Sin embargo, esta meta no se cumplió y, de forma global, la recaudación cayó un 6%. El Impuesto a la Renta cayó un 10,2% y el IVA cayó un 1,8%

con respecto a las cifras de 2018. Mientras que para el año 2020, marcado por los efectos de la pandemia de COVID-19, el gobierno recaudó \$12.359,36 millones, un 15% menos que la cifra fijada según el Ministerio de Economía y Finanzas. En este año crítico, la Recaudación Tributaria decreció en un 16% y los impuestos más afectados fueron el IVA, con una caída del 14%, y el Impuesto a la Renta, que disminuyó en un 14%.

1.7 Desafíos del Cumplimiento Tributario

1.7.1 Obstáculos en la recaudación

Como se ha mencionado anteriormente, la recaudación de tributos ha sido un gran desafío para el Ecuador, por lo que constantemente se está analizando la normativa vigente y realizando reformas con el objetivo de incentivar a los contribuyentes al cumplimiento cabal de sus obligaciones fiscales. Sin embargo, estos cambios recurrentes en la legislación tributaria producen con frecuencia desconocimiento y confusión entre los sujetos pasivos, lo que deriva en incumplimientos reiterados de las disposiciones impositivas.

Otro aspecto que ha representado un obstáculo en materia de recaudación es la falta de una cultura tributaria sólida y arraigada en la ciudadanía y los contribuyentes ecuatorianos. A pesar de los esfuerzos realizados por las autoridades, no se ha logrado concientizar plenamente a la población sobre la importancia del pago de impuestos y su impacto positivo en el desarrollo del país y el bienestar colectivo. Esta debilidad en la conciencia fiscal se refleja en la significativa desventaja que existe entre el comercio informal y el formal en cuanto al cumplimiento tributario.

Mientras que el sector formal, conformado por empresas y negocios constituidos legalmente, se encuentra sujeto a una serie de obligaciones impositivas y controles por parte de las entidades recaudadoras, el comercio informal opera al margen de estos requerimientos fiscales. Esta situación genera una competencia desleal, ya que los

empresarios informales no asumen los costos tributarios que sí deben afrontar los contribuyentes formales, lo que les otorga una ventaja en términos de precios y márgenes de ganancia (Arciniegas Paspuel, Castro Morales, y Arias Collaguazo 2021).

1.7.2 Factores determinantes del cumplimiento

Según Arciniegas Paspuel, Castro Morales, y Arias Collaguazo (2021), el nivel de recaudación de los tributos no está determinado principalmente por las normativas que los regulan, sino más bien por el beneficio que perciben los contribuyentes al evadir sus obligaciones fiscales. A pesar de que el Servicio de Rentas Internas (SRI) ha implementado de forma continua incentivos y reformas tributarias con el objetivo de fomentar el cumplimiento, persiste una resistencia generalizada al pago de impuestos por parte de los sujetos pasivos.

Adicionalmente, según el mismo estudio de Arciniegas Paspuel, Castro Morales y Arias Collaguazo (2021), mediante encuestas y análisis de datos del SRI, se evidenció que la informalidad y la evasión fiscal reducen significativamente la capacidad recaudatoria, afectando principalmente al IR. La percepción negativa sobre el destino de los impuestos disminuye el cumplimiento voluntario, y aunque reformas como la Ley Orgánica de Simplicidad y Progresividad Tributaria han buscado facilitar el cumplimiento y reducir cargas administrativas, su impacto en la recaudación es gradual.

1.7.3 Medidas para mejorar el cumplimiento

En un esfuerzo por estimular el cumplimiento tributario, especialmente entre los microempresarios, se aprobó la Ley Orgánica de Simplicidad y Progresividad Tributaria el 31 de diciembre de 2019. Este nuevo marco legal incluye disposiciones orientadas a facilitar y simplificar las obligaciones fiscales de los pequeños contribuyentes. Entre las medidas contempladas se encuentra la creación de un catálogo de microempresarios, la eliminación del anticipo obligatorio del Impuesto a la Renta a partir del año 2020, la

simplificación de los procesos de pago de impuestos como el IVA y el IR, y la implementación de un esquema de porcentajes progresivos del Impuesto a la Renta, en lugar de una tasa fija, con el fin de gravar los ingresos de acuerdo con la capacidad económica de los contribuyentes.

A través de estas medidas, el gobierno buscó aliviar la carga tributaria sobre los microempresarios y reducir los costos de cumplimiento, facilitando así el pago de impuestos y promoviendo la formalización de las actividades económicas a pequeña escala. No obstante, aún persiste el desafío de fortalecer la cultura tributaria y concientizar a los ciudadanos sobre la importancia de cumplir con sus obligaciones fiscales, no solo por el aspecto legal, sino también por el impacto positivo que tiene en el desarrollo del país y el bienestar colectivo.

1.8 Teoría de Crisis Económicas y Recaudación Tributaria

1.8.1 Impacto de la pandemia COVID-19

La irrupción de la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo en el proceso recaudatorio del Estado Ecuatoriano. La alarma sanitaria global inició en diciembre de 2019 con los primeros casos reportados en China, y posteriormente fue declarada como una pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en marzo de 2020. En el caso de Ecuador, el primer caso confirmado se registró a finales de febrero, lo que llevó al presidente de la República a declarar la emergencia sanitaria y, posteriormente, el Estado de Excepción por Calamidad Pública en marzo de ese mismo año. Estas medidas excepcionales implicaron la implementación de restricciones y confinamientos que limitaron de manera drástica la actividad económica en todo el territorio nacional.

Como consecuencia directa de la crisis sanitaria y las medidas adoptadas para contenerla, se produjo una considerable disminución en los ingresos tributarios del

Estado, debido a la desaceleración económica causada por la paralización parcial o total de numerosas actividades comerciales e industriales, así como por los despidos masivos de trabajadores y otras acciones implementadas por las empresas para hacer frente a la situación. Sectores clave de la economía ecuatoriana, como el turismo, la construcción y la industria manufacturera, se vieron especialmente afectados por las restricciones impuestas, lo que generó una caída abrupta en sus niveles de actividad y, en consecuencia, en la generación de ingresos gravables.

Esta situación sin precedentes provocó un déficit fiscal de grandes proporciones, al registrarse una significativa reducción en la recaudación de impuestos, uno de los principales rubros de ingresos para el Estado. Ante este escenario adverso, el gobierno se vio obligado a implementar medidas extraordinarias para mitigar el impacto de la pandemia en las finanzas públicas y garantizar la continuidad de los servicios esenciales.

1.8.2 Experiencias comparadas en la región

La pandemia del COVID-19 tuvo un impacto significativo en la actividad económica y la Recaudación Tributaria de los países vecinos de Ecuador. Como es el caso de Argentina, en marzo del 2020, el recaudo impositivo alcanzó los 443.636,7 millones de pesos (equivalente a USD 6.721,70 millones), lo que representó un aumento del 35,3% en comparación con el mismo mes del 2019. Este incremento estuvo muy por debajo de la tasa de inflación interanual estimada en 52 % para el tercer mes del año.

Según un informe del Ministerio de Economía Argentina en 2020, la Recaudación Tributaria en marzo de 2020 experimentó una disminución del 5,9 % en comparación con febrero del mismo año. Esta caída se atribuye principalmente al impacto económico de las medidas de confinamiento y restricciones implementadas para contener la propagación del virus. La pandemia puso de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas tributarios en la región, destacando la necesidad de fortalecer la capacidad recaudatoria

de los países y promover políticas fiscales que impulsen la recuperación económica y el desarrollo sostenible en el contexto postpandemia.

En ese contexto, la irrupción de la pandemia y la consecuente crisis económica global impactó fuertemente en la Recaudación Tributaria de la región. Según estimaciones de la CEPAL (2022), los ingresos tributarios de América Latina caerían -2,4% del PIB en promedio en 2020, la mayor contracción desde la crisis financiera global de 2008-2009.

La caída de la Recaudación Tributaria durante la pandemia se explica por diversos factores, como la paralización de actividades económicas durante las cuarentenas, la reducción del consumo y el comercio internacional, la disminución de los precios de las materias primas, y el aumento del desempleo y la pobreza. Además, las medidas de alivio tributario implementadas por los gobiernos para apoyar a hogares y empresas, tales como diferimientos, exoneraciones y reducciones de tasas impositivas, también contribuyeron a la disminución de los ingresos fiscales.

Por el contrario, la Recaudación Tributaria en nuestro país es vulnerable a factores externos, como la dependencia de la explotación del petróleo y al efecto indirecto que ejerce la inflación en la recaudación. Según el Banco Central del Ecuador (BCE), en 2020, la Recaudación Tributaria se vio afectada por la caída en los precios del petróleo y la disminución de la actividad económica debido al COVID-19. Para el 2020, el precio promedio del barril de petróleo ecuatoriano se situó en USD 35,75, en comparación con los USD 55,26 registrados en 2019. Además, la inflación anual se ubicó en -0,93% a diciembre de 2020, lo que también tuvo un impacto en la recaudación tributaria. Inclusive, se evidenciaron efectos en la recaudación tributaria, como la disminución del 2,9% en el cobro del IVA entre enero y marzo del mismo año en comparación con el mismo período de 2019 (Alvarado y Jaramillo 2020).

1.9 Análisis de Tendencias de Recaudación Pre y Post Pandemia

1.9.1 Comportamiento del IVA

El estudio de la recaudación del IVA revela una tendencia creciente a lo largo del periodo pre-pandemia (2011-2019), con algunas fluctuaciones estacionales asociadas a factores como el consumo durante festividades o temporadas específicas. Este crecimiento es particularmente notable hasta 2014, en línea con el desempeño económico favorable del país. Sin embargo, a partir de 2015, se observa una desaceleración en el ritmo de crecimiento de la recaudación, coincidiendo con la ralentización económica experimentada en Ecuador. Es importante destacar que, en 2020, se produce una caída significativa en la recaudación del IVA, especialmente durante el segundo trimestre, como consecuencia directa del impacto de la pandemia en el consumo y la actividad económica.

1.9.2 Comportamiento del IR

Adicionalmente, el análisis de la recaudación del IR también muestra una tendencia creciente durante el periodo pre-pandemia, con algunas fluctuaciones asociadas a los plazos de declaración y pago del impuesto. Al igual que en el caso del IVA, el crecimiento de la recaudación del IR es notable hasta 2014, respaldado por el desempeño positivo de la economía ecuatoriana. A partir de 2015, se evidencia una desaceleración en el crecimiento de la recaudación, en consonancia con la ralentización económica. Es importante señalar que, en 2020, se observa una disminución en la recaudación del IR, particularmente en el segundo trimestre, como resultado del impacto de la pandemia en la actividad económica y la capacidad contributiva de los agentes económicos.

2.Marco Metodológico: Fundamentos Econométricos

2.1 Modelos de Corrección de Error (VEC) y Cointegración

Los modelos VEC permiten capturar la dinámica de corto y largo plazo entre las variables, así como la velocidad de ajuste hacia el equilibrio. Según Jiménez y Podestá (2021), estos modelos son fundamentales para estimar elasticidades y relaciones de cointegración entre variables tributarias y macroeconómicas, justificando su uso en el análisis de la respuesta del IVA y del IR ante cambios en la actividad económica.

2.2 Importancia del tratamiento de series temporales

El Fondo Monetario Internacional (2022) enfatiza que el análisis de series temporales requiere una depuración adecuada mediante técnicas como el filtro Hodrick-Prescott para extraer los efectos y componentes estacionales inherentes al sistema tributario o económico, que podrían generar distorsiones en las estimaciones econométricas posteriores. La correcta desestacionalización y uso de datos en términos reales es esencial para obtener estimaciones precisas de elasticidades (Crespo, Mateo y Vidal 2022) .

2.3 Teoría de Índices de Eficiencia Recaudatoria

2.3.1 Conceptualización de eficiencia recaudatoria

Según estudios recientes, como el de Ramírez y Carrillo-Maldonado (Ramírez-Álvarez y Carrillo-Maldonado CEPAL Review), existe un antecedente de estimación sobre un índice de eficiencia en la Recaudación Tributaria en Ecuador, tanto para el IVA como para el IR, que abarca el periodo desde 1993 hasta 2019. Este índice se basa en la estimación de balances estructurales de las finanzas públicas y su interpretación se orienta al cierre conjunto de las brechas tributarias. Además, el índice busca demostrar que el crecimiento de la Recaudación Tributaria de estos dos impuestos se ha presentado por

una mayor eficiencia en la Administración Tributaria, influenciada por la independencia administrativa, el fortalecimiento técnico y tecnológico del SRI.

2.3.2 Metodología de construcción de índices

Los índices de eficiencia recaudatoria permiten aislar los efectos exógenos a la gestión de la Administración Tributaria, considerando factores como el ciclo económico y la aversión al riesgo de los contribuyentes. La construcción de estos índices requiere el uso de elasticidades estimadas mediante modelos econométricos y la extracción de tendencias de largo plazo de variables macroeconómicas como el PIB y el consumo.

2.4 Síntesis del Marco Teórico

El marco teórico presentado establece las bases conceptuales para comprender cómo la pandemia COVID-19 impactó la Recaudación Tributaria en Ecuador, integrando teorías sobre flexibilidad y volatilidad tributaria, análisis econométrico de series temporales, y metodologías de medición de eficiencia recaudatoria. La evidencia teórica y empírica revisada sustenta el uso de modelos VEC para estimar elasticidades diferenciadas entre el IVA (con mayor volatilidad y elasticidad superior a 1) y el IR (con menor volatilidad, pero respuesta más retardada), así como la construcción de índices de eficiencia que aislen efectos exógenos a la Administración Tributaria.

La combinación de enfoques metodológicos propuesta se fundamenta en las recomendaciones del FMI (2022) para economías emergentes expuestas a choques externos, la evidencia específica para Ecuador de San Martín y Panchana (2023) sobre determinantes del IVA, y la experiencia regional documentada por CEPAL (2021) respecto al impacto diferenciado de crisis económicas en distintos tipos de tributos. Este marco conceptual integrado permite analizar tanto los efectos directos de la crisis sanitaria como los mecanismos de ajuste y recuperación del sistema tributario ecuatoriano.

Capítulo segundo.

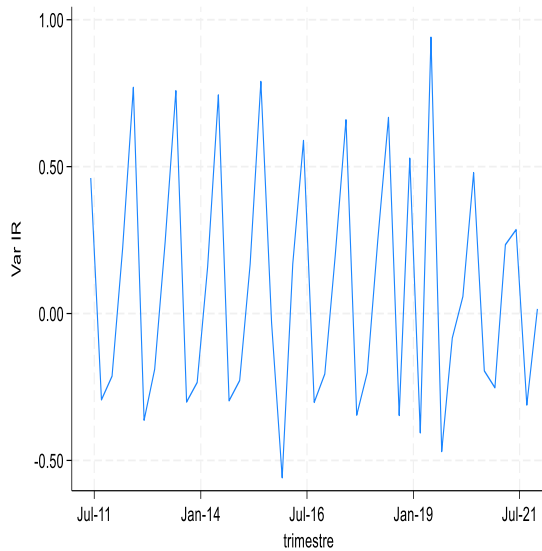
Cálculos de las variaciones de la Recaudación Tributaria del Impuesto a la Renta y del Valor Agregado durante el periodo 2011-2021

En este capítulo, se presenta un análisis de las variaciones en la Recaudación Tributaria de dos impuestos fundamentales para el sistema fiscal ecuatoriano: el Impuesto a la Renta (IR) y el Impuesto al Valor Agregado (IVA). El estudio se centra en el período comprendido entre los años 2011 y 2021, con el objetivo de identificar patrones, tendencias y posibles factores que hayan influido en el comportamiento de la recaudación de estos tributos.

De acuerdo al análisis detallado de la composición de los ingresos tributarios en Ecuador realizado por Jácome (2021), destaca la participación de los principales impuestos. Según el autor, "el impuesto que más aporta a los ingresos del Estado es el Impuesto al Valor Agregado IVA, es el gran recaudador del sistema tributario ecuatoriano, en promedio el 50% de los ingresos, seguido del Impuesto a la Renta IR que aporta con el 25%". Estos datos evidencian la relevancia del IVA y el IR como pilares fundamentales de la Recaudación Tributaria en el país. Además, señala que "la presión fiscal en el Ecuador ha sido menor que la de la región en conjunto, hay dos puntos que vale la pena señalar. El primero es que esa diferencia es en la actualidad mucho menor que en la década de 1990, cuando la Recaudación Tributaria del Ecuador, en promedio, fue equivalente apenas al 6,2% del PIB del país, mientras que en la región esa relación fue del 13,3%, en ambos casos excluyendo las contribuciones a la seguridad social". Esta comparación pone de manifiesto los avances que ha logrado Ecuador en materia de recaudación tributaria, aunque todavía existe un margen de mejora en relación con otros países de la región.

A través de la visualización de gráficos y el examen detallado de los datos, se busca comprender cómo han evolucionado los ingresos fiscales provenientes del IR y del IVA a lo largo de la década estudiada, prestando especial atención a los cambios observados durante la pandemia del COVID-19.

Variación del Impuesto a la Renta



Variación del Impuesto al Valor Agregado

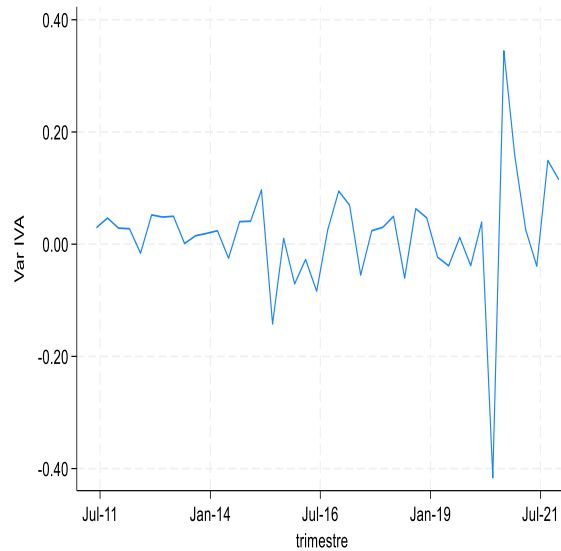


Figura 1. Variaciones a lo largo del tiempo del IR e IVA. Fuente: Datos recopilados del *BCE*. 2021. Elaboración propia (2024)

La Recaudación Tributaria en Ecuador ha mostrado una tendencia creciente en las últimas décadas, sin embargo, como señala Serrano (2011), "la Recaudación Tributaria en Ecuador es vulnerable a choques externos. Primero por la dependencia de la economía ecuatoriana en la explotación del petróleo y segundo por el efecto indirecto que ejerce la inflación en la recaudación". Esto se evidencia en las fluctuaciones observadas tanto en el Impuesto a la Renta como en el Impuesto al Valor Agregado.

La primera gráfica corresponde a la variación trimestral del IR, aquí se aprecia una tendencia general de fluctuaciones moderadas, con algunos picos y valles destacados. Uno de los picos más significativos se observa en julio de 2014, con un

aumento de alrededor del 1% en la recaudación. Este incremento podría estar relacionado con el buen desempeño económico del país en ese período, impulsado por los altos precios del petróleo y el crecimiento de sectores clave como la construcción y el comercio.

En cuanto al impacto de la pandemia, se observa una caída notable en la recaudación del IR en julio de 2020, coincidiendo con los meses más críticos de la crisis sanitaria y las medidas de confinamiento. Esta disminución refleja el efecto negativo de la paralización económica y la reducción de la actividad empresarial durante ese período. Sin embargo, el valor extremo observado en la variación del IR en julio de 2021, con un crecimiento del 0.8%, es posible estar explicado por una fase de recuperación económica gradual tras el impacto inicial de la pandemia del COVID-19. Según datos del Banco Central del Ecuador (BCE 2021b), en el segundo trimestre de 2021 el PIB creció un 8.4% respecto al mismo período del año anterior, impulsado por la reactivación de diversos sectores económicos. Este crecimiento económico pudo haber contribuido a una mayor recaudación del IR, tanto por el aumento de la actividad empresarial como por la mejora en los ingresos de las personas naturales.

Además, en 2021 se implementaron algunas medidas tributarias que pudieron haber influido en la recaudación del IR. Por ejemplo, en noviembre de 2021 entró en vigor la Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia COVID-19, que introdujo cambios en el Impuesto a la Renta, como la modificación de la tabla para la liquidación del impuesto y la reducción de los gastos deducibles (Hidalgo Pallares 2023). Aunque el efecto completo de estas medidas se reflejaría en las declaraciones del año siguiente, es posible que hayan generado expectativas y cambios de comportamiento en los contribuyentes que se tradujeron en una mayor recaudación.

Por otro lado, el valor extremo observado en la variación del IVA en julio de 2021, con un incremento del 30%, puede explicarse principalmente por la reactivación del consumo tras el levantamiento gradual de las restricciones por la pandemia. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en julio de 2021 el Índice de Confianza del Consumidor (ICC) se ubicó en 38.7 puntos, lo que representa un aumento de 10.5 puntos respecto a julio de 2020. Este repunte en la confianza de los consumidores pudo haberse traducido en un mayor gasto y, por ende, en una recaudación más elevada del IVA. Además, la reapertura de actividades económicas clave, como el turismo y la hostelería, que habían sido fuertemente afectadas por la pandemia, pudo haber contribuido significativamente a este incremento en la recaudación del IVA.

Es importante considerar que las variaciones en la Recaudación Tributaria no solo dependen de factores económicos, sino también de aspectos políticos y sociales. Como indica Hidalgo Pallares (2023), "la reforma de 2021 también eliminó algunas deducciones de las que se podían beneficiar las empresas para pagar menos IRS, como, por ejemplo: las deducciones adicionales por la creación de nuevos puestos de empleo, o por la contratación de personas mayores o de migrantes de más de 40 años que hubieran retornado al Ecuador". Estos cambios en la normativa tributaria reflejan las prioridades y objetivos de cada gobierno, y pueden tener efectos significativos en el comportamiento de los contribuyentes y en la recaudación.

Además de los factores internos, la Recaudación Tributaria en Ecuador también está influenciada por el contexto internacional. Como señala Serrano (2010), "en una economía mundial donde la integración aumenta con el pasar del tiempo, la transmisión de la inflación internacional toma mayor interés". Esto se evidencia en el impacto que tienen los precios internacionales, especialmente de materias primas

como el petróleo, en la economía ecuatoriana y, por ende, en la recaudación tributaria. Por lo tanto, es crucial que el país desarrolle políticas fiscales y económicas que le permitan adaptarse y mitigar los efectos de los choques externos.

En la segunda gráfica de la Figura 1, muestra la variación trimestral del IVA, se observa un comportamiento más volátil, con fluctuaciones más pronunciadas en comparación con el IR. Un pico destacado ocurre en julio de 2021, con un aumento de más del 30% en la recaudación. Este incremento significativo podría estar relacionado con la reactivación del consumo tras el levantamiento gradual de las restricciones por la pandemia, así como con la recuperación de sectores como el turismo y la hostelería. Por otro lado, se aprecia una caída pronunciada en la recaudación del IVA en julio de 2020, coincidiendo con el período más álgido de la crisis sanitaria. Esta disminución se explica por la contracción del consumo y la actividad económica durante los meses de confinamiento, lo que afectó directamente la base imponible del IVA.

Hidalgo Pallares (2023) destaca que "aproximadamente tres cuartas partes de la recaudación total del IVA corresponden al IVA interno, mientras que el 25% restante lo genera el IVA a las importaciones". Esto implica que la recaudación de este impuesto está estrechamente ligada al comportamiento del consumo interno y a la dinámica de las importaciones. Por lo tanto, eventos como la pandemia del COVID-19, que afectaron significativamente estos componentes, tuvieron un impacto directo en la recaudación del IVA.

Por otro lado, en la gráfica de variación del IVA, el valor extremo más evidente se presenta en julio de 2021, con un incremento extraordinario de más del 30% en la recaudación. Este valor se aleja drásticamente de la tendencia observada en el resto de la serie, lo que sugiere la presencia de factores excepcionales que

impulsaron la recaudación del IVA durante ese trimestre. Como se ha indicado, este aumento significativo podría estar asociado a la reactivación del consumo tras el levantamiento gradual de las restricciones por la pandemia, así como a la recuperación de sectores clave como el turismo y la hostelería.

Como se mencionó anteriormente, cuando entró en vigor la Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia COVID-19, que introdujo algunas modificaciones en el ámbito tributario, aunque la mayoría de estos cambios se enfocaron en el Impuesto a la Renta, también se incluyeron medidas relacionadas con el IVA. Por ejemplo, se estableció un régimen simplificado para emprendedores y negocios populares (RIMPE), que permitía a los pequeños contribuyentes acogerse a un sistema simplificado de declaración y pago del IVA.

Además, es importante considerar las mejoras en la gestión y el control tributario por parte de la Administración Tributaria ecuatoriana. En los últimos años, el Servicio de Rentas Internas (SRI) ha implementado diversas estrategias para fortalecer la recaudación y combatir la evasión fiscal. Entre estas medidas se encuentran el uso de tecnologías de la información para mejorar los procesos de declaración y pago, el fortalecimiento de los sistemas de control y fiscalización, y las campañas de educación tributaria para promover una cultura de cumplimiento voluntario. Estos esfuerzos pudieron haber contribuido a una mayor eficiencia en la recaudación del IVA, lo que se reflejaría en el incremento significativo observado en julio de 2021.

Otro factor relevante a considerar son los eventos económicos específicos que tuvieron lugar en Ecuador durante ese período. Además de la reactivación del consumo y la reapertura de actividades económicas clave tras la pandemia, es posible que otros acontecimientos hayan influido en la recaudación del IVA. Por ejemplo, en

2021 se llevaron a cabo las elecciones presidenciales en Ecuador, lo que pudo haber generado un clima de mayor estabilidad política y confianza en los agentes económicos. Asimismo, el aumento de los precios internacionales del petróleo, principal producto de exportación del país, pudo haber tenido un efecto positivo en la economía ecuatoriana y en la recaudación tributaria. Estos eventos, junto con otros factores coyunturales, pudieron haber creado condiciones favorables para el consumo y la actividad económica, lo que se tradujo en una mayor recaudación del IVA.

Otro aspecto a tener en cuenta es la distribución de la carga tributaria entre los diferentes sectores de la sociedad. Hidalgo Pallares (2023) menciona que "según el SRI, en 2019 el 92% del gasto tributario correspondiente a las deducciones por gastos personales se concentró en las personas del decil de mayores ingresos, lo que afectó la progresividad del IRPN". Esto resalta la importancia de diseñar un sistema tributario que sea no solo eficiente en la recaudación, sino también equitativo y progresivo, asegurando que quienes tienen mayor capacidad contributiva aporten proporcionalmente más.

Cabe resaltar que, a pesar de las fluctuaciones y desafíos enfrentados, los impuestos continúan siendo la principal fuente de ingresos para el Estado ecuatoriano. Como afirma Hidalgo Pallares (2023) "entre 2018 y 2022, de acuerdo con los datos fiscales que publica el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Ecuador, los ingresos tributarios del sector público no financiero representaron, en promedio, el 13,2% del PIB". Esto resalta la importancia de mantener un sistema tributario sólido y eficiente, capaz de adaptarse a los cambios económicos y generar los recursos necesarios para el desarrollo del país. Sin embargo, como indica el autor, "si el país quisiera implementar nuevas políticas sociales o expandir y universalizar ciertas políticas de protección social, que debería estar a cargo del propio Gobierno central

que, incluso sin esa obligación, registra un déficit sostenido, será necesario elevar los ingresos permanentes del fisco, específicamente los tributarios". Este planteamiento sugiere que, para poder hacer frente a los desafíos sociales y ampliar la cobertura de los programas de bienestar, es imperativo fortalecer la Recaudación Tributaria de manera sostenible en el tiempo.

La cultura tributaria es un factor determinante en el cumplimiento de las obligaciones fiscales por parte de los contribuyentes. Como indica Serrano (2010), "el pago de impuestos se atribuye al riesgo del contribuyente a ser castigado por el incumplimiento. Sin embargo, los modelos que se basan en el principio anterior no logran explicar la alta predisposición de los contribuyentes a cumplir las obligaciones tributarias en distintos países". Esto sugiere que, más allá de las medidas coercitivas, es necesario fomentar una cultura tributaria basada en la conciencia ciudadana, la transparencia y la confianza en las instituciones, para lograr una recaudación sostenible y voluntaria.

Adicionalmente, es importante destacar que la política tributaria no solo tiene un impacto recaudatorio, sino que también puede ser una herramienta para promover objetivos económicos y sociales. Hidalgo Pallares (2023), señala que "la creación de nuevos impuestos debe ser cuidadosamente analizada para determinar potenciales impactos en los segmentos menos favorecidos y también para descartar posibles desincentivos al ahorro y la inversión". Por lo tanto, al diseñar reformas tributarias, es fundamental considerar sus efectos distributivos y su capacidad para generar incentivos que favorezcan el crecimiento económico, la creación de empleo y la reducción de la desigualdad.

En suma, el Impuesto a la Renta ha experimentado cambios importantes en su estructura y composición a lo largo del tiempo. Según Hidalgo Pallares (2023), "la

reforma tributaria que entró en vigor a finales de 2021 permitía reducir esa diferencia, principalmente por los cambios implementados en el IR, tanto de personas naturales (reducción de gastos deducibles y cambios en la tabla del impuesto, entre otros) como de empresas (eliminación de varias rebajas y exenciones)". Sin embargo, como se mencionó anteriormente, algunas de estas medidas fueron posteriormente revertidas, lo que podría afectar la recaudación futura de este impuesto.

La eficiencia en la recaudación del IVA es otro factor clave a considerar. Hidalgo Pallares (2023) mencionan "el Ecuador tiene una de las tasas más bajas del IVA en América Latina y el Caribe, pero la ratio de recaudación del IVA en el Ecuador es significativamente mayor que el promedio regional". Esto sugiere que, a pesar de tener una tasa impositiva relativamente baja, el sistema tributario ecuatoriano ha logrado una buena eficiencia en la recaudación de este impuesto.

Por lo tanto, es importante destacar que el comportamiento observado en ambas gráficas no necesariamente representa una tendencia sostenida, sino que reflejan circunstancias excepcionales en un momento específico. Por lo tanto, es fundamental analizar si estos valores son consistentes con el comportamiento general de la serie o si constituyen anomalías que requieren un tratamiento especial. En este sentido, será necesario dar seguimiento a la evolución de la Recaudación Tributaria en los períodos posteriores para determinar si estos incrementos se mantienen o si se trata de eventos aislados influenciados por factores coyunturales, en donde, se propone realizar un índice de eficiencia recaudatoria para el IVA e IR.

A partir del análisis de variaciones presentado, se pueden construir tres escenarios principales frente al comportamiento de las variables durante el período con respecto a la pandemia. El primer escenario corresponde al período pre-pandemia (2011-2019), caracterizado por un comportamiento relativamente estable de la recaudación tributaria,

con promedios de 1.035.158 millones para el IR y 1.534.687 millones para el IVA. El segundo escenario refleja el impacto inmediato de la pandemia durante 2020-2021, donde se observaron cambios significativos: el IR registró un promedio de 1.076.638 millones (+4.0%) y el IVA 1.529.072 millones (-0.4%), evidenciando respuestas diferenciadas ante la crisis sanitaria.

El tercer escenario corresponde a un análisis contrafactual de lo que habría ocurrido sin la pandemia, donde siguiendo las tendencias 2015-2019, se proyectaba un crecimiento moderado del 2-3% anual para ambos impuestos. La comparación entre estos escenarios permite evidenciar que la pandemia generó efectos heterogéneos en la recaudación: mientras el IVA mostró mayor volatilidad con caídas pronunciadas seguidas de recuperaciones rápidas (como el incremento del 30% en julio de 2021), el IR presentó una evolución más estable, pero con efectos más prolongados en el tiempo.

Estos escenarios contruados demuestran la importancia de considerar el comportamiento diferenciado de los tributos ante choques externos, proporcionando información valiosa para el diseño de políticas fiscales que fortalezcan la resiliencia del sistema tributario frente a futuras crisis económicas.

Capítulo tercero.

Construcción de un índice de eficiencia recaudatoria para el Impuesto a la Renta y el Impuesto al Valor Agregado

Para dar cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación, que consiste en examinar el índice de eficiencia recaudatoria para el IR e IVA, este capítulo desarrolla una metodología integral que permite no solo construir dichos índices, sino también analizar su evolución temporal y sus implicaciones para la gestión tributaria ecuatoriana. El examen propuesto va más allá de la simple construcción del indicador, buscando evaluar la eficiencia de la Administración Tributaria en el contexto de los cambios económicos experimentados durante el período de estudio, con especial énfasis en el impacto de la pandemia COVID-19.

La metodología empleada en este estudio se basó en un enfoque cuantitativo con un diseño longitudinal descriptivo pre y post facto a la pandemia COVID-19. Se utilizaron datos de Recaudación Tributaria ecuatoriana del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto a la Renta (IR) para el período 2011-2021, publicados a través de los informes del Servicio de Rentas Internas (SRI) y del Banco Central del Ecuador (BCE).

La investigación se desarrolló en tres fases principales. En la primera fase, se realizó la depuración de las series temporales con el objetivo de eliminar los efectos y componentes estacionales inherentes al sistema tributario o económico, que podrían generar distorsiones en las estimaciones econométricas posteriores. Para ello, se empleó ajustes econométricos para evitar el riesgo de estimaciones espurias. Es decir, primera fase se enfocó en la depuración de las series temporales, con el objetivo de eliminar los efectos y componentes estacionales que son inherentes al sistema tributario o económico. Estos efectos y componentes pudieron generar distorsiones en las estimaciones econométricas posteriores, por lo que fue crucial extraerlos para obtener resultados más

precisos y confiables. La depuración permitió aislar los aspectos que influyen en la Recaudación Tributaria pero que no son atribuibles directamente a la gestión de la Administración Tributaria. Adicionalmente, se aplicó el filtro Hodrick-Prescott (HP) para extraer los componentes cíclicos y tendenciales de las series, utilizando un parámetro de suavizamiento $\lambda=1600$ para datos trimestrales. Las series tributarias fueron transformadas a valores reales para evaluar el impacto de la gestión de la Administración Tributaria en la recaudación.

La segunda fase de la metodología consistió en la estimación de las elasticidades utilizando Modelos de Corrección de Error (VEC). Estos modelos permitieron capturar la dinámica de corto y largo plazo entre las variables, así como la velocidad de ajuste hacia el equilibrio. Se especificaron dos modelos, uno para el IVA en función del Consumo y otro para el IR en función del PIB.

Previo a la estimación de los modelos VEC, se realizaron análisis adicionales para verificar la existencia de cambios estructurales y la cointegración de las series. Para detectar cambios estructurales, se aplicaron las pruebas CUSUMQ y de Wald, identificando quiebres en las series del IVA e IR que fueron corregidos mediante variables dicotómicas. La cointegración se evaluó mediante pruebas de raíz unitaria de Clemente, Montañés y Reyes, confirmando la existencia de relaciones de equilibrio a largo plazo.

La tercera fase, se construyeron los índices de eficiencia recaudatoria para el IVA y el IR, ajustando la recaudación por el ciclo económico y la aversión al riesgo de los contribuyentes. Para ello, se utilizaron las elasticidades estimadas en los modelos VEC y se extrajeron las tendencias del Consumo y del PIB mediante el filtro HP. Los índices se expresaron en términos relativos al año base 2011 para facilitar su interpretación. Esta relación consideró los efectos ajenos a la recaudación, las fluctuaciones del ciclo económico y la aversión al riesgo de los contribuyentes. Al incorporar estos factores, este

valor buscó reflejar de manera más precisa la eficiencia de la gestión recaudadora de la Administración Tributaria, aislando los aspectos exógenos que pueden influir en la recaudación pero que no son directamente atribuibles a su desempeño.

Es importante destacar que la construcción del indicador de eficiencia recaudatoria se basó en la identificación de los principales impuestos, como el IVA y el IR, así como sus respectivos agregados económicos, como el PIB o el consumo. Además, se consideraron las reformas tributarias que pueden tener un impacto en la recaudación, ya sea de manera directa o indirecta.

En cuanto al proceso de desestacionalización y homologación de las series, se buscó extraer las variaciones de la recaudación que responden tanto a factores estacionales como a las políticas tributarias implementadas. Una vez estimadas las elasticidades, estas se utilizaron como herramientas para capturar la respuesta de la Recaudación Tributaria ante variaciones de carácter económico y para corregir los efectos de la aversión al riesgo presente en los contribuyentes. Después de depurar las series y ajustarlas por estos factores, se procedió a construir los indicadores de eficiencia en la recaudación de impuestos.

El objetivo fue analizar el impacto de la pandemia de COVID-19 en la Recaudación Tributaria en Ecuador. Para lograrlo se desarrolló una metodología específica para la construcción de índices que permitan aislar los efectos exógenos a la Administración Tributaria. Estos índices tuvieron como propósito demostrar el cierre conjunto de las brechas tributarias y se aplicaron de manera directa a los dos impuestos: IVA y el IR como se mencionó anteriormente.

El procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo mediante los softwares estadísticos R y STATA. Se aplicaron técnicas de análisis de series temporales, como la descomposición de componentes, la estimación de modelos VEC y la construcción de

índices. Además, se utilizaron pruebas estadísticas para la detección de cambios estructurales y cointegración, así como para la validación de los supuestos de los modelos. Es decir, la metodología empleada combinó técnicas econométricas avanzadas con un enfoque descriptivo para analizar el impacto de la pandemia COVID-19 en la Recaudación Tributaria del IVA y del IR en Ecuador. La depuración de las series, la estimación de elasticidades y la construcción de índices de eficiencia recaudatoria permitieron obtener resultados robustos y confiables, aislando los efectos exógenos a la gestión de la Administración Tributaria.

Una vez establecida la metodología para la construcción del índice de eficiencia recaudatoria, se procede al examen detallado de los resultados obtenidos para el IVA y el IR. Este análisis permite evaluar el desempeño relativo de ambos tributos en términos de eficiencia recaudatoria y su capacidad de respuesta ante diferentes condiciones económicas.

3. Análisis y discusión de resultados

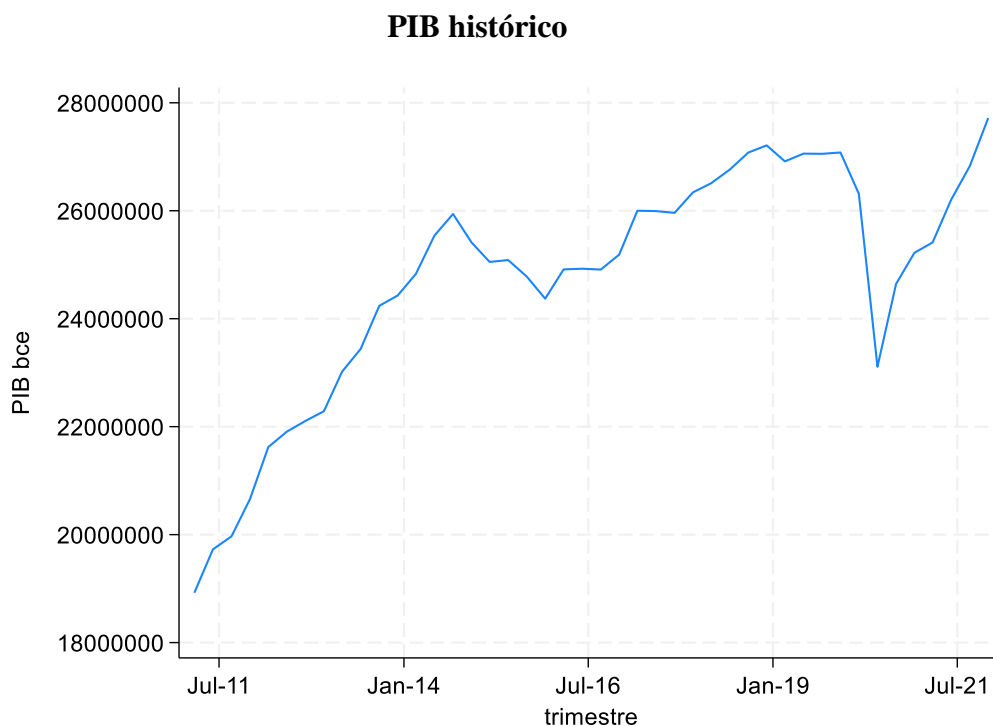


Figura 2. Comportamiento del PIB a lo largo del tiempo. Fuente: Datos recopilados del BCE (2021b). Elaboración propia.

En la Figura 2 del PIB trimestral histórico, se observa una tendencia general de crecimiento a lo largo del tiempo, con algunas fluctuaciones. Se pueden identificar ciertos acontecimientos relevantes:

- Durante el periodo 2011-2014, el PIB muestra un crecimiento sostenido, lo que podría estar relacionado con un entorno económico favorable y los altos precios del petróleo.
- A partir de 2015, se observa una desaceleración en el crecimiento del PIB, que podría atribuirse a la caída de los precios del petróleo y otros factores económicos adversos. Según el Banco Central del Ecuador, el precio promedio del barril de petróleo ecuatoriano disminuyó de \$84.16 en 2014 a \$41.88 en 2015, lo que representó una reducción del 50.2% (BCE 2021b).
- Dado que el petróleo es uno de los principales productos de exportación y fuente de ingresos para el país, esta caída en los precios tuvo un impacto significativo en la economía nacional. Además de la caída en los precios del petróleo, otros factores económicos adversos contribuyeron a la

desaceleración del crecimiento del PIB en 2015. Entre ellos se encuentran la apreciación del dólar estadounidense, que restó competitividad a las exportaciones ecuatorianas, y la ralentización económica de algunos de los principales socios comerciales de Ecuador, como China y la Unión Europea (CEPAL 2016). Estos factores, sumados a la dependencia de la economía ecuatoriana en la exportación de productos primarios y la limitada diversificación productiva, hicieron que el país fuera vulnerable a los choques externos y contribuyeron a la desaceleración del crecimiento económico observada a partir de 2015.

En 2020, se aprecia una caída significativa del PIB, coincidiendo con el inicio de la pandemia de COVID-19 y las medidas de confinamiento implementadas para contener la propagación del virus. Estas medidas incluyeron la suspensión de actividades no esenciales, restricciones a la movilidad y cierre de fronteras, lo que afectó gravemente la actividad económica del país. Según el Banco Central del Ecuador, las principales medidas que afectaron al PIB fueron (BCE 2021b).

- Cierre de fronteras y restricciones a la movilidad: Estas medidas limitaron el flujo de bienes y servicios, así como el turismo, impactando negativamente en sectores como el comercio, transporte y hostelería.
- Suspensión de actividades no esenciales: La paralización de actividades en sectores como la construcción, manufactura y servicios no esenciales redujo la producción y el consumo interno.
- Disrupción de las cadenas de suministro: Las restricciones a nivel nacional e internacional generaron problemas en las cadenas de suministro, afectando la producción y distribución de bienes.
- Caída en la demanda externa: La recesión global provocada por la pandemia redujo la demanda de productos ecuatorianos en el mercado internacional, especialmente de productos primarios como el petróleo.

Hacia finales de 2020 y principios de 2021, se observa una recuperación gradual del PIB, a medida que se flexibilizaron las restricciones y se reactivaron diversos sectores económicos.

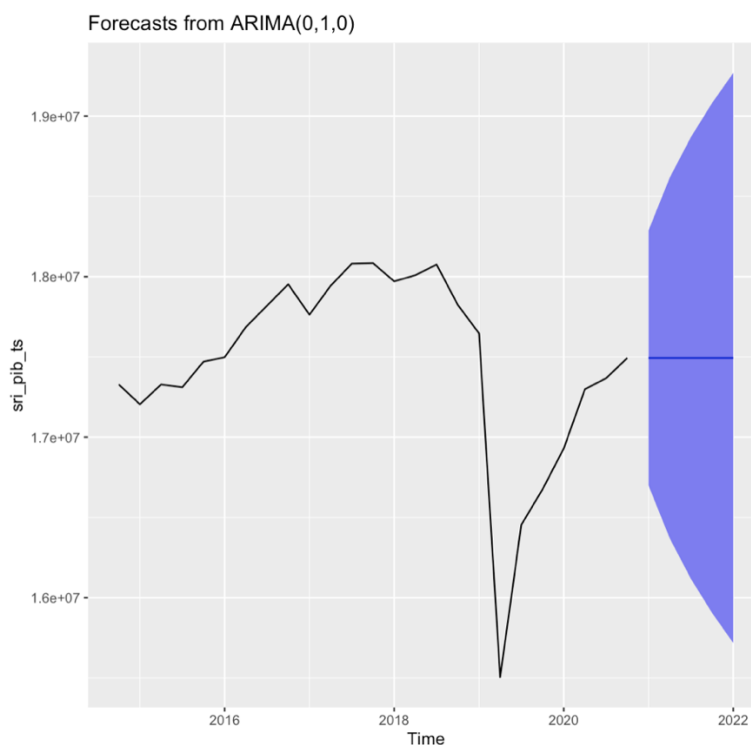


Figura 3. PIB modelo, predicciones obtenidas. Fuente y Elaboración propia.

El análisis del modelo ARIMA (0,1,0) (Anexo 4 pág. 97) ajustado al PIB trimestral revela que la serie sigue un proceso de caminata aleatoria, donde el mejor pronóstico para el próximo valor es simplemente el valor actual más un cambio aleatorio. Este modelo simple fue seleccionado como óptimo por la función `auto.arima()`. La varianza estimada de los residuos (σ^2) es $1.642e+11$, lo que indica la variabilidad no explicada por el modelo. El log likelihood de -616.23 mide la probabilidad logarítmica de los datos dado el modelo, mientras que los criterios de información AIC (1234.47), AIC (1234.56) y BIC (1236.23) son medidas de calidad relativa del modelo.

El modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) es una herramienta utilizada para analizar y predecir series de tiempo. Su construcción implica la identificación de tres componentes principales: la parte autorregresiva (AR), la parte de diferenciación (I) y la parte de media móvil (MA). El modelo ARIMA (0,1,0) indica que no hay términos autorregresivos (0), se aplica una diferenciación de primer orden (1) para hacer la serie estacionaria, y no hay términos de media móvil (0). En este caso, el

objetivo de construir el modelo ARIMA es analizar el comportamiento del PIB trimestral y realizar pronósticos a corto plazo. La función `auto.arima()` de R se utilizó para seleccionar automáticamente el mejor modelo ARIMA basado en los criterios de información AIC, AICc y BIC. Estos criterios evalúan la calidad relativa del modelo considerando su ajuste a los datos y su complejidad, donde valores más bajos indican un mejor modelo.

Una vez seleccionado el modelo óptimo, se pueden analizar sus propiedades. La varianza estimada de los residuos (σ^2) indica la magnitud de la variabilidad no explicada por el modelo, es decir, cuánto se desvían las observaciones reales de las predicciones del modelo. El log likelihood es una medida de cuán probable es observar los datos dado el modelo, donde valores más altos indican un mejor ajuste. Además de analizar las propiedades del modelo, se pueden realizar pronósticos a corto plazo utilizando la función `forecast()` de R. Estos pronósticos se basan en el modelo ARIMA (0,1,0) ajustado y proporcionan una estimación de los valores futuros del PIB trimestral junto con intervalos de confianza.

El análisis de los residuos del modelo utilizando la prueba de Box-Ljung indica que no hay evidencia de autocorrelación residual significativa. Se realizaron pruebas para diferentes rezagos (1, 5, 10 y 24) tanto en los residuos como en los residuos al cuadrado. En todos los casos, los valores p son muy superiores al nivel de significancia usual de 0.05, lo que sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación. Además, la función de autocorrelación (ACF) de los residuos al cuadrado no muestra ningún coeficiente significativo, ya que todos los valores t-student están dentro del rango $[-1.96, 1.96]$ y las probabilidades son superiores a 0.05. Estos resultados indican que el modelo ARIMA captura adecuadamente la estructura de

dependencia en la serie y que los residuos se comportan como ruido blanco, lo cual es deseable en un modelo bien ajustado.

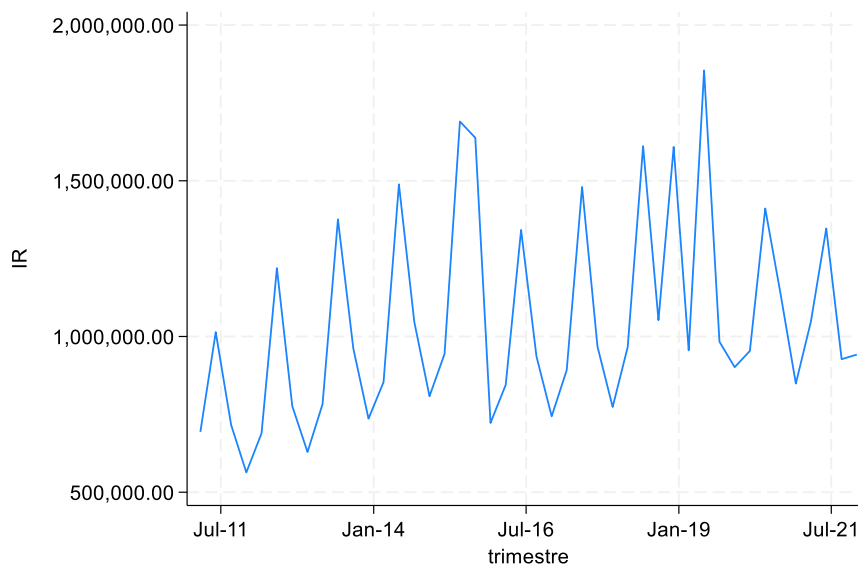


Figura 4. IR trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE (2021b). Elaboración propia.

En la Figura 4 del Impuesto a la Renta (IR) trimestral histórico, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Se observa una tendencia creciente en la recaudación del IR a lo largo del tiempo, con algunas fluctuaciones.
- En ciertos trimestres, se aprecian picos de recaudación, que podrían estar asociados a los plazos de declaración y pago del impuesto.
- Durante el periodo 2011-2014, la recaudación del IR muestra un crecimiento notable, en línea con el desempeño positivo de la economía.
- A partir de 2015, se observa una desaceleración en el crecimiento de la recaudación, coincidiendo con la ralentización económica.
- En 2020, se aprecia una caída en la recaudación del IR, especialmente en el segundo trimestre, debido al impacto de la pandemia en la actividad económica y la capacidad contributiva de los agentes económicos.

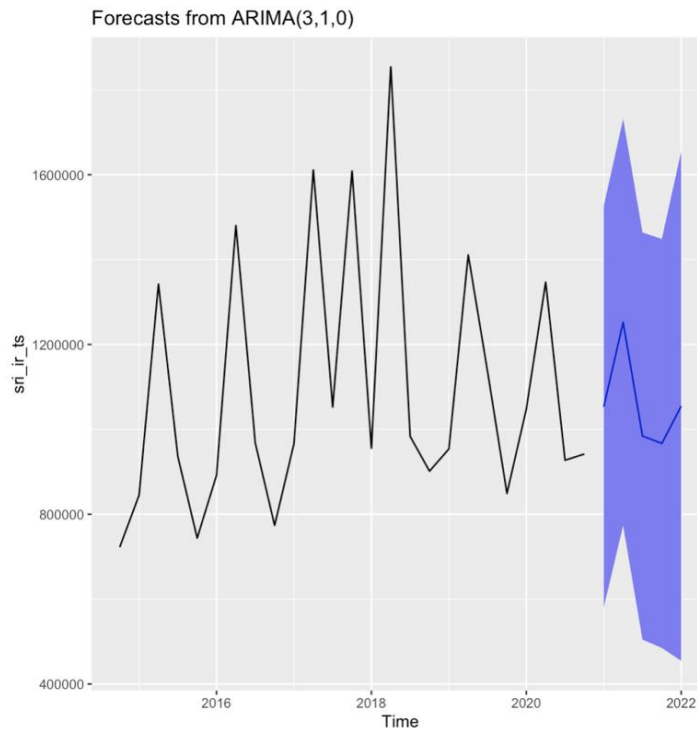


Figura 5. IR trimestral modelo obtenido. Fuente y Elaboración propia.

El análisis del modelo ARIMA (2,1,2) con deriva ajustado al Impuesto a la Renta trimestral indica que la serie presenta una estructura autorregresiva estacional de orden 2 con una diferenciación regular. Los coeficientes estimados para los términos autorregresivos estacionales son -0.5505 (sar1) y -0.2585 (sar2), ambos estadísticamente significativos según sus errores estándar (0.0886 y 0.0873, respectivamente). El término de deriva (drift) es 867.8128, lo que sugiere una tendencia creciente en la serie. La varianza estimada de los residuos (σ^2) es $1.654e+10$, mientras que el log-likelihood es -1582.61 . Los criterios de información AIC (3173.21), AIC (3173.56) y BIC (3184.36) se utilizan para evaluar la bondad de ajuste y la complejidad del modelo.

Las pruebas de Box-Ljung aplicadas a los residuos para los rezagos 1, 5 y 10 no muestran evidencia de autocorrelación residual significativa, ya que los valores p son superiores a 0.05. Sin embargo, para el rezago 24, el valor p es muy pequeño ($< 2.2e-16$), lo que indica la presencia de autocorrelación residual. De manera similar, las pruebas de

Box-Ljung aplicadas a los residuos al cuadrado no muestran evidencia de heterocedasticidad condicional para los rezagos 1, 5 y 10, pero sí para el rezago 24 (valor $p = 1.71e-14$). Estos resultados sugieren que, aunque el modelo captura gran parte de la estructura de dependencia en la serie, aún podría haber espacio para mejoras, especialmente en la modelización de la varianza condicional los residuos.

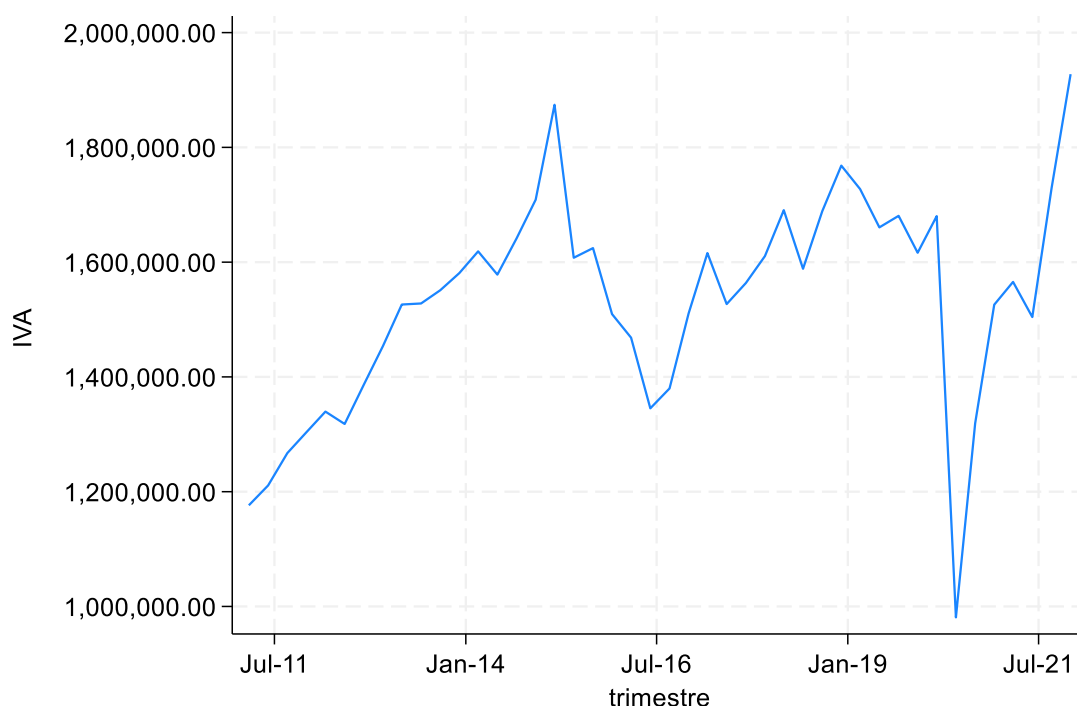


Figura 6. IVA trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE (2021b). Elaboración propia.

En la gráfica del Impuesto al Valor Agregado (IVA) trimestral histórico, se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- La recaudación del IVA muestra una tendencia creciente a lo largo del periodo analizado, con algunas fluctuaciones.
- Se observan picos de recaudación en ciertos trimestres, que podrían estar asociados a factores estacionales como el consumo durante festividades o temporadas específicas.

- El crecimiento de la recaudación del IVA es notable hasta 2014, en línea con el desempeño económico favorable.
- A partir de 2015, se aprecia una desaceleración en el crecimiento de la recaudación, coincidiendo con la ralentización económica.
- En 2020, se observa una caída significativa en la recaudación del IVA, especialmente en el segundo trimestre, debido al impacto de la pandemia en el consumo y la actividad económica.

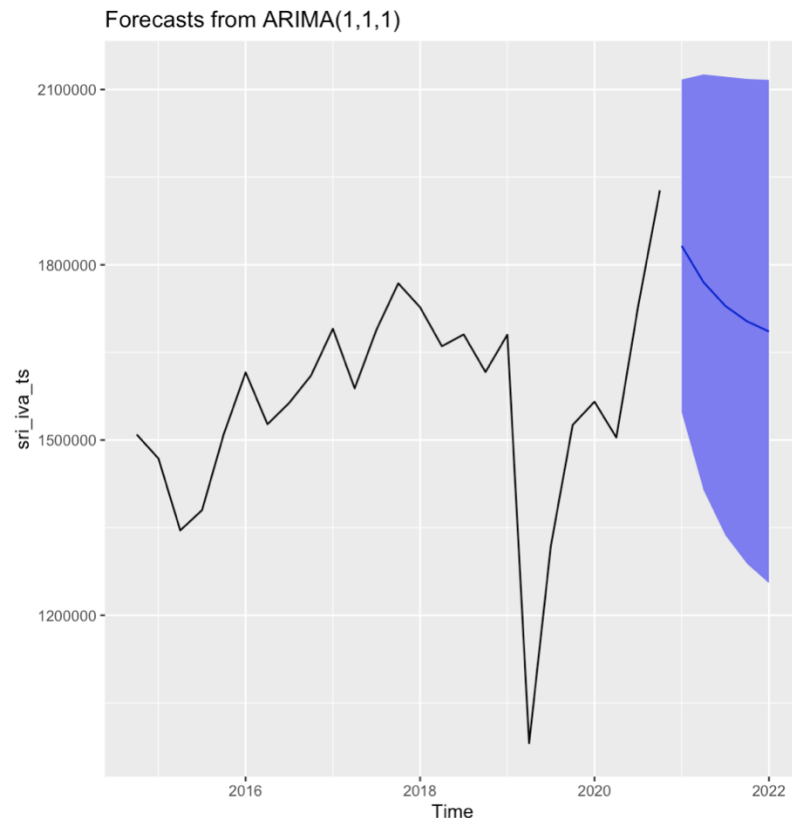


Figura 7. IVA obtenido. Modelo de predicciones Fuente y Elaboración propia.

El análisis del modelo ARIMA (1,1,1) ajustado al IVA trimestral indica que la serie sigue un proceso de caminata aleatoria, donde la mejor predicción para el próximo valor es simplemente el valor actual más un cambio aleatorio. Este modelo simple fue seleccionado como óptimo por la función `auto.arima()`. La varianza estimada de los residuos (σ^2) es $2.311e+10$, lo que representa la variabilidad no explicada por el modelo. El log-likelihood es -574.08 y el criterio de información de Akaike (AIC) es 1150.16. Además, se presentan varias medidas de error para el conjunto de entrenamiento,

como el error medio (ME), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), el porcentaje de error medio (MPE), el porcentaje de error absoluto medio (MAPE), el error escalado absoluto medio (MASE) y la autocorrelación de primer orden de los residuos (ACF1).

Las pruebas de Box-Ljung aplicadas a los residuos para los rezagos 1, 5, 10 y 24 no muestran evidencia de autocorrelación residual significativa, ya que todos los valores p son superiores al nivel de significancia usual de 0.05. Esto sugiere que el modelo ARIMA (0,1,0) captura adecuadamente la estructura de dependencia en la serie y que los residuos se comportan como ruido blanco, lo cual es deseable en un modelo bien ajustado. Las pruebas de Box-Ljung aplicadas a los residuos al cuadrado para los rezagos 1, 5, 10 y 24 tampoco muestran evidencia de heterocedasticidad condicional, ya que todos los valores p son muy superiores a 0.05.

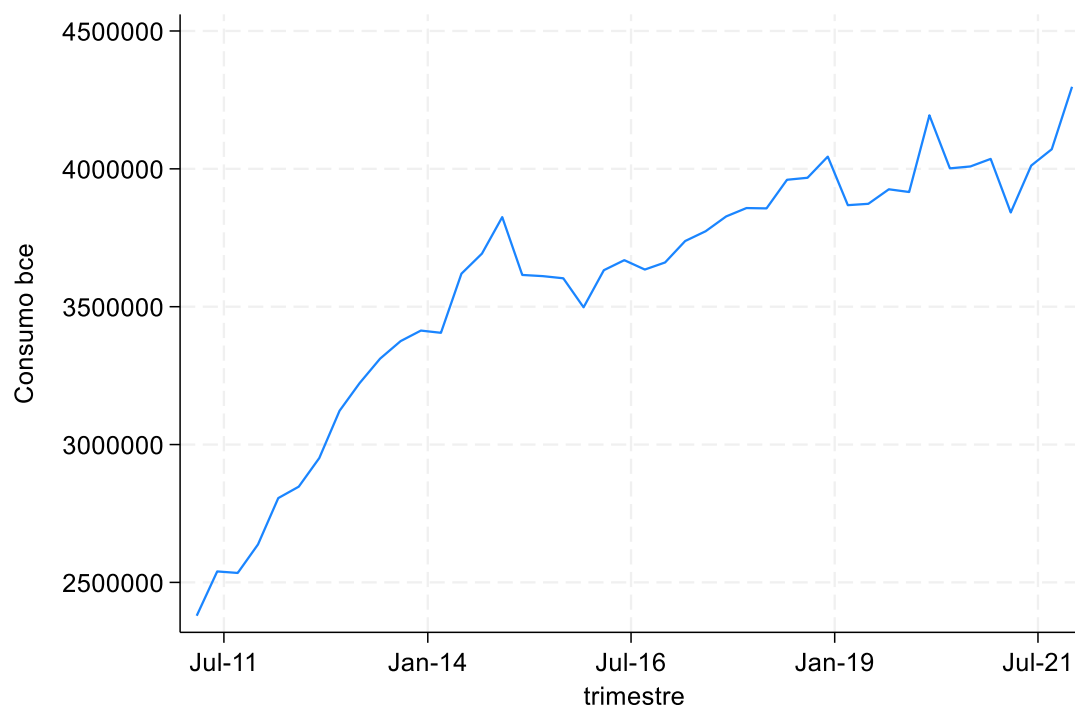


Figura 8. Consumo trimestral histórico. Fuente: Datos recopilados del BCE (2021b). Elaboración propia.

En la figura 8 del consumo trimestral histórico, se pueden destacar los siguientes puntos:

- El consumo muestra una tendencia creciente a lo largo del periodo analizado, con algunas fluctuaciones.
- Durante el periodo 2011-2014, el consumo presenta un crecimiento sostenido, en línea con el desempeño económico favorable.
- A partir de 2015, se observa una desaceleración en el crecimiento del consumo, coincidiendo con la ralentización económica.
- En 2020, se aprecia una caída significativa del consumo, especialmente en el segundo trimestre, debido al impacto de la pandemia y las medidas de confinamiento que afectaron la capacidad de gasto de los hogares.

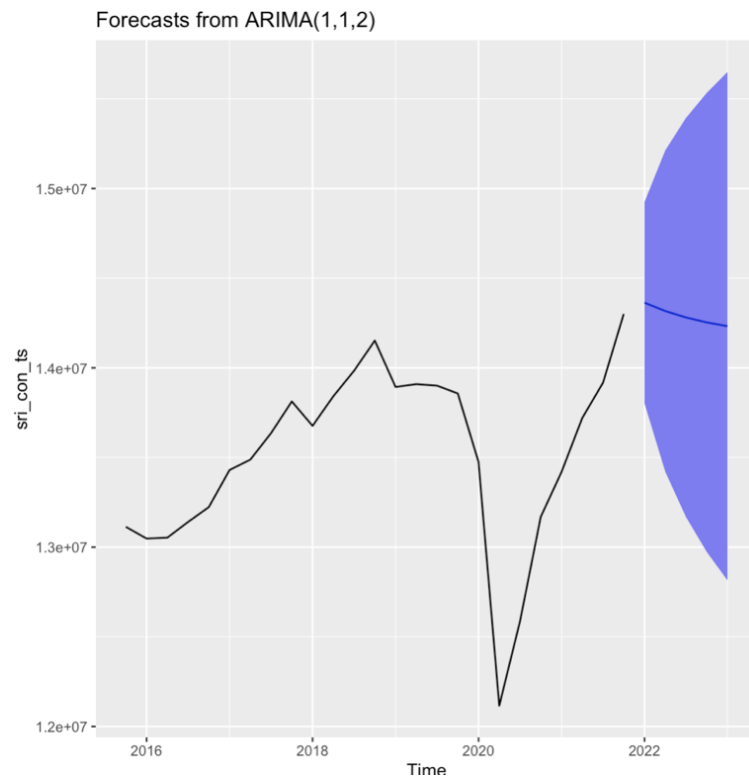


Figura 9. Consumo trimestral modelo obtenido. Fuente y Elaboración propia.

El análisis del modelo ARIMA (1,1,2) ajustado al consumo trimestral indica que la serie sigue un proceso de caminata aleatoria, donde la mejor predicción para el próximo valor es simplemente el valor actual más un cambio aleatorio. Este modelo simple fue seleccionado como óptimo por la función `auto.arima()`. La varianza estimada de los

residuos (σ^2) es $8.793e+10$, lo que representa la variabilidad no explicada por el modelo. El log-likelihood es -602.81 y el criterio de información de Akaike (AIC) es 1207.62. Además, se presentan varias medidas de error para el conjunto de entrenamiento, como el error medio (ME), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), el porcentaje de error medio (MPE), el porcentaje de error absoluto medio (MAPE), el error escalado absoluto medio (MASE) y la autocorrelación de primer orden de los residuos (ACF1).

Las pruebas de Box-Ljung aplicadas a los residuos para los rezagos 1, 5, 10 y 24 no muestran evidencia de autocorrelación residual significativa, ya que todos los valores p son superiores al nivel de significancia usual de 0.05. Esto sugiere que el modelo ARIMA (0,1,0) captura adecuadamente la estructura de dependencia en la serie y que los residuos se comportan como ruido blanco, lo cual es deseable en un modelo bien ajustado. Las pruebas de Box-Ljung aplicadas a los residuos al cuadrado para los rezagos 1, 5, 10 y 24 tampoco muestran evidencia de heterocedasticidad condicional, ya que todos los valores p son muy superiores a 0.05.

Tabla 1
Análisis de escenarios antes y después de la pandemia

	Pre-pandemia	Durante la pandemia
PIB		
Promedio	17.142.588	16.921.285
Mínimo	14.790.364	15.504.941
Máximo	18.083.933	17.647.247
Consumo		
Promedio	13.128.108	13.338.198
Mínimo	11.501.783	12.116.127
Máximo	14.152.267	14.300.942
IR		
Promedio	1.035.158	1.076.638

Mínimo	53.560	848.948
Máximo	1.854.102	1.411.106
IVA		
Promedio	1.534.687	1.529.072
Mínimo	1.176.290	980.985
Máximo	1.874.275	1.927.590

Fuente: BCE (2011-2021)
Elaboración propia

El análisis del comportamiento de las variables económicas clave, como el Producto Interno Bruto (PIB), el consumo, el Impuesto a la Renta (IR) y el Impuesto al Valor Agregado (IVA), durante los periodos pre-pandemia y durante la pandemia de COVID-19, arroja luz sobre el impacto de la crisis sanitaria en la economía ecuatoriana. En cuanto al PIB, se observa una disminución en el promedio durante el periodo de la pandemia en comparación con el periodo pre-pandemia. El promedio del PIB antes de la pandemia era de 17,142,588, mientras que durante la pandemia se redujo a 16,921,285. Esta disminución puede atribuirse a la desaceleración económica provocada por las medidas de confinamiento, la interrupción de las actividades productivas y la incertidumbre generada por la crisis sanitaria. Sin embargo, es importante destacar que el valor mínimo del PIB durante la pandemia (15,504,941) es mayor que el valor mínimo antes de la pandemia (14,790,364), lo que sugiere que la economía ecuatoriana ha mostrado cierta resiliencia a pesar de los desafíos enfrentados.

Por otro lado, el consumo promedio mostró un ligero aumento durante la pandemia en comparación con el periodo pre-pandemia. El promedio del consumo antes de la pandemia era de 13,128,108, mientras que durante la pandemia se incrementó a 13,338,198. Este aumento puede parecer contraintuitivo dado el contexto de la crisis, pero podría explicarse por diversos factores. Por ejemplo, las medidas de apoyo económico implementadas por el gobierno, como los subsidios y las transferencias directas a los

hogares, pueden haber contribuido a sostener el consumo. Además, los cambios en los patrones de consumo, como el aumento de las compras en línea y la demanda de bienes esenciales, también pueden haber influido en este resultado.

En cuanto al IR, se observa un aumento en el promedio durante la pandemia en comparación con el periodo pre-pandemia. El promedio del IR antes de la pandemia era de 1,035,158, mientras que durante la pandemia se incrementó a 1,076,638. Este aumento puede atribuirse a diversos factores, como los cambios en la estructura tributaria, la implementación de medidas para aumentar la recaudación y la formalización de ciertos sectores económicos. Sin embargo, es importante señalar que el valor máximo del IR durante la pandemia (1,411,016) es menor que el valor máximo antes de la pandemia (1,854,102), lo que sugiere que la crisis sanitaria puede haber afectado la capacidad de recaudación en los niveles más altos de ingresos.

Con respecto al IVA, se observa una ligera disminución en el promedio durante la pandemia en comparación con el periodo pre-pandemia. El promedio del IVA antes de la pandemia era de 1,534,687, mientras que durante la pandemia se redujo a 1,529,072. Esta disminución puede estar relacionada con la contracción del consumo y la actividad económica durante la crisis sanitaria. Sin embargo, es interesante notar que el valor máximo del IVA durante la pandemia (1,927,590) es mayor que el valor máximo antes de la pandemia (1,874,275), lo que sugiere que en ciertos momentos la recaudación del IVA pudo haber experimentado picos a pesar de las dificultades económicas.

Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en un análisis descriptivo y que para obtener conclusiones más sólidas sería necesario realizar un análisis más profundo que considere otros factores y variables relevantes. Además, el impacto de la pandemia en la economía ecuatoriana puede tener efectos a largo plazo que aún no se reflejan completamente en los datos disponibles.

A partir de este análisis, se pueden derivar algunas implicaciones y recomendaciones para la política económica y tributaria en Ecuador. En primer lugar, es fundamental mantener y fortalecer las medidas de apoyo a los hogares y las empresas más vulnerables, con el fin de sostener el consumo y la actividad económica durante la recuperación post-pandemia. Esto puede incluir programas de transferencias directas, subsidios específicos y medidas para facilitar el acceso al crédito.

En segundo lugar, es necesario revisar y ajustar la política tributaria para garantizar una recaudación adecuada y equitativa, al tiempo que se promueve la reactivación económica. Esto puede implicar la revisión de las tasas impositivas, la ampliación de la base tributaria, la simplificación de los trámites y la lucha contra la evasión y elusión fiscal. Además, se pueden considerar incentivos tributarios temporales para sectores estratégicos o actividades que impulsen la generación de empleo y la inversión.

En tercer lugar, es crucial fortalecer la transparencia y la eficiencia en el gasto público, asegurando que los recursos recaudados se destinen a programas y proyectos que tengan un impacto positivo en la economía y el bienestar de la población. Esto implica mejorar los mecanismos de control y rendición de cuentas, así como promover la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Por último, es importante mantener un enfoque flexible y adaptativo en la política económica y tributaria, considerando la evolución de la pandemia y sus efectos en diferentes sectores y regiones del país. Esto requiere un monitoreo constante de los indicadores económicos y sociales, así como la capacidad de ajustar las medidas y estrategias en función de los cambios en el contexto.

El análisis del comportamiento del PIB, el consumo, el IR y el IVA durante los periodos pre-pandemia y durante la pandemia en Ecuador, brinda una visión general del

impacto de la crisis sanitaria en la economía del país. Si bien se observan algunas señales de resiliencia, como el aumento en el consumo promedio y el valor máximo del IVA durante la pandemia, también se evidencian desafíos, como la disminución en el promedio del PIB y la reducción en el valor máximo del IR. Estos resultados resaltan la necesidad de implementar políticas económicas y tributarias efectivas, que promuevan la reactivación económica, la recaudación equitativa y el bienestar de la población en el contexto post-pandemia. Solo a través de un enfoque integral, transparente y adaptativo, Ecuador podrá enfrentar los desafíos económicos derivados de la crisis sanitaria y sentar las bases para un crecimiento sostenible e inclusivo en el futuro.

Metodología análisis del índice de eficiencia en la recaudación del IVA e IR

El siguiente análisis se pretende identificar la existencia de relaciones de largo plazo entre la recaudación de total del IVA y el consumo de los hogares, adicionalmente se pretende encontrar la relación de largo plazo entre la recaudación total del IR, para ello se estiman los siguientes modelos:

$$\ln(IVA_t) = \alpha_{IVA} + \beta_{IVA} \ln(C_t) + \varepsilon_{IVA,t}$$

$$\ln(IR_t) = \alpha_{IR} + \beta_{IR} \ln(PIB_t) + \varepsilon_{IR,t}$$

La metodología propuesta por Jiménez y Podestá (2021) para el análisis de elasticidades tributarias en América Latina, donde:

Donde:

$\ln(IVA_t)$: Logaritmo de la recaudación del IVA

$\ln(C_t)$: Logaritmo del Consumo de los hogares

$\ln(IR_t)$: Logaritmo de la recaudación del IR

$\ln(PIB_t)$: Logaritmo del PIB

Para comprobar que las perturbaciones de largo plazo se diluyen en el tiempo se estimó los modelos de corrección por el error, para cada caso en particular se tienen las siguientes especificaciones:

$$\Delta \ln(IVA_t) = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(C_t) + \gamma_{IVA} \varepsilon_{IVA,t-1} + \varepsilon_{IVA}$$

$$\Delta \ln(IR_t) = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(PIB_t) + \gamma_{IR} \varepsilon_{IR,t-1} + \varepsilon_{IR}$$

Estos modelos de corrección de error siguen la especificación estándar de Engle y Granger (1987) y la metodología aplicada por el FMI (2022) para economías emergentes.

Los anteriores modelos dan razón de relaciones de corto plazo entre las variables de interés, esto porque se analizan las relaciones entre las variables en diferencias, es decir estamos midiendo el cambio instantáneo de las variables de interés ante variaciones de los cambios instantáneos de las variables explicativas, adicionalmente se incluye la influencia de los errores de largo plazo en cada ecuación.

Analizando más detenidamente las expresiones anteriores se tiene que $\varepsilon_{IVA,t-1} = \ln(IVA_{t-1}) - \alpha_{IVA} - \beta_{IVA} \ln(C_{t-1})$ y que $\varepsilon_{IR,t-1} = \ln(IR_t) - \alpha_{IR} - \beta_{IR} \ln(PIB_t)$.

El ajuste por ciclo económico se basa en la metodología de Ramírez y Carrillo-Maldonado (2018) para Ecuador, utilizando el filtro Hodrick-Prescott con $\lambda=1600$ para series trimestrales.

Por lo que se concluye que el coeficiente γ_{IVA} y el coeficiente γ_{IR} son en realidad un indicador de cómo se comporta la relación de corto plazo con respecto a perturbaciones de largo plazo. Si existe una relación real entre las variables, entonces las perturbaciones de corto plazo deben diluirse con el tiempo, luego los coeficientes γ_{IR} y γ_{IVA} deben estar entre 0 y 1 en valor absoluto.

Como el último objetivo de este documento es analizar un índice de eficiencia tributaria para el Ecuador, procedemos al cálculo del mencionado índice.

Procedimiento para la obtención de los Indicadores de Eficiencia

El siguiente proceso a seguir es ajustar la recaudación del IVA y del IR por el ciclo para ello se emplean las elasticidades estimadas. Por lo que, la evolución del ciclo económico como la de la aversión al riesgo presentan una relación procíclica con las series de recaudación de impuestos y siguiendo la metodología propuesta por el FMI, OGDE y DGI, se procede a extraer sus efectos de dichas series, las elasticidades

estimadas, son utilizadas para ajustar la recaudación por el ciclo económico, y limpiar los efectos de la aversión al riesgo, que tienen los contribuyentes en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias. (Meía Borja y Ramírez Álvarez 2020, 02).

Para el cálculo del mismo se procede con el ajuste de las variables de recaudación para que los mismos no se encuentre influenciados por el efecto del ciclo económico (pues en épocas de crisis existe incentivos a tributar menos y en épocas de auge existe incentivos a tributar más). Con este objetivo, los mecanismos de ajuste son los siguientes.

$$IVA_t^A = IVA_t \left[1 - \beta_{IVA} \left(\frac{C_t - C_t^T}{C_t^T} \right) \right]$$

$$IR_t^A = IR_t \left[1 - \beta_{IR} \left(\frac{PIB_t - PIB_t^T}{PIB_t^T} \right) \right]$$

Las series del IVA y del IR ajustadas por ciclo corrigen los efectos del ciclo económico y de la aversión al riesgo. Si las elasticidades $\beta_{IVA,+}$ y β_{IR} son positivas (negativas), la recaudación ajustada es castigada (compensada) ante cualquier incremento (decremento) de la base imponible con respecto a su tendencia.

Es decir, la estimación del impacto de la gestión recaudadora de la Administración Tributaria (AT) es castigada en periodos de auge y compensada en periodos de recesión. También, la recaudación ajustada corrige los efectos de la aversión al riesgo (concepto clave en la toma de decisiones), ya que castiga a la recaudación en épocas de expansión debido al aumento de dicha aversión, mientras que la compensa en épocas de recesión debido a la disminución de la aversión. (Meía Borja y Ramírez Álvarez 2020, 02)

Donde x_t es la variable sometida al filtro y τ_t es la tendencia de dicha variable, con $\lambda = 1600$ para series de frecuencia trimestral, siguiendo Hodrick y Prescott (1997).

Estas ecuaciones de ajuste por ciclo económico siguen la metodología desarrollada por Ramírez y Carrillo-Maldonado (2018) para el cálculo de índices de eficiencia recaudatoria en Ecuador, donde las elasticidades β_{IVA} y β_{IR} corresponden

a las elasticidades de largo plazo estimadas mediante modelos VEC. El ajuste permite aislar los efectos del ciclo económico en la recaudación, siguiendo las recomendaciones metodológicas del FMI (2022) para economías emergentes expuestas a choques externos.

Donde:

IVA_t^A : Ajuste de la recaudación del IVA por el ciclo económico.

IR_t^A : Ajuste de la recaudación del IR por el ciclo económico.

IVA_t : Recaudación del Iva en el periodo t .

IR_t : Recaudación del IR en el periodo t .

β_{IVA} : Elasticidad de largo plazo entre la recaudación del IVA y el consumo.

β_{IR} : Elasticidad de largo plazo entre la recaudación del IR y el PIB.

C_t : Consumo en el periodo t .

PIB_t : PIB en el periodo t .

C_t^T : Tendencia del Consumo en el periodo t .

PIB_t^T : Tendencia del PIB en el periodo t .

Para extraer la tendencia de la serie del Consumo y del PIB se utilizó el filtro de Hodrick-Prescott, el filtro consiste en solucionar el siguiente problema de minimización:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^T (x_t - \tau_t)^2 - \lambda (\Delta^2 \tau_t)^2 \right\}$$

Donde x_t , es la variable sometida al filtro y τ_t es la tendencia de dicha variable.

Con un valor de $\lambda = 1600$, parámetro que toma dicho valor en series de frecuencia trimestral, siguiendo la especificación original de Hodrick y Prescott (1997). Esta parametrización es estándar en la literatura econométrica y ha sido validada por el FMI (2022) para el análisis de ciclos económicos en economías emergentes.

Donde los indicadores de eficiencia para la recaudación del IVA y para la recaudación del IR son respectivamente:

$$IE_t^{IVA} = \left(\frac{\left(\frac{IVA_t^A}{C_t^A} \right)}{\left(\frac{IVA_{2011}^A}{C_{2011}^A} \right)} \right) * 100$$

$$IE_t^{IR} = \left(\frac{\left(\frac{IR_t^A}{PIB_t^A} \right)}{\left(\frac{IR_{2011}^A}{PIB_{2011}^A} \right)} \right) * 100$$

Los índices de eficiencia recaudatoria se construyen siguiendo la metodología desarrollada por Ramírez y Carrillo-Maldonado (2018), así como la metodología utilizada en el artículo de la revista del Centro de Estudios Fiscales del Servicio de Rentas Internas, documento que lleva por título: “Indicador de eficiencia en la recaudación del impuesto al valor agregado y del impuesto a la renta 2000-2019” (Meía Borja y Ramírez Álvarez 2020, 02) para Ecuador, expresados en términos relativos al año base 2011 para facilitar su interpretación. Esta relación considera los efectos ajenos a la recaudación, las fluctuaciones del ciclo económico y la aversión al riesgo de los contribuyentes. Al incorporar estos factores, este valor busca reflejar de manera más precisa la eficiencia de la gestión recaudadora de la Administración Tributaria, aislando los aspectos exógenos que pueden influir en la recaudación pero que no son directamente atribuibles a su desempeño, metodología que ha sido adoptada por Jiménez y Podestá (2021) en su análisis regional.

Los resultados de las mencionadas regresiones se encuentran a continuación:

Tabla 2
Resultados de las Regresiones

	Coefficiente	p-valor
α_{IVA}	6.3559	0.000427
β_{IVA}	0.5222	0.000024
	Coefficiente	p-valor
α_{IR}	-8.5060	0.26389

β_{IR}	1.3114	0.00489
--------------	--------	---------

Fuente y Elaboración propia

Como las variables se encuentran en logaritmos el valor de β_{IVA} es la elasticidad de largo plazo de la recaudación del IVA con respecto al consumo, de la misma manera el termino β_{IR} hace alusión a la elasticidad de largo plazo entre la recaudación del IR y el PIB. En otras palabras, por cada unidad porcentual que aumente el consumo, la recaudación del IVA aumentará en 6,36%, por otra parte, el aumento del PIB en una unidad porcentual implica un incremento del 1.31% en la recaudación del IR. Si se analiza la significancia de los coeficientes de los modelos se observa que en el primer modelo tanto como intercepto como elasticidad son estadísticamente distintos de cero, mientras que para el segundo modelo el intercepto es insignificante, mas no así la elasticidad de largo plazo.

Los modelos de largo plazo no explican cómo se comportan las relaciones de corto plazo ante las perturbaciones que existen en los primeros modelos es por ello que se estimaron los denominados modelos de corrección por el error. Los resultados de los modelos de corrección por el error se especifican en la Tabla 3.

Tabla 3
Modelo de corrección de error

	Coficiente	p-valor
β_{IVA0}	-0.00412	0.796954
β_{IVA1}	1.01004	0.043873
γ_{IVA}	-0,54161	0.000456
	Coficiente	p-valor
β_{IR0}	0.01598	0.71500
β_{IR1}	-0.4098	0.78200
γ_{IR}	-1.05840	0.00000

Fuente y elaboración propia

Se observa que el mecanismo de corrección de los errores es estadísticamente distinto de cero en ambos modelos y que, para el caso de la primera ecuación, se tiene que los efectos de las perturbaciones de largo plazo desaparecen con el paso del tiempo, esta conclusión se obtiene dado que el coeficiente γ_{IVA} se encuentra entre -1 y 1, sin embargo, el coeficiente γ_{IR} es mayor a 1 en valor absoluto, es decir que las perturbaciones de largo plazo no se corrigen con el tiempo, por lo cual se concluye que las variables del PIB y la recaudación del IR no tienen tendencias comunes, se debe tener especial cuidado con este resultado ya que puede cambiar al considerar un mayor número de observaciones después de todo el interés son las relaciones a largo plazo.

Finalmente se procede a graficar los indicadores de eficiencia de la recaudación de los impuestos IVA e IR. Donde para fines de comparación se estandarizan los valores de los índices al primer trimestre del 2011. Para el caso del indicador de eficiencia del IVA se observa que:

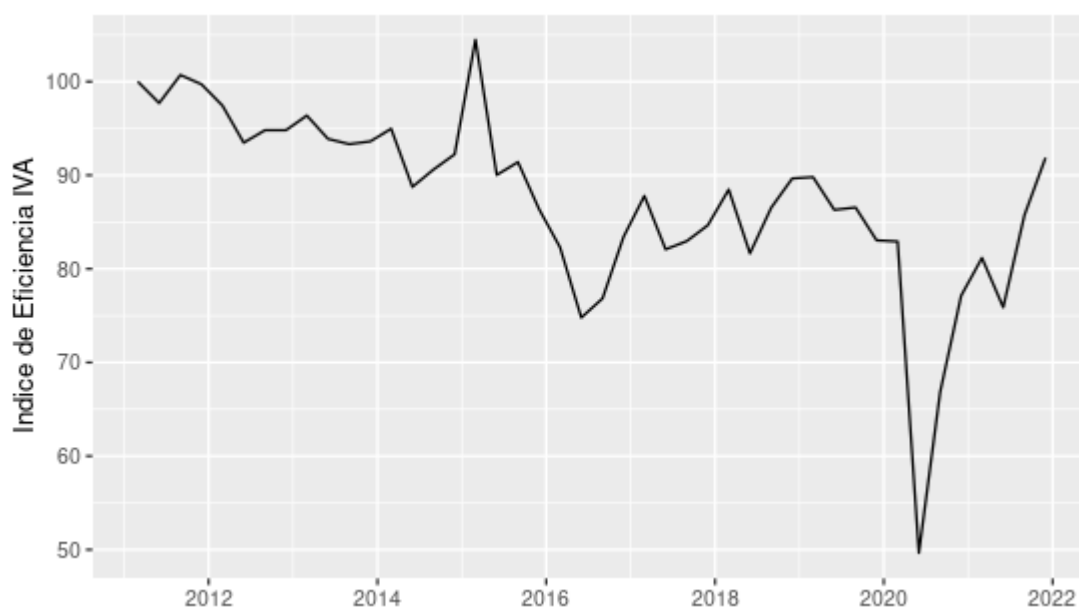


Figura 10 Índice de Eficiencia del IVA. Fuente y Elaboración propia.

En general existe una tendencia a la caída de la recaudación lo cual refleja una disminución en la eficiencia de la recaudación del IVA los hechos más interesantes suceden en los años de 2014 y 2015 con la recuperación de los precios del petróleo también se observa una gran caída en el 2020 producto de la crisis sanitaria COVID-19, luego de ello se tiene una recuperación en el índice de recaudación del IVA, aunque para 2022 no se alcanza los niveles del 2011.

Por otra parte, cuando se analizó el índice de eficiencia recaudatoria del IR se observa que:

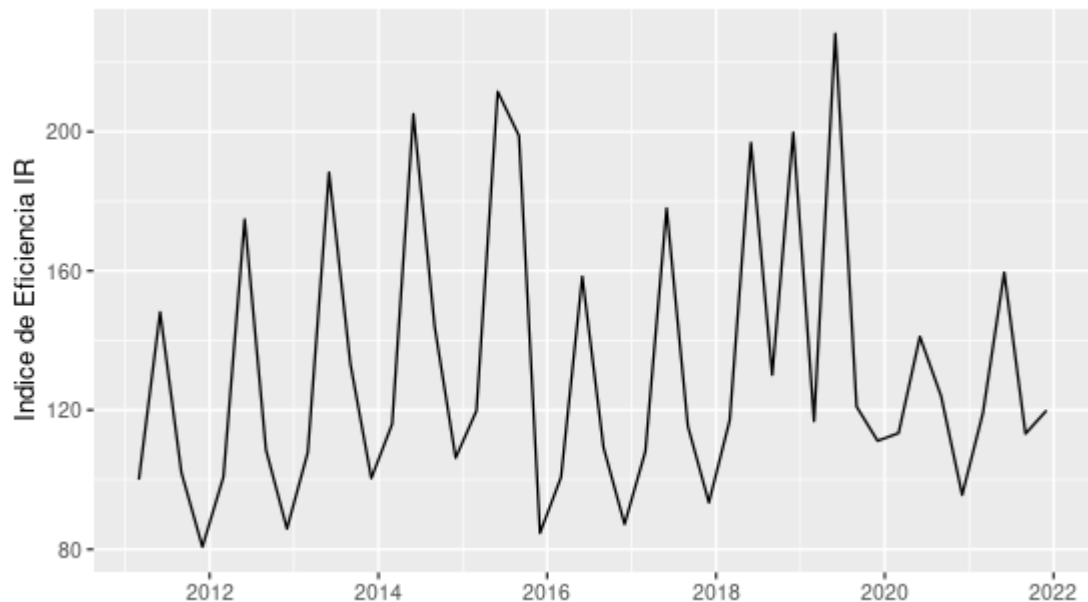


Figura 11 Índice de Eficiencia del IR. Fuente y Elaboración propia.

Donde el índice de eficiencia es demasiado volátil y el mismo oscila entre el 140%, es decir que la eficiencia recaudatoria del Impuesto a la Renta es en promedio un 40% más elevada que en el primer trimestre del 2011. Se observa que existe una leve tendencia creciente del indicador hasta la época donde los precios del petróleo se elevaron, por otra parte, la recuperación de la tendencia del indicador desde el 2016 se ve interrumpida en la época de pandemia y se estabilizó en la recuperación después de la

pandemia. En la mayoría de los casos se observa que el indicador se incrementa en dos periodos consecutivos y se desploma en los siguientes dos periodos.

El índice de eficiencia recaudatoria para el IR e IVA mediante la metodología desarrollada ha permitido identificar patrones diferenciados en la evolución de la eficiencia tributaria ecuatoriana. Mientras el índice del IVA muestra una tendencia decreciente que sugiere disminución en la eficiencia recaudatoria, el índice del IR presenta mayor estabilidad con una tendencia ligeramente creciente.

Los resultados evidencian que la eficiencia recaudatoria del IVA se vio particularmente afectada durante eventos económicos significativos como la crisis de precios del petróleo en 2014-2015 y la pandemia COVID-19 en 2020, mientras que el IR mostró mayor resiliencia ante estos choques externos. Estos hallazgos proporcionan evidencia empírica sobre el desempeño relativo de ambos tributos y su capacidad de adaptación ante diferentes condiciones económicas, cumpliendo así con el objetivo de examinar de manera integral la eficiencia recaudatoria de estos impuestos fundamentales para el sistema fiscal ecuatoriano

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El estudio destaca la importancia de la Recaudación Tributaria como instrumento fundamental para el desarrollo del país, siendo una de las principales fuentes de ingresos públicos después de la caída de los precios del petróleo. Sin embargo, la pandemia ha tenido un impacto significativo en la actividad económica y, por ende, en la recaudación tributaria, tal como se ha evidenciado en otros países de la región.

A través del análisis de las variaciones en la recaudación del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto a la Renta (IR) durante el periodo 2011-2021, se observa una tendencia general de crecimiento hasta 2019, con algunas fluctuaciones. No obstante, en 2020 se aprecia una caída notable en la recaudación de ambos impuestos, especialmente en el segundo trimestre, coincidiendo con las medidas de confinamiento y la paralización económica derivadas de la pandemia.

El estudio también analiza el comportamiento de variables macroeconómicas clave, como el Producto Interno Bruto (PIB) y el consumo, antes y durante la pandemia. Se observa una disminución en el promedio del PIB durante la crisis sanitaria, mientras que el consumo promedio mostró un ligero aumento, posiblemente por las medidas de apoyo económico implementadas por el gobierno. Estas dinámicas han influido en la recaudación tributaria.

En relación al objetivo general de analizar el impacto de la pandemia COVID-19 en la Recaudación Tributaria en Ecuador mediante datos trimestrales de 2011 a 2021, se concluye que la pandemia tuvo un efecto negativo significativo en la recaudación del IVA y del IR, especialmente durante el segundo trimestre de 2020, debido a las medidas de confinamiento y la paralización económica. Sin embargo, también se observaron signos de resiliencia y recuperación en períodos posteriores.

"Respecto a los objetivos específicos, se analizaron las estadísticas del comportamiento de las series del IVA, IR, consumo y PIB de manera trimestral, identificando tendencias y fluctuaciones a lo largo del tiempo, con un crecimiento sostenido hasta 2014 seguido de desaceleración durante 2015-2019 y un impacto significativo de la pandemia en 2020. Además, se calcularon las variaciones de la Recaudación Tributaria y se construyeron escenarios diferenciados frente al comportamiento de las variables durante el periodo con respecto a la pandemia: un escenario pre-pandemia (2011-2019) con comportamiento estable, un escenario de impacto durante la crisis (2020-2021) con alta volatilidad, y un escenario contrafactual que evidenció las pérdidas fiscales atribuibles específicamente a la crisis sanitaria. Finalmente, se examinó el índice de eficiencia recaudatoria para el IR e IVA, ajustado por el ciclo económico, cuyo análisis reveló una tendencia decreciente para el IVA y mayor estabilidad para el IR, demostrando que la recaudación no ha mejorado en eficiencia durante el período analizado."

En respuesta a la pregunta de investigación sobre cómo afectaría la pandemia COVID-19 a la Recaudación Tributaria en Ecuador, se concluye que la pandemia tuvo un impacto negativo significativo, especialmente en el segundo trimestre de 2020, debido a las medidas de confinamiento y la desaceleración económica. Sin embargo, también se observaron signos de recuperación en períodos posteriores, aunque sin alcanzar los niveles pre-pandemia.

El análisis de elasticidad de los modelos de largo plazo nos dice que existe una variación significativa entre los modelos y que para el caso de la relación entre la recaudación del IVA y el consumo es estable en el corto y largo plazo, sin embargo, esto no sucede con la relación entre la recaudación del Impuesto a la Renta y el PIB. Lo cual

puede deberse a la temporalidad de los datos, recordando que los análisis de cointegración son análisis de largo plazo.

Los índices de eficiencia fueron calculados ajustando los mismos a los efectos que puede tener el ciclo económico. Estos sugieren que el índice de eficiencia del IVA a ido en decremento mientras que el índice del IR se ha mantenido a lo largo del periodo de análisis, siendo de especial atención los que ha sucedido en el 2014 con el aumento de los precios del petróleo y lo que sucedió en el 2020 con la crisis sanitaria con su posterior recuperación, lo cual sugiere un llamado a las autoridades ya que en general se puede decir que la recaudación no ha mejorado en eficiencia.

"Los resultados confirman la teoría de flexibilidad tributaria diferenciada: el IVA presenta una elasticidad superior a 1 frente al PIB, lo que implica alta capacidad de respuesta en expansiones, pero también caídas pronunciadas en recesiones, mientras que el IR muestra elasticidades cercanas a 1 con menor volatilidad, pero respuesta más retardada a los cambios del ciclo económico. Esta evidencia empírica valida el uso de modelos VEC para el análisis de la dinámica tributaria y demuestra la importancia de considerar las características específicas de cada tributo en el diseño de políticas fiscales."

Recomendaciones

Con base en el análisis de estadísticas, el cálculo de variaciones, la construcción de escenarios y el examen de los índices de eficiencia recaudatoria realizados, se formulan las siguientes recomendaciones:

Se destaca la estabilidad de la relación entre la recaudación del IVA y el consumo a corto y largo plazo, en contraste con la relación fluctuante entre la recaudación del Impuesto a la Renta y el PIB. Esta variabilidad puede atribuirse a la temporalidad de los datos, recordando que los análisis de cointegración se centran en el largo plazo.

Para mejorar la eficiencia recaudatoria y hacer frente a los desafíos evidenciados por la pandemia, se recomienda a las autoridades:

1. Revisar constantemente las políticas fiscales y tributarias, adaptándolas a los cambios en el contexto económico y las necesidades de recaudación. Esto implica evaluar la efectividad de las medidas existentes y considerar la implementación de nuevas estrategias que promuevan la equidad y la eficiencia en la recaudación.
2. Implementar medidas específicas para contrarrestar los impactos negativos durante eventos económicos significativos, como la caída de los precios del petróleo o crisis sanitarias como la pandemia de COVID-19. Estas medidas pueden incluir incentivos tributarios temporales, apoyo a sectores afectados y políticas de gasto público focalizadas.
3. Identificar y aplicar acciones concretas para mejorar la eficiencia en la recaudación de impuestos, como el fortalecimiento de los sistemas de información y control tributario, la simplificación de trámites, la lucha contra la evasión y elusión fiscal, y la promoción de la cultura tributaria entre los contribuyentes.
4. Mantener una flexibilidad en la política fiscal que permita adaptarse oportunamente a cambios económicos imprevistos, como los derivados de la pandemia. Esto implica contar con mecanismos de monitoreo y ajuste de las medidas implementadas, así como con herramientas de análisis y proyección que permitan anticipar escenarios y tomar decisiones informadas.
5. Promover la transparencia y rendición de cuentas en la gestión de los recursos tributarios, fortaleciendo los mecanismos de control y participación ciudadana.

Esto contribuirá a aumentar la confianza de los contribuyentes en el sistema tributario y a garantizar que los recursos recaudados se utilicen de manera efectiva y eficiente en beneficio de la sociedad.

6. Impulsar la diversificación productiva y la promoción de sectores estratégicos, con el fin de reducir la dependencia de la economía ecuatoriana en la exportación de productos primarios y aumentar su resiliencia frente a choques externos. Esto puede lograrse mediante políticas de fomento a la inversión, incentivos a la innovación y el desarrollo tecnológico, y el fortalecimiento de las cadenas de valor.

En suma, estas recomendaciones buscan fortalecer la eficiencia y sostenibilidad del sistema tributario ecuatoriano, promoviendo una recaudación más equitativa y efectiva, y contribuyendo a la recuperación económica y el desarrollo del país en el contexto post-pandemia. Es fundamental que las autoridades adopten un enfoque integral y adaptativo en la política fiscal, considerando los desafíos y oportunidades que presenta el entorno económico actual y futuro.

Lista de referencias

- Alvarado, María Raquel, y María Inés Árevalo Jaramillo. 2020. “Posibles medidas de política económica en el contexto actual y post COVID-19: Caso Ecuador”. Sur Academia.
- Arciniegas Paspuel, Olga Germania, Luis Germán Castro Morales, y Wilmer Medardo Arias Collaguazo. 2021. “Análisis y predicción de la Recaudación Tributaria en el Ecuador ante la COVID-19, aplicando el modelo ARIMA.” *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, junio. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2708>.
- Asencio Cristóbal, Nelson, Margarita Panchana, Mónica Tomalá Ch., y Luis Asencio Cristóbal. 2017. “Reforms to the tax to the added value and its effect on the economy of the consumer in the province of Santa Elena. Year 2016”. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* 4 (1): 114–21.
- Barcena, Alicia, Mario Cimoli, Raul García-Buchaca, Daniel Titelman, y Ricardo Perez. 2019. *Panorama Fiscal de America Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ea7ed8d0-776b-496e-ad0d-1014a2142fda/content>.
- Barreix, Alberto, Carlos Garcimartin, y Marcio Verdi. 2020. “Ideas para una mejor tributación en la post-crisis del COVID-19”. el 23 de abril de 2020. <https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/ideas-para-una-mejor-tributacion-post-crisis-coronavirus/>.
- BCE. 2021a. “Estadísticas Macroeconómicas Presentacion Coyuntural”. Quito. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/EstMacro012021.pdf>.
- . 2021b. “La Pandemia Incidió En El Crecimiento 2020: La Economía Ecuatoriana Decreció 7,8%”. Quito.
- Carcio, Ricardo, Guillermo Barris, y Oscar Centrangolo. 2022. “Economía política de las reformas tributarias en América Latina: 2015-2020”. *Revista CEPAL*, 7–26. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2e902f35-6d75-4148-b3df-b9a6bbbf7cdd/content>.
- Centeno Maldonado, Paúl Alejandro, Rubi Heydi Moreno Silva, Melany Gisell Tapia Guayanlema, y Gisella Lizbeth Urquizo Padilla. 2022. “Value Added Tax in

Ecuador and its changes”. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores* 1 (42).

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>.

CEPAL. 2016. “Estudio económico de América Latina y el Caribe 2016 : La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los desafíos del financiamiento para el desarrollo”. Santiago.

———. 2021. “Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe, 2021: los desafíos de la política fiscal en la recuperación transformadora pos-COVID-19”. Santiago de Chile. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d19f9382-48ee-47f7-82f7-44a8ee957288/content>.

———. 2022. “Las tasas de pobreza en América Latina se mantienen en 2022 por encima de los niveles prepandemia, alerta la CEPAL”. Santiago de Chile. <https://www.cepal.org/es/comunicados/tasas-pobreza-america-latina-se-mantienen-2022-encima-niveles-prepandemia-alerta-la>.

Díaz de Sarralde, Santiago, Julio Lopez, y Gaspar Maldonado. 2023. “Reporte de Recaudación COVID-19 (RRC) Año 2022”.

FMI. 2021. “Policy Support and Vaccines Expected to Lift Activity”. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/01/26/2021-world-economic-outlook-update>.

García, Santiago. 2019. “El Impuesto al Valor Agregado (IVA) en Ecuador. Escenarios en el corto y mediano plazo”. *Opción S* 6 (agosto). <https://opcions.ec/portal/2019/08/06/el-impuesto-al-valor-agregado-iva-en-Ecuador-escenarios-en-el-corto-y-mediano-plazo/>.

Grupo Faro. 2021. “Tendencia del sistema tributario ecuatoriano: período 2013-2020”. www.grupofaro.org, 1–1.

———. 2022. “Recaudación Tributaria en Ecuador durante la pandemia del COVID-19”. <https://grupofaro.org/wp-content/uploads/2022/03/FS-Recaudacio%CC%81n-tributaria-en-Ecuador-durante-la-pandemia-1.pdf>.

Hidalgo Pallares, Jose. 2023. “Impuestos en el Ecuador sistema tributario y opciones para elevar los ingresos permanentes del fisco”. EE.UU. www.undp.org/latin-america.

Jácome Sandoval, Wilson Eduardo. 2021. “Recaudación de impuestos en Ecuador: 2018 – 2020”. *Qualitas Revista Científica* 22 (22). <https://doi.org/10.55867/qual22.03>.

- Jácome, Wilson. 2021. “RECAUDACIÓN DE IMPUESTOS EN ECUADOR”. *Qualitas Revista Científica* 22 (junio). <https://revistas.unibe.edu.ec/index.php/qualitas/article/view/103/137>.
- Masbernat Muñoz, Patricio. 2010. “El Principio De Capacidad Económica Como Principio Jurídico Material De La Tributación: Su Elaboración Doctrinal Y Jurisprudencial En España”. *Revista Ius et Praxis*, 303–32. <https://www.redalyc.org/pdf/197/19718016009.pdf>.
- Mejía Borja, Alexiss, y José Ramirez-Alvarez. 2020. “Indicador de Eficiencia en la recaudación del impuesto al valor agregado y del impuesto a la renta 2000-2019”. *Documento de Trabajo No.2020-02, Centro de Estudios Fiscales, Servicio de Rentas Internas*.
- Mejía Flores, Omar Gabriel, Ricardo Pino Jordán, y Carlos Gabriel Parrales Choez. 2019. “Políticas tributarias y la evasión fiscal en la República del Ecuador, aproximación a un modelo teórico”. *Revista Venezolana de Gerencia* 24 (88): 1147–65. <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051010/29062051010.pdf>.
- Ministerio de Economía Argentina. 2020. “Informe sobre la Recaudación Tributaria Año 2020”. *Buenos Aires*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/it_iv_2020_definitivo_roboto.pdf.
- Ministerio de Economía y Finanzas. 2020. “Ministerio de Economía y Finanzas”. *Ministerio de Economía y Finanzas. Diciembre*. <https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Informe-Ejecucion-Presupuestaria-2020.pdf>.
- OCDE. 2020. “Estadísticas tributarias en América Latina y el Caribe 2020 = Revenue Statistics in Latin America and the Caribbean 2020 (1990-2018)”. En *OCDE*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45517-estadisticas-tributarias-america-latina-caribe-2020-revenue-statistics-latin>.
- OCDE, CEPAL, CIAT, y BID. 2022. “Estadísticas tributarias en América Latina y el Caribe 2021”. Paris: OECD Publishing. <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/folleto-estadisticas-tributarias-en-america-latina-y-el-caribe.pdf>.
- Ramírez, José, y Paul Carrillo-Maldonado. 2018. “Indicador de Eficiencia de la Recaudación del Impuesto al Valor Agregado y del Impuesto a la Renta de Ecuador”. *Revista de Ciencias Sociales*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2604162#maincontent.

- Ruiz de Castilla, F. J. 2018. "Derecho tributario: temas básicos". En *Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú*.
https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/170670/11%20Derecho%20tributario%20con%20sello.pdf?fbclid=IwAR0uHjsSVfMoRafgSxWqWEfW3ISvFR4U0-P7HLYvk1i5wsW8pf_17NIg6M8.
- Serrano, Juan Carlos. 2010. "Análisis dinámico de la Recaudación Tributaria en el Ecuador aplicando modelos VAR".
- . 2011. "ANÁLISIS DINÁMICO DE LA RECAUDACIÓN TRIBUTARIA EN EL ECUADOR APLICANDO MODELOS VAR". Quito.
- Urgilés, Gladys Primavera, y Karen Aracely Chávez Urgilés. 2017. "Evolución de la Recaudación Tributaria y gasto público en el Ecuador durante la última década". *Visión Empresarial*, núm. 7 (diciembre), 139.
<https://doi.org/10.32645/13906852.313>.
- Vélez Barros, Cecilia, Elías Ortiz Morejón, Carlos Triviño Ibarra, Mary Armijos, y Marcos Cali García. 2021. "La Incidencia Del COVID-19 En La Economía Y La Recaudación Tributaria: El Caso De Ecuador Del".
<https://doi.org/10.46677/compendium.v10i1.1175>.
- Yoza, Narciso, Xavier Soledispa, y Adela Lucio. 2020. "Impacto De La Gestión Financiera Y Recaudación Tributaria En Ecuador Ante La COVID-19". *Empresa. Investigación y pensamiento crítico*, 83–99. <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2020/12/art-4-3c-emp-ee-covid19-diciembre-2020-1.pdf>.

Anexos

1. Descripción detallada de metodología de Índice

La siguiente regresión se usa para encontrar las elasticidades de largo plazo β_{IVA} y β_{IR}

$$\begin{aligned}\ln(IVA_t) &= \alpha_{IVA} + \beta_{IVA} \ln(C_t) + \varepsilon_{IVA,t} \\ \ln(IR_t) &= \alpha_{IR} + \beta_{IR} \ln(PIB_t) + \varepsilon_{IR,t}\end{aligned}$$

Donde:

$\ln(IVA_t)$: Logaritmo de la recaudación del IVA

$\ln(C_t)$: Logaritmo del Consumo de los hogares

$\ln(IR_t)$: Logaritmo de la recaudación del IR

$\ln(PIB_t)$: Logaritmo del PIB

Las elasticidades son importantes porque serán utilizadas para ajustar la recaudación del IVA y del Impuesto a la Renta con respecto al ciclo económico, procedimiento que se realizará más adelante.

Para verificar que las perturbaciones de las relaciones de largo plazo se diluyen con el tiempo se estimaron los Modelos De Corrección Por El Error.

$$\begin{aligned}\Delta \ln(IVA_t) &= \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(C_t) + \gamma_{IVA} \varepsilon_{IVA,t-1} + \varepsilon_{IVA} \\ \Delta \ln(IR_t) &= \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(PIB_t) + \gamma_{IR} \varepsilon_{IR,t-1} + \varepsilon_{IR}\end{aligned}$$

Donde los coeficientes γ_{IVA} y γ_{IR} definen la velocidad de ajuste de las perturbaciones de largo plazo en el corto plazo. Si las perturbaciones se diluyen con el tiempo los coeficientes mencionados deben estar entre -1 y 1, en cuyo caso se dice que las variables están cointegradas.

Para ajustar las variables de recaudación por el ciclo económico se procede a ajustar los mismos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}IVA_t^A &= IVA_t \left[1 - \beta_{IVA} \left(\frac{C_t - C_t^T}{C_t^T} \right) \right] \\ IR_t^A &= IR_t \left[1 - \beta_{IR} \left(\frac{PIB_t - PIB_t^T}{PIB_t^T} \right) \right]\end{aligned}$$

Donde:

IVA_t^A : Ajuste de la recaudación del IVA por el ciclo económico.

IR_t^A : Ajuste de la recaudación del IR por el ciclo económico.

IVA_t : Recaudación del Iva en el periodo t .

IR_t : Recaudación del IR en el periodo t .

β_{IVA} : Elasticidad de largo plazo entre la recaudación del IVA y el consumo.

β_{IR} : Elasticidad de largo plazo entre la recaudación del IR y el PIB.

C_t : Consumo en el periodo t .

PIB_t : PIB en el periodo t .

C_t^T : Tendencia del Consumo en el periodo t .

PIB_t^T : Tendencia del PIB en el periodo t .

Para extraer la tendencia de la serie del Consumo y del PIB se utilizó el filtro de Hodrick-Prescott con un valor de $\lambda = 1600$, parámetro que toma dicho valor en series de frecuencia trimestral.

La idea detrás de esto es que si el ciclo se encuentra en etapa de auge entonces $C_t > C_t^T$ y $PIB_t > PIB_t^T$, las variables de recaudación se ajustan debido a que $\left[-\beta_{IVA} \left(\frac{C_t - C_t^T}{C_t^T}\right)\right]$ y $\beta_{IR} \left(\frac{PIB_t - PIB_t^T}{PIB_t^T}\right)$ son menores a cero, lo propio ocurre para la etapa de crisis del ciclo.

Finalmente, se calcularon los índices de recaudación, la estructura de los índices se presenta a continuación.

$$IE_t^{IVA} = \left(\frac{\left(\frac{IVA_t^A}{C_t^A}\right)}{\left(\frac{IVA_{2011}^A}{C_{2011}^A}\right)} \right) * 100$$

$$IE_t^{IR} = \left(\frac{\left(\frac{IR_t^A}{PIB_t^A}\right)}{\left(\frac{IR_{2011}^A}{PIB_{2011}^A}\right)} \right) * 100$$

Los subíndices 2011 hacen referencia al valor de la recaudación del IVA y del Impuesto a la Renta, del Consumo y del PIB en el primer trimestre del 2011, el lector notará que si el índice supera el 100% estamos ante un incremento de la eficiencia de recaudación con referencia al primer trimestre del 2011, y viceversa si el índice es menor al 100%. El análisis del índice consistió en eso y para ello se hizo uso del software RStudio.

Sintetizando:

Primero se estimaron los modelos de largo plazo para encontrar las elasticidades de largo plazo.

Segundo se estimaron los modelos de corrección por el error para ver si las perturbaciones de largo plazo se diluyen con el tiempo.

Tercero se corrigieron las variables de la recaudación para que las mismas no estén afectadas por el ciclo económico haciendo uso de la elasticidad de largo plazo y de la tendencia del consumo y del PIB.

Finalmente, se procedió con el cálculo del índice con las variables corregidas.

En función al código empleado se tiene:

1. Transformación logarítmica de las variables:
 - Se aplica la transformación logarítmica a las variables IVA, IR, Consumo y PIB utilizando la función `log()`.
 - Los resultados se almacenan en las variables `lnIVA`, `lnIR`, `lnC` y `lnPIB`, respectivamente.
2. Estimación de modelos de regresión:
 - Se estiman dos modelos de regresión lineal utilizando la función `lm()`.
 - El primer modelo (`IVAmodelo`) relaciona el logaritmo del IVA con el logaritmo del Consumo.
 - El segundo modelo (`IRmodelo`) relaciona el logaritmo del IR con el logaritmo del PIB.
 - Se obtienen los residuos de cada modelo y se almacenan en las variables `IVaresiduos` e `IRresiduos`.
3. Cálculo de primeras diferencias:
 - Se calculan las primeras diferencias de las variables transformadas logarítmicamente utilizando la función `diff()`.
 - Los resultados se almacenan en las variables `diff_lnIVA`, `diff_lnIR`, `diff_lnC` y `diff_lnPIB`.
4. Estimación de modelos de corrección de error (MCE):
 - Se utiliza la función `lag()` de la librería `dplyr` para obtener los residuos rezagados un período.
 - Se estiman dos modelos de corrección de error utilizando la función `lm()`.
 - El primer modelo (`IVA_MDCE`) relaciona la primera diferencia del logaritmo del IVA con la primera diferencia del logaritmo del Consumo y los residuos rezagados del modelo `IVAmodelo`.

- El segundo modelo (`IR_MDCE`) relaciona la primera diferencia del logaritmo del IR con la primera diferencia del logaritmo del PIB y los residuos rezagados del modelo `IRmodelo`.
5. Gráficos de las variables:
- Se crean gráficos de líneas para visualizar la relación entre las variables.
 - Se utiliza la función `plot()` para graficar el logaritmo del IR y se añade una línea para el logaritmo del PIB utilizando `lines()`.
 - Se crea un dataframe (`df1`) con el índice de tiempo y los valores de `lnIR` y `lnPIB`.
 - Se convierte el dataframe a formato largo utilizando `tidyr::gather()`.
 - Se utiliza la librería `ggplot2` para crear un gráfico de líneas más estilizado, mostrando la evolución de `lnIR` y `lnPIB` a lo largo del tiempo.
 - Se repite el proceso para graficar la relación entre `lnIVA` y `lnC`.
6. Aplicación del filtro de Hodrick-Prescott:
- Se utiliza la función `hpfiler()` de la librería `mFilter` para aplicar el filtro de Hodrick-Prescott a las series de Consumo y PIB.
 - Se obtienen las series de tendencia (`C_T` y `PIB_T`) y se grafican junto con las series originales utilizando `plot()` y `lines()`.
7. Cálculo de los índices de eficiencia recaudatoria:
- Se calculan los índices de eficiencia recaudatoria para el IVA (`IE_IVA`) y el IR (`IE_IR`) utilizando las fórmulas proporcionadas en el documento.
 - Se grafican los índices de eficiencia utilizando `plot()` con el argumento `type="l"` para obtener gráficos de líneas.
8. Gráficos de los índices de eficiencia recaudatoria:
- Se crean dataframes (`D0` y `D1`) con el índice de tiempo, los valores de los índices de eficiencia y la variable de tiempo (`trimestre`).
 - Se utiliza `ggplot2` para crear gráficos de líneas más estilizados, mostrando la evolución de los índices de eficiencia a lo largo del tiempo.

En resumen, el código proporcionado realiza el análisis de los datos trimestrales, siguiendo los pasos descritos en el documento. Se cargan los datos, se aplican transformaciones logarítmicas, se estiman modelos de regresión y corrección de error, se grafican las variables y se calculan los índices de eficiencia recaudatoria. Los gráficos se crean utilizando tanto la función base `plot()` como la librería `ggplot2` para una

visualización más atractiva. El filtro de Hodrick-Prescott se aplica a las series de Consumo y PIB para obtener las tendencias subyacentes.

2. Descripción detallada de metodología de las predicciones realizadas con

ARIMA

1. Preparación de los datos:

- Se verifica la clase de la columna "trimestre" utilizando `as.Date()` para convertirla al formato de fecha adecuado.
- Se crean series de tiempo para cada variable (PIB, IR, IVA, consumo) utilizando la función `ts()`. Se especifica la frecuencia de los datos como 4 (datos trimestrales) y la fecha de inicio correspondiente.

2. Análisis de estacionariedad:

- Se visualiza cada serie de tiempo utilizando `autoplot()` para observar su comportamiento y tendencias.
- Se realiza un análisis de la función de autocorrelación (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF) para cada variable. Esto ayuda a identificar patrones y dependencias en los datos.
- Se crean funciones personalizadas `ACF_grafico()`, `ACF_tabla()`, `PACF_grafico()` y `PACF_tabla()` para generar gráficos y tablas de ACF y PACF.
- Se realizan pruebas de estacionariedad utilizando la función `Pruebas_estacionariedad()`, que incluye la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF), la prueba de Phillips-Perron (PP) y la prueba de KPSS. Estas pruebas ayudan a determinar si las series son estacionarias o no.

3. Diferenciación de las series:

Si las series no son estacionarias, se aplica una diferenciación utilizando la función `diff()` para obtener series estacionarias. Esto se realiza para cada variable.

4. Selección de órdenes p, d y q para los modelos ARIMA:

- Se visualizan las ACF y PACF de las series diferenciadas utilizando las funciones `ACF_grafico()` y `PACF_grafico()` para identificar los posibles órdenes p y q de los modelos ARIMA.
- Se utiliza `grid.arrange()` para mostrar las gráficas de ACF y PACF lado a lado y facilitar la selección de los órdenes.

5. Estimación de modelos ARIMA:

- Se estiman diferentes modelos ARIMA para cada variable utilizando la función ``arima ()`` de R. Se prueban diferentes combinaciones de órdenes p , d y q .
- También se utiliza la función ``auto.arima()`` para obtener el modelo ARIMA óptimo automáticamente.

6. Evaluación y selección del mejor modelo:

- Se calculan medidas de bondad de ajuste, como el criterio de información de Akaike (AIC) y el error cuadrático medio (RMSE), para cada modelo estimado utilizando las funciones ``AIC ()`` y ``rmse ()``.
- Se crea un dataframe ``BA`` que contiene los valores de AIC y RMSE para cada modelo.
- Se selecciona el modelo con el menor AIC y RMSE como el mejor modelo.

7. Diagnóstico del modelo seleccionado:

- Se realizan pruebas de diagnóstico en el modelo seleccionado.
- Se revisan los coeficientes estimados utilizando la función ``coefstest ()`` para evaluar su significancia estadística.
- Se genera un gráfico de círculo unitario utilizando ``autoplot ()`` para verificar la estabilidad del modelo.
- Se realizan pruebas de autocorrelación de los residuos utilizando la función ``Box.test()`` y se visualiza la ACF de los residuos con ``ACF_grafico ()``.
- Se realizan pruebas de heterocedasticidad utilizando la función ``arch.test ()`` y se visualiza la ACF de los residuos al cuadrado.
- Se realizan pruebas de normalidad de los residuos utilizando las funciones ``jarque.bera.test ()`` y ``shapiro.test ()``.

8. Pronóstico:

- Se utiliza la función ``forecast ()`` para realizar pronósticos futuros basados en el modelo seleccionado. Se especifica el horizonte de pronóstico (h) y el nivel de confianza deseado.
- Se visualizan los pronósticos utilizando ``autoplot ()`` junto con los datos históricos.

9. Definición de escenarios:

- Se cargan los datos trimestrales y se convierten las fechas al formato adecuado utilizando `as.Date()`.
- Se define una fecha de inicio de la pandemia (por ejemplo, "2020-03-01") y se dividen los datos en dos períodos: pre-pandemia y durante la pandemia utilizando la función `filter()`.
- Se calculan estadísticas descriptivas (promedio, mínimo, máximo) para cada variable (PIB, consumo, IR, IVA) en los períodos pre-pandemia y durante la pandemia utilizando la función `summarise()`.
- Se visualizan los resultados obtenidos para cada variable en ambos períodos utilizando `print()`.

En resumen, el análisis de los datos trimestrales sigue un proceso similar al análisis general, pero se enfoca específicamente en los datos con frecuencia trimestral. Se realizan los pasos de preparación de datos, análisis de estacionariedad, diferenciación de series, selección de órdenes, estimación de modelos ARIMA, evaluación y selección del mejor modelo, diagnóstico y pronóstico.

Además, se definen escenarios para comparar el comportamiento de las variables antes y durante la pandemia, calculando estadísticas descriptivas para cada período. Esto permite obtener una comprensión más detallada del impacto de la pandemia en las variables económicas analizadas.

El análisis de los datos trimestrales proporciona una visión más granular del comportamiento de las variables a lo largo del tiempo y permite realizar pronósticos y comparaciones específicas para períodos trimestrales. Esto puede ser útil para la toma de decisiones y la planificación económica a corto y mediano plazo.

3. Código corrido modelo ARIMA

```
# Estimación de un modelo ARIMA ----

library(tidyverse)

library("readxl")
```

```
# ===== PIB
## Cargando base de datos ----

sri<- read_excel ("/Users/usuario/Desktop/Analytica/Trabajos/Estimación IR
IVA/Forecasting IR IVA/BASE final.xlsx", sheet="datos trimestrales")

#### Comprobar la clase de la columna fecha -----

sri$trimestre <- as.Date(sri$trimestre)

# Nota: La fecha contiene un formato de caracter de 10 elementos.
# Los primeros 4 elementos son el año.
# Del elemento 6 al 7 es el mes.
# Del elemento 9 al 10 es el día.

# Análisis de estacionariedad -----

sri_pib_ts <- ts (sri$PIB,
                 start = c(2011,1),
                 frequency = 4)

library(forecast)

autoplot(sri_pib_ts) +
  theme_bw() +
  labs (x = "", y = "PIB Trimestral")
```

```
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----
```

```
sri_pib_ts
```

```
## Análisis de ACF y PACF ----
```

```
library(forecast)
```

```
### Gráfico ACF ----
```

```
Acf (sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot ()+
  labs (title = "Función de autocorrelación simple",
        subtitle = "Serie: PIB Trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")
```

```
#### Contruir función grafico ACF ----
```

```
ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
         subtitle = sub,
         x="Rezago",
         y="Correlación")

  ACF
}
```

```
ACF_grafico (sri_ir_ts,
```

```

lag = 24,
main = "Función de autocorrelación simple",
sub = "PIB trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function (x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, ACF, t, prob_t)
  names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
  ACF2
}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_pib_ts, lag=24)
ACF0

```

```

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_pib_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot ()+
  labs (title = "Función de autocorrelación parcial",
        subtitle = "Serie: PIB Trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,
          x="Rezago",
          y="Correlación")

  PACF
}

PACF_grafico(sri_pib_ts,
             lag = 24,
             main = "Función de autocorrelación parcial",
             sub = "PIB trimestral")

### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_pib_ts, lag.max = 24, plot=F)

```

```

PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

##### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
  PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
  names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
  n <- PACF$n.used
  PACF2 <- PACF2 %>%
    mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, PACF, t, prob_t)
  names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
  PACF2
}

PACF0 <- PACF_tabla(sri_pib_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

```

```

Pruebas_estacionariedad <- function (x, alpha=0.05){
  adf <-tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame (adf[1], adf[4]) %>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
      "Estacionariedad",
      "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
      "Estacionariedad",
      "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
      "No estacionariedad",
      "Estacionariedad"))
  salida <- rbind(a,p,k)
  row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
    "Phillips-Perron",
    "KPSS")
  names(salida) <- c("Estadístico",
    "P-value",
    "Conclusión")

  salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_pib_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_pib_ts_d <- diff(sri_pib_ts)

```

```
## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_pib_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación simple",
             sub="Serie: Primera diferencia de PIB trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_pib_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_pib_ts_d,
              lag=24,
              main="Función de autocorrelación parcial",
              sub="Serie: Primera diferencia de PIB trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_pib_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_pib_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
```



```

ACF_grafico(sri_pib_ts_d,
  lag=24,
  main="Función de autocorrelación simple",
  sub="Selección del orden q"),
PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
  lag=24,
  main="Función de autocorrelación parcial",
  sub = "Selección del orden p"),
ncol=2
)

#library(TSA)

# TSA::eacf(sri_ir_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(0,1,0))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_pib_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod4 <- summary(mod4)

```

```
print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)

library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----
```

```
library(lmtest)

coefest(mod1)
coefest(mod2)
coefest(mod3)
coefest(mod4)

auto.arima(sri_pib_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
            main = "ACF: Residuales del modelo 4")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----

Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy bien la autocorrelación
```

```
### No hay autocorrelación
```

```
## Heterocedasticidad ----
```

```
### ACF se los residuales al cuadrado ----
```

```
ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,  
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 4")
```

```
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
```

```
ACF_res
```

```
### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### Prueba ARCH ----
```

```
library(aTSA)
```

```
arch.test(mod4)
```

```
## Normalidad ----
```

```
jarque.bera.test(mod4$residuals)
```

```
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod4 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod4

autoplot(fcas_mod4, include = 25)

## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod4$mean)

# Estimación de un modelo ARIMA ----

library(tidyverse)

library("readxl")

# ===== PIB
## Cargando base de datos ----

## Generar función para la detección de estacionariedad ----
```

```

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <- tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "No estacionariedad",
                        "Estacionariedad"))
  salida <- rbind(a,p,k)
  row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
                     "Phillips-Perron",
                     "KPSS")
  names(salida) <- c("Estadístico",
                    "P-value",
                    "Conclusión")

  salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_pib_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

```

```
sri_pib_ts_d <- diff(sri_pib_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_pib_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación simple",
            sub="Serie: Primera diferencia de PIB trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_pib_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_pib_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación parcial",
            sub="Serie: Primera diferencia de PIB trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_pib_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_pib_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----
```

```
library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_ir_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación simple",
    sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación parcial",
    sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

#library(TSA)

# TSA::eacf(sri_ir_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_pib_ts, order = c(0,1,0))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_pib_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
```



```
mod4

resumen_mod4 <- summary(mod4)

print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)

library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_pib_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)
```

```
# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_pib_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
            main = "ACF: Residuales del modelo 4")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----

Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")

### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy
bien la autocorrelación
### No hay autocorrelación

## Heterocedasticidad ----

### ACF se los residuales al cuadrado -----

ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 4")

ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
ACF_res

### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----

Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")

### Prueba ARCH ----

library(aTSA)

arch.test(mod4)

## Normalidad ----
```

```
jarque.bera.test(mod4$residuals)
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod4 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod4

autoplot(fcas_mod4, include = 25)

## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod4$mean)

#### IR
#### Comprobar la clase de la columna fecha -----

sri$Mes <- as.Date(sri$Mes)
```

```
# Nota: La fecha contiene un formato de character de 10 elementos.  
# Los primeros 4 elementos son el año.  
# Del elemento 6 al 7 es el mes.  
# Del elemento 9 al 10 es el día.
```

```
# Análisis de estacionariedad -----
```

```
sri_ir_ts <- ts(sri$IR,  
              start = c(2011,1),  
              frequency = 12)
```

```
library(forecast)
```

```
autoplot(sri_ir_ts) +  
  theme_bw() +  
  labs(x = "", y = "IR Trimestral")
```

```
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----
```

```
sri_ir_ts
```

```
## Análisis de ACF y PACF ----
```

```
library(forecast)
```

```
### Gráfico ACF ----
```

```
Acf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%  
  autoplot()+
```

```

labs(title = "Función de autocorrelación simple",
      subtitle = "Serie: IR Trimestral",
      x="Rezago",
      y="Correlación")

#### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                      sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
        subtitle = sub,
        x="Rezago",
        y="Correlación")

  ACF
}

ACF_grafico(sri_iva_ts,
            lag = 24,
            main = "Función de autocorrelación simple",
            sub = "IR trimestral")

#### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),

```

```

prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, ACF, t, prob_t)
  names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
  ACF2
}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_ir_ts, lag=24)
ACF0

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
       subtitle = "Serie: Ir trimestral",
       x="Rezago",
       y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

```

```

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
        subtitle = sub,
        x="Rezago",
        y="Correlación")

  PACF
}

PACF_grafico(sri_ir_ts,
             lag = 24,
             main = "Función de autocorrelación parcial",
             sub = "IR trimestral")

#### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

##### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){

```



```

PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
n <- PACF$n.used
PACF2 <- PACF2 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
         prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
  select(Lag, PACF, t, prob_t)
names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
PACF2

}

PACF0 <- PACF_tabla(sri_ir_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <- tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                       "Estacionariedad",
                       "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                       "Estacionariedad",
                       "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)

```

```

k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
    "No estacionariedad",
    "Estacionariedad"))
salida <- rbind(a,p,k)
row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
  "Phillips-Perron",
  "KPSS")
names(salida) <- c("Estadístico",
  "P-value",
  "Conclusión")

salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_ir_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_ir_ts_d <- diff(sri_ir_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_ir_ts_d,
  lag=24,
  main="Función de autocorrelación simple",
  sub="Serie: Primera diferencia de IR trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_ir_ts_d, lag=24)

```

```
#### PACF ----

PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub ="Serie: Primera diferencia de IR trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_ir_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_ir_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_ir_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación simple",
             sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

# library(TSA)
```

```
# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(2,1,2))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_ir_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod1 <- summary(mod4)

print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)
```

```
library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_ir_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----
```

```
autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
             main = "ACF: Residuales del modelo 1")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----

Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")

### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy
bien la autocorrelación
### No hay autocorrelación

## Heterocedasticidad ----

### ACF se los residuales al cuadrado -----

ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,
             main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 4")
```

```
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
ACF_res

### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----

Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")

### Prueba ARCH ----

library(aTSA)

arch.test(mod4)

## Normalidad ----

jarque.bera.test(mod4$residuals)
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod1

autoplot(fcas_mod1, include = 25)
```

```
## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)

##### IR

sri<- read_excel("/Users/usuario/Desktop/Analytica/Trabajos/Estimación IR
IVA/Forecasting IR IVA/BASE final.xlsx", sheet="datos trimestrales")

##### Comporbar la clase de la columna fecha -----

sri$trimestre <- as.Date(sri$trimestre)

# Nota: La fecha contiene un formato de character de 10 elementos.
# Los primeros 4 elementos son el año.
# Del elemento 6 al 7 es el mes.
# Del elemento 9 al 10 es el día.

# Análisis de estacionariedad -----

sri_ir_ts <- ts(sri$IR,
               start = c(2010,1),
               frequency = 4)
```



```

library(forecast)

autoplot(sri_ir_ts) +
  theme_bw() +
  labs(x = "", y = "IR Trimestral")
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----

sri_ir_ts

## Análisis de ACF y PACF ----

library(forecast)

### Gráfico ACF ----

Acf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación simple",
        subtitle = "Serie: IR Trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,

```

```

x="Rezago",
y="Correlación")

ACF
}

ACF_grafico(sri_iva_ts,
  lag = 24,
  main = "Función de autocorrelación simple",
  sub = "IR trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_ir_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
  prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
  prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
  prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
  prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
  select(Lag, ACF, t, prob_t)

```

```

names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
ACF2

}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
ACF0

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
        subtitle = "Serie: Ir trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,
          x="Rezago",
          y="Correlación")

  PACF
}

PACF_grafico(sri_iva_ts,

```

```

lag = 24,
main = "Función de autocorrelación parcial",
sub = "IR trimestral")

### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

#### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
  PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
  names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
  n <- PACF$n.used
  PACF2 <- PACF2 %>%
    mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, PACF, t, prob_t)
  names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
  PACF2
}

```

```

PACF0 <- PACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <- tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "No estacionariedad",
                        "Estacionariedad"))
  salida <- rbind(a,p,k)
  row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
                     "Phillips-Perron",
                     "KPSS")
  names(salida) <- c("Estadístico",
                    "P-value",
                    "Conclusión")

  salida
}

```

```
Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_ir_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_iva_ts_d <- diff(sri_ir_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_ir_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación simple",
            sub="Serie: Primera diferencia de IR trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_ir_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación parcial",
            sub="Serie: Primera diferencia de IR trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_ir_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_ir_ts_d, alpha=0.05)
```

```
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_iva_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación simple",
    sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación parcial",
    sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

# library(TSA)

# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(1,1,3))
```

```
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_ir_ts, order = c(3,1,0))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_ir_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod1 <- summary(mod4)

print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)

library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_ir_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")
```



```
BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_ir_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod1$residuals, lag=24,
            main = "ACF: Residuales del modelo 1")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")

### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy
bien la autocorrelación
### No hay autocorrelación

## Heterocedasticidad ----

### ACF se los residuales al cuadrado -----

ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 4")

ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
ACF_res

### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----

Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")

### Prueba ARCH ----

library(aTSA)
```

```
arch.test(mod4)

## Normalidad ----

jarque.bera.test(mod4$residuals)
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod1

autoplot(fcas_mod1, include = 25)

## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)
```

```
#### IVA
```

```
sri<- read_excel("/Users/usuario/Desktop/Analytica/Trabajos/Estimación IR  
IVA/Forecasting IR IVA/BASE final.xlsx", sheet="datos trimestrales")
```

```
#### Comprobar la clase de la columna fecha -----
```

```
sri$trimestre <- as.Date(sri$trimestre)
```

```
# Nota: La fecha contiene un formato de caracter de 10 elementos.
```

```
# Los primeros 4 elementos son el año.
```

```
# Del elemento 6 al 7 es el mes.
```

```
# Del elemento 9 al 10 es el día.
```

```
# Análisis de estacionariedad -----
```

```
sri_iva_ts <- ts(sri$IVA,  
start = c(2011,1),  
frequency = 4)
```

```
library(forecast)
```

```
autoplot(sri_iva_ts) +
  theme_bw() +
  labs(x = "", y = "IVA Trimestral")
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----

sri_iva_ts

## Análisis de ACF y PACF ----

library(forecast)

### Gráfico ACF ----

Acf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación simple",
        subtitle = "Serie: IR Trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,
          x="Rezago",
          y="Correlación")
```

```

ACF
}

ACF_grafico(sri_iva_ts,
  lag = 24,
  main = "Función de autocorrelación simple",
  sub = "IVA trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
    prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2), lower.tail = F),
    prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
      prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
      prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, ACF, t, prob_t)
  names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
  ACF2
}

```

```

}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
ACF0

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
        subtitle = "Serie: IVA trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,
          x="Rezago",
          y="Correlación")

  PACF
}

PACF_grafico(sri_iva_ts,
              lag = 24,
              main = "Función de autocorrelación parcial",
              sub = "IVA trimestral")

```

```
### Tabla PACF ----
```

```
PACF0 <- Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))
```

```
PACF0
```

```
##### Contruir función Tabla PACF -----
```

```
PACF_tabla <- function(x, lag=24){
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
  PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
  names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
  n <- PACF$n.used
  PACF2 <- PACF2 %>%
    mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, PACF, t, prob_t)
  names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
  PACF2
}
```

```
PACF0 <- PACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
```

```
PACF0
```



```
## Generar función para la detección de estacionariedad ----
```

```
library(tseries)
```

```
Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
```

```
  adf <- tseries::adf.test(x)
```

```
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
```

```
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
```

```
  pp <- tseries::pp.test(x)
```

```
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
```

```
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
```

```
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
```

```
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
```

```
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "No estacionariedad",
                        "Estacionariedad"))
```

```
  salida <- rbind(a,p,k)
```

```
  row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
                      "Phillips-Perron",
                      "KPSS")
```

```
  names(salida) <- c("Estadístico",
                    "P-value",
                    "Conclusión")
```

```
  salida
```

```
}
```

```
Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_iva_ts)
```

```
Pruebas1
```

```
# Primera diferencia ----

sri_iva_ts_d <- diff(sri_iva_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_iva_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación simple",
            sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_iva_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_iva_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación parcial",
            sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_iva_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_iva_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----
```

```
library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_iva_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación simple",
    sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación parcial",
    sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

# library(TSA)

# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(0,1,0))
# ARIMA (auto
```

```
auto <- auto.arima(sri_iva_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod1 <- summary(mod4)

print(resumen_mod1)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod1)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic, mod2$aic,
         mod3$aic, mod4$aic)

library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)
```

```
# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coefest(mod1)
coefest(mod2)
coefest(mod3)
coefest(mod4)

auto.arima(sri_iva_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
            main = "ACF: Residuales del modelo 1")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----

Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")

### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy
bien la autocorrelación
### No hay autocorrelación

## Heterocedasticidad ----

### ACF se los residuales al cuadrado -----

ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 1")

ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
ACF_res

### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----

Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")

### Prueba ARCH ----

library(aTSA)

arch.test(mod4)

## Normalidad ----
```

```
jarque.bera.test(mod4$residuals)
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod1

autoplot(fcas_mod1, include = 25)

## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)

#### IVA
#### Comporbar la clase de la columna fecha ----

sri$Mes <- as.Date(sri$Mes)

# Nota: La fecha contiene un formato de character de 10 elementos.
# Los primeros 4 elementos son el año.
```

```
# Del elemento 6 al 7 es el mes.
# Del elemento 9 al 10 es el día.

# Análisis de estacionariedad -----

sri_iva_ts <- ts(sri$IVA,
               start = c(2011,1),
               frequency = 12)

library(forecast)

autoplot(sri_iva_ts) +
  theme_bw() +
  labs(x = "", y = "IVA Trimestral")
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----

sri_iva_ts

## Análisis de ACF y PACF ----

library(forecast)

### Gráfico ACF ----

Acf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación simple",
       subtitle = "Serie: IR Trimestral",
       x="Rezago",
```



```

y="Correlación")

##### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
# Requiere tidyverse y forecast
ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
        subtitle = sub,
        x="Rezago",
        y="Correlación")

ACF
}

ACF_grafico(sri_iva_ts,
            lag = 24,
            main = "Función de autocorrelación simple",
            sub = "IVA trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

##### Contruir función Tabla ACF -----

```

```

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, ACF, t, prob_t)
  names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
  ACF2
}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
ACF0

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
       subtitle = "Serie: IVA trimestral",
       x="Rezago",
       y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast

```

```

PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
        subtitle = sub,
        x="Rezago",
        y="Correlación")

PACF
}

PACF_grafico(sri_iva_ts,
             lag = 24,
             main = "Función de autocorrelación parcial",
             sub = "IVA trimestral")

### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_iva_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

##### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
  PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
  names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
}

```

```

n <- PACF$n.used
PACF2 <- PACF2 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
         prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
  select(Lag, PACF, t, prob_t)
names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
PACF2

}

PACF0 <- PACF_tabla(sri_iva_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <-tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                     "Estacionariedad",
                     "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                     "Estacionariedad",
                     "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                     "No estacionariedad",

```

```
        "Estacionariedad"))
salida <- rbind(a,p,k)
row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
                    "Phillips-Perron",
                    "KPSS")
names(salida) <- c("Estadístico",
                  "P-value",
                  "Conclusión")

salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_iva_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_iva_ts_d <- diff(sri_iva_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_iva_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación simple",
            sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_iva_ts_d, lag=24)

#### PACF ----
```

```
PACF_grafico(sri_iva_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub ="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_iva_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_iva_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_iva_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación simple",
             sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_ir_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

# library(TSA)

# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)
```

```
# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones
```

```
# Estimación de los modelos ARIMA ----
```

```
# ARIMA (1,1,1)
```

```
mod1 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,1))
```

```
# ARIMA (1,1,2)
```

```
mod2 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,2))
```

```
# ARIMA (1,1,3)
```

```
mod3 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(1,1,3))
```

```
# ARIMA (2,1,2)
```

```
mod4 <- stats::arima(sri_iva_ts, order = c(0,1,1))
```

```
# ARIMA (auto
```

```
auto <- auto.arima(sri_iva_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
```

```
mod4
```

```
resumen_mod4 <- summary(mod4)
```

```
print(resumen_mod4)
```

```
# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
```

```
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared
```

```
# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----
```

```
AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,  
         mod3$aic,mod4$aic)
```

```
library(Metrics)
```

```
RMSE1 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_iva_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)
```



```
## Pruebas de autocorrelación -----  
  
### ACF ----  
  
ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,  
            main = "ACF: Residuales del modelo 1")  
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)  
  
### Prueba de Ljung-Box ----  
  
Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")  
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")  
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")  
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")  
  
### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy  
bien la autocorrelación  
### No hay autocorrelación  
  
## Heterocedasticidad ----  
  
### ACF se los residuales al cuadrado -----  
  
ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,  
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 1")  
  
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)  
ACF_res
```

```
### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### Prueba ARCH ----
```

```
library(aTSA)
```

```
arch.test(mod4)
```

```
## Normalidad ----
```

```
jarque.bera.test(mod4$residuals)
```

```
shapiro.test(mod4$residuals)
```

```
# Los errores son normales
```

```
## Estacionariedad de los reiduales ----
```

```
Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)
```

```
# Pronostico ----
```

```
fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
```

```
fcas_mod1
```

```
autoplot(fcas_mod4, include = 25)
```

```
## Sustrayendo los pointforecast ----
```

```
PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)

##### consumo

sri<- read_excel("/Users/usuario/Desktop/Analytica/Trabajos/Estimación IR
IVA/Forecasting IR IVA/BASE final.xlsx", sheet="datos trimestrales")

##### Comporbar la clase de la columna fecha -----

sri$trimestre <- as.Date(sri$trimestre)

# Nota: La fecha contiene un formato de caracter de 10 elementos.
# Los primeros 4 elementos son el año.
# Del elemento 6 al 7 es el mes.
# Del elemento 9 al 10 es el día.

# Análisis de estacionariedad -----
```

```

sri_con_ts <- ts(sri$consumo,
                start = c(2011,1),
                frequency = 4)

library(forecast)

autoplot(sri_con_ts) +
  theme_bw() +
  labs(x = "", y = "Consumo Trimestral")
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----

sri_con_ts

## Análisis de ACF y PACF ----

library(forecast)

#### Gráfico ACF ----

Acf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación simple",
        subtitle = "Serie: IR Trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

##### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                       sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%

```

```

autoplot()+
labs(title = main,
      subtitle = sub,
      x="Rezago",
      y="Correlación")

ACF
}

ACF_grafico(sri_con_ts,
            lag = 24,
            main = "Función de autocorrelación simple",
            sub = "IVA trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),

```

```

    prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
    prob_t = round(prob_t, digits = 3) %>%
select(Lag, ACF, t, prob_t)
names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
ACF2

}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_con_ts, lag=24)
ACF0

#### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
        subtitle = "Serie: IVA trimestral",
        x="Rezago",
        y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
    autoplot()+
    labs(title = main,
          subtitle = sub,
          x="Rezago",
          y="Correlación")

  PACF

```

```

}

PACF_grafico(sri_con_ts,
             lag = 24,
             main = "Función de autocorrelación parcial",
             sub = "IVA trimestral")

### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

#### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
  PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
  names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
  n <- PACF$n.used
  PACF2 <- PACF2 %>%
    mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2)), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, PACF, t, prob_t)
  names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
  PACF2
}

```

```

}

PACF0 <- PACF_tabla(sri_con_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <- tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "Estacionariedad",
                        "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)
  k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
    mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                        "No estacionariedad",
                        "Estacionariedad"))
  salida <- rbind(a,p,k)
  row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
                     "Phillips-Perron",
                     "KPSS")
  names(salida) <- c("Estadístico",
                    "P-value",
                    "Conclusión")

```



```
salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_con_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_con_ts_d <- diff(sri_con_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_con_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación simple",
            sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

ACF1 <- ACF_tabla(sri_con_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_con_ts_d,
            lag=24,
            main="Función de autocorrelación parcial",
            sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_con_ts_d, lag = 24)
PACF1
```

```
### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_con_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_con_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación simple",
    sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_con_ts_d,
    lag=24,
    main="Función de autocorrelación parcial",
    sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)

# library(TSA)

# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
```

```
mod2 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(0,1,0))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_con_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod4 <- summary(mod4)

print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)

library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)
```

```
modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_iva_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----

autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
            main = "ACF: Residuales del modelo 1")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)
```

```
### Prueba de Ljung-Box ----
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy bien la autocorrelación
```

```
### No hay autocorrelación
```

```
## Heterocedasticidad ----
```

```
### ACF se los residuales al cuadrado -----
```

```
ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,  
            main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 1")
```

```
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
```

```
ACF_res
```

```
### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### Prueba ARCH ----
```

```
library(aTSA)

arch.test(mod2)

## Normalidad ----
jarque.bera.test(mod4$residuals)
shapiro.test(mod4$residuals)
# Los errores son normales

## Estacionariedad de los reiduales ----

Pruebas_estacionariedad(mod4$residuals)

# Pronostico ----

fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod4, h=5, level=95)
fcas_mod1

autoplot(fcas_mod1, include = 25)

## Sustrayendo los pointforecast ----

PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)

##### IVA
##### Comprobar la clase de la columna fecha -----

sri$Mes <- as.Date(sri$Mes)
```

```
# Nota: La fecha contiene un formato de character de 10 elementos.  
# Los primeros 4 elementos son el año.  
# Del elemento 6 al 7 es el mes.  
# Del elemento 9 al 10 es el día.
```

```
# Análisis de estacionariedad -----
```

```
sri_con_ts <- ts(sri$consumo,  
               start = c(2011,1),  
               frequency = 12)
```

```
library(forecast)
```

```
autoplot(sri_con_ts) +  
  theme_bw() +  
  labs(x = "", y = "Consumo Trimestral")
```

```
## Para visualizar si la serie se especifico correctamente ----
```

```
sri_con_ts
```

```
## Análisis de ACF y PACF ----
```

```
library(forecast)
```

```
### Gráfico ACF ----
```

```
Acf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%  
  autoplot()+
```

```

labs(title = "Función de autocorrelación simple",
      subtitle = "Serie: IR Trimestral",
      x="Rezago",
      y="Correlación")

#### Contruir función grafico ACF ----

ACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                      sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
       subtitle = sub,
       x="Rezago",
       y="Correlación")

  ACF
}

ACF_grafico(sri_con_ts,
            lag = 24,
            main = "Función de autocorrelación simple",
            sub = "IVA trimestral")

### Tabla ACF ----

ACF0 <- Acf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F)
ACF0 <- data.frame(ACF0$acf, ACF0$lag)
names(ACF0) <- c("ACF", "Lag")
ACF0 <- ACF0 %>%
  mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),

```



```

prob_t = round(prob_t, digits = 3))

#### Contruir función Tabla ACF -----

ACF_tabla <- function(x, lag=24){
  ACF <- Acf(x, lag.max = lag, plot=F)
  ACF2 <- data.frame(ACF$acf, ACF$lag)
  names(ACF2) <- c("ACF", "Lag")
  n <- ACF$n.used
  ACF2 <- ACF2 %>%
    mutate(t = (ACF/sqrt((1-ACF^2)/(n-Lag-2))),
           prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
           prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
    select(Lag, ACF, t, prob_t)
  names(ACF2) <- c("Lag", "ACF", "t-student", "Probabilidad")
  ACF2
}

ACF0 <- ACF_tabla(sri_con_ts, lag=24)
ACF0

### Gráfico PACF ----

Pacf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = "Función de autocorrelación parcial",
       subtitle = "Serie: IVA trimestral",
       x="Rezago",
       y="Correlación")

#### Contruir función grafico PACF ----

```

```

PACF_grafico <- function(x, lag=24, main="",
                        sub=""){
  # Requiere tidyverse y forecast
  PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F) %>%
  autoplot()+
  labs(title = main,
        subtitle = sub,
        x="Rezago",
        y="Correlación")

  PACF
}

PACF_grafico(sri_con_ts,
             lag = 24,
             main = "Función de autocorrelación parcial",
             sub = "IVA trimestral")

### Tabla PACF ----

PACF0 <- Pacf(sri_con_ts, lag.max = 24, plot=F)
PACF0 <- data.frame(PACF0$acf, PACF0$lag)
names(PACF0) <- c("PACF", "Lag")
PACF0 <- PACF0 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/((length(sri_ir_ts)-Lag)-2))),
         prob_t = pt(t, df= ((length(sri_ir_ts)-Lag)-2)), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3))

PACF0

##### Contruir función Tabla PACF -----

PACF_tabla <- function(x, lag=24){

```

```

PACF <- Pacf(x, lag.max = lag, plot=F)
PACF2 <- data.frame(PACF$acf, PACF$lag)
names(PACF2) <- c("PACF", "Lag")
n <- PACF$n.used
PACF2 <- PACF2 %>%
  mutate(t = (PACF/sqrt((1-PACF^2)/(n-Lag-2))),
         prob_t = pt(t, df= (n-Lag-2), lower.tail = F),
         prob_t = round(prob_t, digits = 3)) %>%
  select(Lag, PACF, t, prob_t)
names(PACF2) <- c("Lag", "PACF", "t-student", "Probabilidad")
PACF2

}

PACF0 <- PACF_tabla(sri_con_ts, lag=24)
PACF0

## Generar función para la detección de estacionariedad ----

library(tseries)

Pruebas_estacionariedad <- function(x, alpha=0.05){
  adf <- tseries::adf.test(x)
  a <- data.frame(adf[1], adf[4]) %>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                     "Estacionariedad",
                     "No estacionariedad"))
  pp <- tseries::pp.test(x)
  p <- data.frame(pp[1], pp[4])%>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
                     "Estacionariedad",
                     "No estacionariedad"))
  kpss <- tseries::kpss.test(x)

```

```

k <- data.frame(kpss[1], kpss[3])%>%
  mutate(regla=ifelse(p.value<alpha,
    "No estacionariedad",
    "Estacionariedad"))
salida <- rbind(a,p,k)
row.names(salida)<-c("Dickey-Fuller Aumentada",
  "Phillips-Perron",
  "KPSS")
names(salida) <- c("Estadístico",
  "P-value",
  "Conclusión")

salida
}

Pruebas1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_con_ts)
Pruebas1

# Primera diferencia ----

sri_con_ts_d <- diff(sri_con_ts)

## Análisis de estacionariedad en I(1) ----

### ACF y PACF ----

#### ACF ----

ACF_grafico(sri_con_ts_d,
  lag=24,
  main="Función de autocorrelación simple",
  sub="Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

```

```
ACF1 <- ACF_tabla(sri_con_ts_d, lag=24)

#### PACF ----

PACF_grafico(sri_con_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub = "Serie: Primera diferencia de IVA trimestral")

PACF1 <- PACF_tabla(sri_con_ts_d, lag = 24)
PACF1

### Pruebas de estacionariedad: ADF, PP y KPSS ----

Pruebas_D1 <- Pruebas_estacionariedad(sri_con_ts_d, alpha=0.05)
Pruebas_D1

# Seleccionando ordenes p y q cuando d=1 -----

library(gridExtra)

grid.arrange(
  ACF_grafico(sri_con_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación simple",
             sub="Selección del orden q"),
  PACF_grafico(sri_con_ts_d,
             lag=24,
             main="Función de autocorrelación parcial",
             sub = "Selección del orden p"),
  ncol=2
)
```

```
# library(TSA)

# TSA::eacf(sri_iva_ts_d)

# NOTA: Con base en el eacf se seleccionan las siguientes combinaciones

# Estimación de los modelos ARIMA ----

# ARIMA (1,1,1)
mod1 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,1))
# ARIMA (1,1,2)
mod2 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,2))
# ARIMA (1,1,3)
mod3 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(1,1,3))
# ARIMA (2,1,2)
mod4 <- stats::arima(sri_con_ts, order = c(0,1,0))
# ARIMA (auto
auto <- auto.arima(sri_con_ts, d=1, seasonal = F, trace=T)
mod4

resumen_mod4 <- summary(mod4)

print(resumen_mod4)

# Acceder al valor de R cuadrado del resumen del modelo
r_cuadrado <- summary(mod4)$r.squared

# Bondad de ajuste (Selección del modelo optimo) ----

AIC <- c(mod1$aic,mod2$aic,
         mod3$aic,mod4$aic)
```

```
library(Metrics)

RMSE1 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod1))
RMSE2 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod2))
RMSE3 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod3))
RMSE4 <- rmse(sri_iva_ts, fitted.values(mod4))

RMSE <- c(RMSE1, RMSE2,
          RMSE3, RMSE4)

modelos <- c("Modelo 1", "Modelo 2",
            "Modelo 3", "Modelo 4")

BA <- data.frame(modelos, AIC, RMSE)

# Evaluación de los modelos 1 y 3 ----

## Revisión de coeficientes ----

library(lmtest)

coeftest(mod1)
coeftest(mod2)
coeftest(mod3)
coeftest(mod4)

auto.arima(sri_iva_ts)

## NOTA: Como el modelo 3 no tiene ningun estimador significativo, no se usará

## Circulo unitario ----
```

```
autoplot(mod4)

## Pruebas de autocorrelación -----

### ACF ----

ACF_grafico(mod4$residuals, lag=24,
             main = "ACF: Residuales del modelo 1")
ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals)

### Prueba de Ljung-Box ----

Box.test(mod4$residuals, lag = 1, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 5, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 10, type="Ljung-Box")
Box.test(mod4$residuals, lag = 24, type="Ljung-Box")

### el p value es mayor que 0.05 por lo que no se rechaza Ho y el modelo caputra muy
bien la autocorrelación
### No hay autocorrelación

## Heterocedasticidad ----

### ACF se los residuales al cuadrado -----

ACF_grafico(mod4$residuals^2, lag=24,
             main = "ACF: Residuales al cuadrado del modelo 1")

ACF_res <- ACF_tabla(mod4$residuals^2)
ACF_res
```



```
### Prueba de Ljung-Box de los residuales al cuadrado----
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 1, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 5, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 10, type="Ljung-Box")
```

```
Box.test(mod4$residuals^2, lag = 24, type="Ljung-Box")
```

```
### Prueba ARCH ----
```

```
library(aTSA)
```

```
arch.test(mod2)
```

```
## Normalidad ----
```

```
jarque.bera.test(mod2$residuals)
```

```
shapiro.test(mod2$residuals)
```

```
# Los errores son normales
```

```
## Estacionariedad de los reiduales ----
```

```
Pruebas_estacionariedad(mod2$residuals)
```

```
# Pronostico ----
```

```
fcas_mod1 <- forecast::forecast(mod2, h=5, level=95)
```

```
fcas_mod1
```

```
autoplot(fcas_mod1, include = 25)
```

```
## Sustrayendo los pointforecast ----
```

```

PF <- data.frame(PF = fcas_mod1$mean)

# === Definiendo escenarios

sri<- read_excel("/Users/usuario/Desktop/Analytica/Trabajos/Estimación IR
IVA/Forecasting IR IVA/BASE final.xlsx", sheet="datos trimestrales")

# Cargar los paquetes necesarios
library(tidyverse)
library(lubridate)

# Asumiendo que tienes los datos cargados en un dataframe llamado 'datos'
# con las variables 'fecha', 'pib', 'consumo', 'ir', 'iva'

# Convertir la columna de fecha a formato de fecha
sri$trimestre <- as.Date(sri$trimestre)

# Definir la fecha de inicio de la pandemia
fecha_pandemia <- as.Date("2020-03-01")

# Dividir el periodo en pre-pandemia y durante la pandemia
datos_pre_pandemia <- sri %>% filter(trimestre < fecha_pandemia)
datos_pandemia <- sri %>% filter(trimestre >= fecha_pandemia)

# Análisis para el PIB
pib_pre_pandemia <- datos_pre_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(PIB),
    min = min(PIB),
    max = max(PIB)
  )

```

```
)

pib_pandemia <- datos_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(PIB),
    min = min(PIB),
    max = max(PIB)
  )

# Análisis para el consumo
consumo_pre_pandemia <- datos_pre_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(consumo),
    min = min(consumo),
    max = max(consumo)
  )

consumo_pandemia <- datos_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(consumo),
    min = min(consumo),
    max = max(consumo)
  )

# Análisis para el IR
ir_pre_pandemia <- datos_pre_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(IR),
    min = min(IR),
    max = max(IR)
  )

ir_pandemia <- datos_pandemia %>%
```

```
summarise(
  promedio = mean(IR),
  min = min(IR),
  max = max(IR)
)

# Análisis para el IVA
iva_pre_pandemia <- datos_pre_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(IVA),
    min = min(IVA),
    max = max(IVA)
  )

iva_pandemia <- datos_pandemia %>%
  summarise(
    promedio = mean(IVA),
    min = min(IVA),
    max = max(IVA)
  )

# Visualización de los resultados
cat("Análisis del PIB:\n")
print(pib_pre_pandemia)
print(pib_pandemia)

cat("\nAnálisis del consumo:\n")
print(consumo_pre_pandemia)
print(consumo_pandemia)

cat("\nAnálisis del IR:\n")
print(ir_pre_pandemia)
print(ir_pandemia)
```

```
cat("\nAnálisis del IVA:\n")  
print(iva_pre_pandemia)  
print(iva_pandemia)
```