

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Escuela de Posgrado



Producción de maíz amarillo duro y moratoria a la  
importación de semillas transgénicas en el Perú

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en  
Economía que presenta:

*Edgar Manuel Vásquez Vela*

Asesor

*Julio Jose Chan Sanchez*

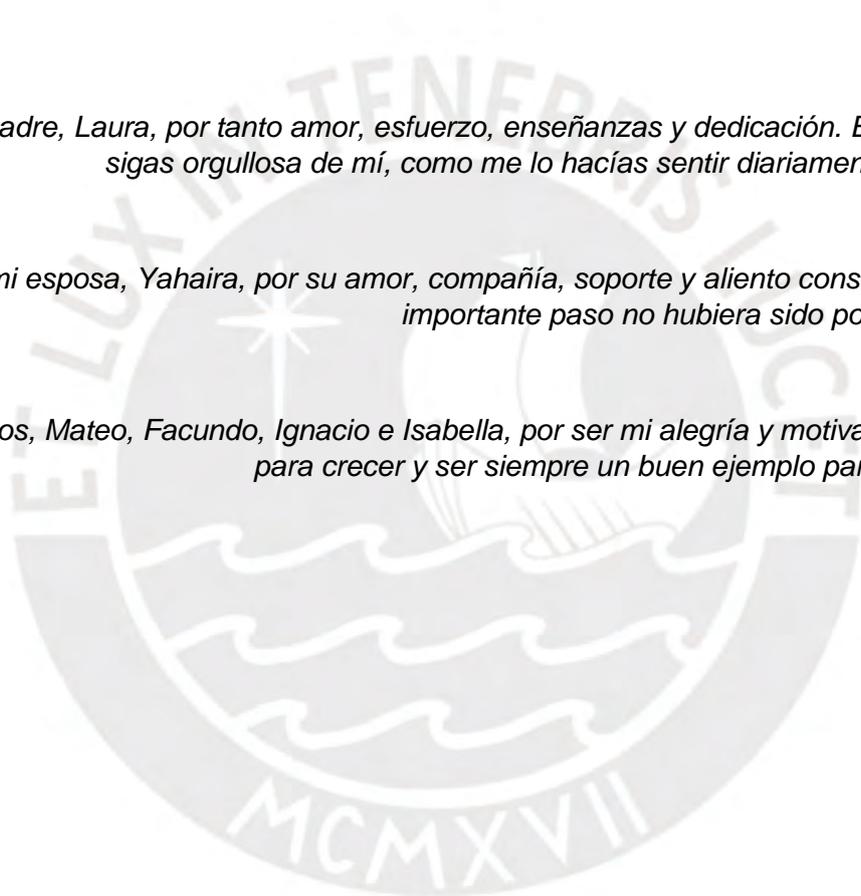
Lima, 2022

## Dedicatoria

*A mi madre, Laura, por tanto amor, esfuerzo, enseñanzas y dedicación. Espero que sigas orgullosa de mí, como me lo hacías sentir diariamente en vida.*

*A mi esposa, Yahaira, por su amor, compañía, soporte y aliento constante. Este importante paso no hubiera sido posible sin ti.*

*A mis hijos, Mateo, Facundo, Ignacio e Isabella, por ser mi alegría y motivación diaria para crecer y ser siempre un buen ejemplo para ustedes.*



## **Agradecimientos**

Al Dr. Julio Chan Sánchez, asesor de tesis, por aceptar el reto, los consejos y las recomendaciones académicas, el tiempo siempre a disposición, la paciencia, el buen humor y el aliento en cada conversación. Asimismo, al Mg. Javier Rosas y al Eco. Carlos Adriano por sus ideas, opiniones y consejos.



## Resumen

En diciembre del 2011 se promulgó la Ley de moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM), la cual prohíbe su uso con fines de cultivo en el Perú. En marzo de 2015, como parte de la implementación de dicha ley, se publicó a consulta el listado de mercancías restringidas, en el cual se incorporó al maíz amarillo duro (MAD) para siembra, fecha a partir de la cual los productores e importadores tuvieron certeza de su incorporación en la moratoria. En términos económicos, esta medida representa una protección comercial en el mercado de semillas y una restricción tecnológica para la producción nacional de MAD, la cual compite con MAD importado que no enfrenta la misma restricción en sus países de origen. Por su parte, en abril de 2015 se modificó la metodología de cálculo del derecho adicional resultante del sistema de franja de precios (SFP) aplicable a las importaciones de MAD. La presente investigación estudia el comportamiento de la producción de MAD en el Perú ante la imposición de la moratoria de OVM, mediante el análisis de la interacción de la producción de MAD con las principales variables relacionadas, como importación de MAD, producción de carne de aves, precios de importación de semillas de MAD, la imposición de la moratoria a OVM y la aplicación del SFP; para lo cual se aplica un modelo de Vector Auto Regresivo (VAR). Se encuentra un quiebre estructural en la producción de MAD a partir del cuarto trimestre de 2015, el cual tiene un efecto negativo en su comportamiento posterior y el cual se asocia a la moratoria a OVM. Asimismo, existe una repuesta positiva y significativa de la producción de MAD respecto de rezagos de sí misma, y una respuesta negativa y significativa a cambios en el precio de importación de semillas de MAD. Finalmente, no se encuentra relación significativa de la producción de MAD con la aplicación del derecho adicional del SFP.

Palabras clave: maíz amarillo duro, protección comercial, restricción tecnológica, moratoria, organismos vivos modificados, Perú.

JEL: F11, F13, F18.

## **Abstract**

In December 2011, the Law on the moratorium on the entry and production of genetically modified organisms (GMO) was enacted, which prohibits their use for crops in Peru. In March 2015, as part of the implementation of the law, the list of restricted goods was published for consultation, in which the seeds of hard yellow corn (MAD) were incorporated, the date from which producers and importers had certainty of their inclusion in the moratorium. In economic terms, this measure represents a trade protection in the seed market and a technological restriction for the national production of MAD, which competes with imported MAD that does not face the same restriction in their countries of origin. For its part, in April 2015, the methodology for calculating the additional duty resulting from the price band system (SFP) applicable to MAD imports was modified. This research studies the behavior of MAD production in Peru with respect to the imposition of the GMO moratorium, by analyzing the interaction of MAD production with the main related variables, such as MAD imports, poultry meat production, MAD seeds import prices, the imposition of the moratorium on GMO, and the application of the SFP; for which a Vector Auto Regressive (VAR) model is applied. A structural break was found in the production of MAD from the fourth quarter of 2015, which has a negative effect on its subsequent behavior, and which is associated with the moratorium on GMOs. Likewise, there is a positive and significant response of MAD production with respect to lags of itself, and a negative and significant response to changes in the import price of MAD seeds. Finally, no meaningful relationship was found between the production of MAD and the application of the additional duty of the SFP.

Keywords: hard yellow corn, trade protection, technological restriction, moratorium, genetically modified organisms, Peru.

JEL: F11, F13, F18.

## Índice

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	4
Índice.....	6
Lista de Cuadros.....	7
Lista de Gráficos.....	8
1. Introducción.....	9
2. Pregunta de investigación y objetivos (general y específicos).....	20
3. Marco teórico.....	22
4. Literatura empírica.....	25
5. Lineamientos metodológicos y bases de datos.....	28
a. Lineamientos metodológicos.....	28
b. Bases de datos.....	30
6. Resultados de la implementación de la metodología.....	31
a. Análisis de resultados de la descomposición de las series de tiempo.....	31
b. Diagnóstico del modelo VAR.....	33
c. Descripción de resultados del modelo VAR.....	34
7. Conclusiones.....	37
8. Recomendaciones.....	40
9. Bibliografía.....	42
Anexo 1: Detalle de la descomposición de las series de tiempo.....	44
Anexo 2: Determinación del orden de las variables endógenas.....	62
Anexo 3: Determinación del número de rezagos del modelo VAR.....	64
Anexo 4: Diagnóstico del modelo VAR.....	65
Anexo 5: Estimación del Modelo VAR.....	69
Anexo 6: Función Impulso - Respuesta.....	70
Anexo 7: Descomposición de la varianza.....	71
Anexo 8: Evaluación de las proyecciones del modelo.....	72
Anexo 9: Evaluación de la serie PMAD_SA para el periodo 1994-2019.....	74

## Lista de Cuadros

Cuadro 1: Test DFA - PMAD_SA, con intercepto y tendencia.....	47
Cuadro 2: Test DFA – PMAD_SA, solo intercepto .....	47
Cuadro 3: Test DFA – PMAD_SA, sin intercepto ni tendencia .....	48
Cuadro 4: Test DFA – MMAD_SA, con intercepto y tendencia .....	49
Cuadro 5: Test DFA – MMAD_SA, con intercepto .....	49
Cuadro 6: Test DFA – MMAD_SA, sin intercepto ni tendencia.....	50
Cuadro 7: Test DFA – PCDA_SA, con intercepto y tendencia .....	51
Cuadro 8: Test DFA – PCDA_SA, con intercepto .....	51
Cuadro 9: Test DFA – PCDA_SA, sin intercepto ni tendencia.....	52
Cuadro 10: Test DFA – PSMMAD_SA, con intercepto y tendencia.....	53
Cuadro 11: Test Zivot & Andrews – PMAD_SA.....	53
Cuadro 12: Test DFA a residuos de PMAD_SA .....	56
Cuadro 13: Test KPSS - PMAD_SA.....	57
Cuadro 14: Test Zivot & Andrews - MMAD_SA.....	57
Cuadro 15: Test DFA - D(MMAD_SA) .....	59
Cuadro 16: Test Zivot & Andrews - PCDA_SA.....	59
Cuadro 17: Test DFA - D(PCDA_SA) .....	61
Cuadro 18: Test de Causalidad de Granger.....	63
Cuadro 19: Criterios de selección del orden de rezagos .....	64
Cuadro 20: Test de Normalidad Multivariada .....	65
Cuadro 21: Test de Heterocedasticidad Multivariada .....	66
Cuadro 22: Test de Autocorrelación Multivariada.....	67
Cuadro 23: Estimación del Modelo VAR.....	69
Cuadro 24: Descomposición de la Varianza .....	71
Cuadro 25: Evaluación de proyecciones.....	72
Cuadro 26: Test Zivot & Andrews para PMAD_SA 1994-2019.....	74

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Producción e Importación de MAD vs Producción de Carne de Ave.....	13
Gráfico 2: Oferta de MAD en el Mercado Nacional .....	13
Gráfico 3: Superficie Cosechada y Producción Nacional de MAD.....	14
Gráfico 4: Rendimiento de la Producción de MAD (kg/ha) .....	14
Gráfico 5: Precio del MAD (S/Kg).....	15
Gráfico 6: Carga Tributaria a la Importación de MAD (%) .....	17
Gráfico 7: Tratamiento a Importación de MAD desde EE. UU. y Argentina .....	18
Gráfico 8: Franja de Precios e Importación de MAD según Países .....	18
Gráfico 9: Series de tiempo de las variables .....	44
Gráfico 10: Descomposición estacional de las variables .....	45
Gráfico 11: Correlograma de PMAD .....	45
Gráfico 12: Correlograma de MMAD.....	45
Gráfico 13: Correlograma de PCDA.....	46
Gráfico 14: Correlograma de PCDA.....	46
Gráfico 15: Test Zivot & Andrews – PMAD_SA.....	54
Gráfico 16: PMAD_SA sin quiebre estructural .....	55
Gráfico 17: Test Zivot & Andrews - MMAD_SA.....	58
Gráfico 18: Test Zivot & Andrews - PCDA_SA.....	60
Gráfico 19: Correlograma de Autocorrelación Multivariada .....	68
Gráfico 20: Raíces Invertidas de Modelo .....	68
Gráfico 21: Función Impulso - Respuesta .....	70
Gráfico 22: Proyección de PMAD.....	72
Gráfico 23: Proyección de MMAD .....	73
Gráfico 24: Proyección de PCDA.....	73
Gráfico 25: Proyección de PMSMAD .....	74
Gráfico 26: Test Zivot & Andrews para PMAD_SA 1994-2019.....	74

## 1. Introducción

En la agricultura, los cultivos se desarrollan con semillas de polinización natural, semillas híbridas de polinización cruzada de plantas diferentes pero relacionadas y semillas transgénicas (OVM), es decir, semillas con una nueva combinación de material genético no necesariamente de especies relacionadas, modificadas para ser resistentes a insectos, tolerantes a herbicidas y mejorar su rendimiento.

En el 2018, 26 países produjeron OVM y 70 permitieron su comercialización, tanto para consumo como para cultivo. Los productos agrícolas OVM de mayor producción mundial fueron: soya (50%), maíz (31%) y algodón (13%). Los principales cinco países concentraron el 91% de la producción (EE. UU., Brasil, Argentina, Canadá e India), los cuales tienen una adopción de casi 100% de semillas OVM. (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas, 2018).

Asimismo, según Klümper & Qaim (2014), “en promedio, la adopción de tecnología OVM reduce el uso de pesticidas químicos en un 37%, aumenta el rendimiento de los cultivos en 22% y aumenta las ganancias de los agricultores en 68%. Las mejoras de rendimiento y ganancias son mayores en los países en desarrollo que en los países desarrollados”.

Cabe señalar que, según la información estadística que proporciona el Departamento de Agricultura de EE. UU., en la campaña 2020/2021 el maíz fue el principal cereal producido a escala global, con un volumen de 1129 millones de TM, seguido por el trigo (775.7 millones de TM) y el arroz (509.3 millones de TM).

Considerando la información del Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego sobre cultivos en el Perú, en el 2020 el producto con mayor superficie sembrada, cantidad producida y cantidad importada que puede utilizar semillas OVM en el país fue el maíz amarillo duro (MAD).

De acuerdo con el Marco Orientador de Cultivos 2020-2021 para el maíz amarillo duro elaborado por el Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego, la producción de maíz amarillo duro representó 3.7% del VBP agrícola, colocándose como el segundo principal cereal producido en el país después del arroz. La producción de maíz amarillo duro se realiza en todas las regiones; no obstante, el 71.6% se concentra en cinco departamentos: San Martín (24.1%), Amazonas (14.6%), Piura (12.4%), La Libertad (10.3%) y Lambayeque (10.2%). Asimismo, según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (IV CENAGRO 2012), los productores que se dedican al cultivo del maíz amarillo duro ascienden a 198.6 mil (8.8% del total), ocupando una superficie de 261.6 mil

hectáreas, lo que representa el 13.7% de la superficie agrícola con cultivos transitorios. Los pequeños productores representan el 63.7% del total y ocupan el 32.7% de la superficie cultivada, con un tamaño promedio de superficie manejada de 0.7 hectáreas. (MIDAGRI, 2022)

El uso de las semillas OVM genera un intenso debate en el mundo. La Unión Europea fue la primera región en regular su uso bajo un enfoque precautorio. De acuerdo con Artigas (2001), “el enfoque precautorio se utiliza frente a una eventual obra o actividad con posibles impactos negativos al medioambiente y/o la salud, permitiendo una decisión política que evita su realización, en base exclusivamente a indicios del posible daño sin necesidad de requerir la certeza científica absoluta”.

Según el Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología del Ministerio del Ambiente (CIISB, 2022), el 12 de mayo de 1999 se promulgó la Ley N° 27104, Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología, cuyo reglamento se emitió en el 2002. La finalidad de la normativa fue regular el procedimiento de autorización del ingreso de material transgénico al país. Posteriormente, el 11 de septiembre de 2003 entró en vigor el Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología, el cual tiene por objeto garantizar que el movimiento transfronterizo de OVM se haga en condiciones seguras para la conservación de la biodiversidad y la salud humana. Asimismo, el 15 de abril de 2011 se publicó el D.S. 003-2011-AG que aprobó el reglamento sectorial sobre seguridad de la biotecnología en el desarrollo de actividades con organismos vivos modificados agropecuarios, forestales y sus productos derivados. Es decir, el Perú venía desarrollando una política de control del ingreso de OVM más no de prohibición.

Sin embargo, el 8 de diciembre de 2011 se promulgó la Ley N° 29811, Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) al territorio nacional por un período de 10 años, con lo cual adoptó el modelo europeo de enfoque precautorio. El 20 de octubre de 2020, el Congreso de la República aprobó la Ley que extiende por 15 años la moratoria, es decir, hasta el 31 de diciembre del 2035.

El objeto de la Ley es impedir la liberación de OVM en el ambiente con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos. Asimismo, la propia Ley excluye de la prohibición a los OVM y/o sus productos derivados importados para fines de alimentación directa humana y animal, o para su procesamiento.

El proceso de implementación regulatoria de la Ley 29811 se desarrolló entre el 2012 y 2016, periodo en que se emitieron los siguientes dispositivos relevantes:

- DS N° 008-2012-MINAM: Reglamento de la Ley. (14/11/2012)
- DS N° 010-2014-MINAM: Modificación del reglamento de la Ley. (25/11/2014)
- RM N° 052-2015\_MINAM: Publicación del Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el listado de mercancías restringidas sujetas a control en el marco de la Ley N° 29811. (19/03/2015)
- DS N° 006-2016-MINAM: Procedimiento y Plan Multisectorial para la Vigilancia y Alerta Temprana respecto de la Liberación de OVM en el Ambiente. (21/07/2016)
- DS N° 011-2016-MINAM: Aprueban el listado de mercancías restringidas sujetas a control. (24/07/2016)
- RM N° 195-2016-MINAM: Aprueban listado de Mercancías Restringidas sujetas a Muestreo y Análisis en los puntos de ingreso, en el marco de la Ley N° 29811. (26/07/2016)

Cabe destacar que, el listado de mercancías restringidas sujetas a control en el marco de la moratoria se puso a consulta pública el 19 de marzo del 2015, en el cual se incluyó al MAD para siembra bajo la partida arancelaria nacional 1005100000 – Maíz, para siembra, fecha a partir de la cual los productores e importadores conocieron formalmente la intención del Estado peruano de incorporar a las semillas de MAD bajo el ámbito de la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) al territorio nacional. Culminado el proceso de consulta pública, el listado final se publicó oficialmente el 24 de julio de 2016. Resulta relevante mencionar que la partida arancelaria referida al MAD para siembra no distingue según origen tecnológico, es decir, no especifica si es un OVM, por lo que no se cuenta con información concreta respecto de la cantidad de semillas de MAD o MAD para consumo importadas en Perú de origen transgénico.

Recién el 21 de julio de 2016 se publicó el DS N° 006-2016-MINAM, el cual aprobó el procedimiento y plan multisectorial para la vigilancia y alerta temprana respecto de la liberación de OVM en el ambiente, efectuándose en dicho año tan solo 3 acciones de vigilancia, dos de las cuales se realizaron respecto del maíz en las regiones de Piura y La Libertad, encontrándose en 41 de los 59 campos de cultivo inspeccionados en Piura la presencia de OVM, lo que significó una positividad de 70% (Delgado, 2021, p. 30 y 40). Este hallazgo de la vigilancia comprueba la utilización en el Perú de semillas genéticamente modificadas importadas del exterior, puesto que no se produce este tipo de semillas en el país.

Según la información estadística recolectada del Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego, y de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria, entre 1994 y 2015, es decir, antes de la incorporación de la semilla de MAD en la lista de semillas sujeta a la moratoria, la producción de MAD creció 4.4% promedio anual; mientras que, entre 2016 y 2020, la misma se contrajo a un promedio anual de 4.8%. La importación de MAD creció 6.4% promedio en el primer periodo; mientras que en el segundo se aceleró a 7.1%. En comparación con la producción, las importaciones pasaron de ser en promedio 34% en el primer periodo a ser mayores en 187% en el segundo, concentrando el 78% de la oferta total en el 2020. Los principales proveedores internacionales de MAD al Perú en el 2020 fueron Argentina (81%) y EE. UU. (19%).

Por su parte, el volumen de importación de semillas de MAD creció a un promedio anual de 22.7% entre 1994 y 2015; mientras que, entre 2016 y 2020 desaceleró su crecimiento promedio anual a 4.0%. En el 2020 los principales países proveedores de semillas de MAD al mercado peruano fueron México (60%), Tailandia (19%) y Bolivia (14%); situación distinta a la registrada en 2011, año en que los principales proveedores fueron Brasil (62%) y Argentina (10%), países con alta adopción de OVM.

Cabe señalar que, según el US Grains Council, en 2020 el rendimiento promedio del cultivo de maíz en EE. UU. se situó en 11,1 TM/HA. Por su parte, el rendimiento promedio en Argentina es de 7,1 TM/HA, mientras que en Perú alcanza las 4.9 TM/HA.

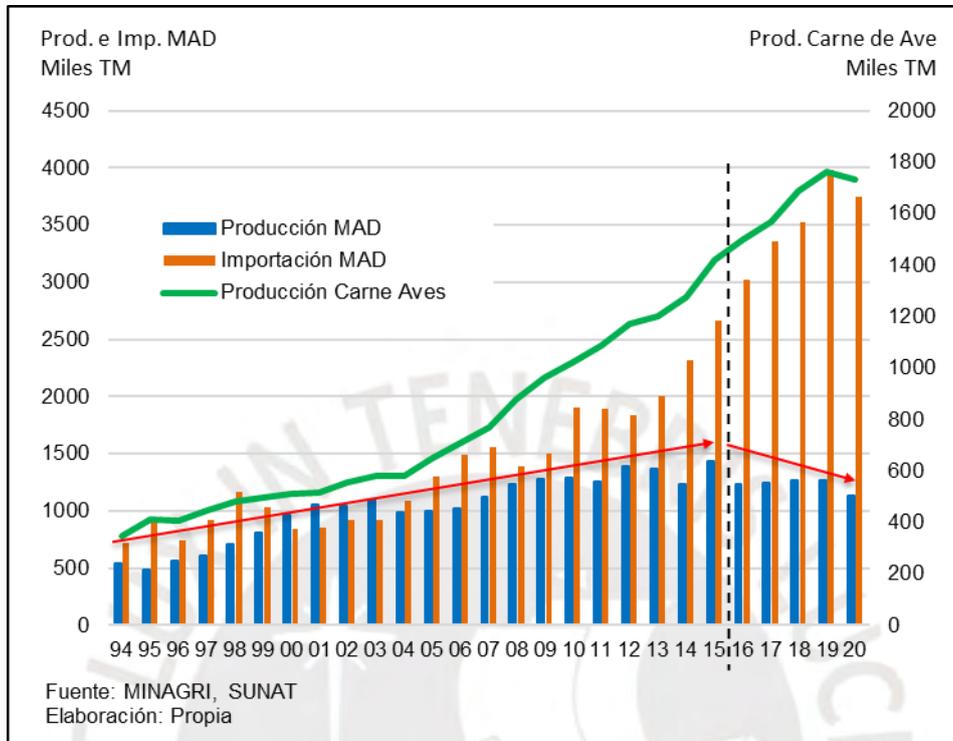
Por otro lado, según información recopilada del Plan Nacional de Cultivos del Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego, entre el 2016 y 2020 la demanda nacional de semillas de MAD se contrajo en un promedio anual de 3.7% alcanzando las 5961 TM, de las cuales el 52.4% fue abastecida por semillas certificadas importadas, 6.3% semillas certificadas nacionales y 41.2% semillas no certificadas.

En el Perú, el MAD es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados para animales, principalmente aves, porcinos y vacunos. Según el informe de IICA (2013), el maíz representa el 53% de los insumos utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para animales, de los cuales el 84% del volumen vendido se dirige a la producción de aves. En ese sentido, tomando en cuenta su principal uso, se considera a la producción de aves como una variable proxy de la demanda de MAD en el mercado nacional. Entre 1994 y 2015, la producción nacional de carne de aves creció a un promedio anual de 7%; mientras que en el periodo 2016-2020 lo hizo en 4.0%; es decir, mostrando un comportamiento positivo de manera continua, aunque en declive.

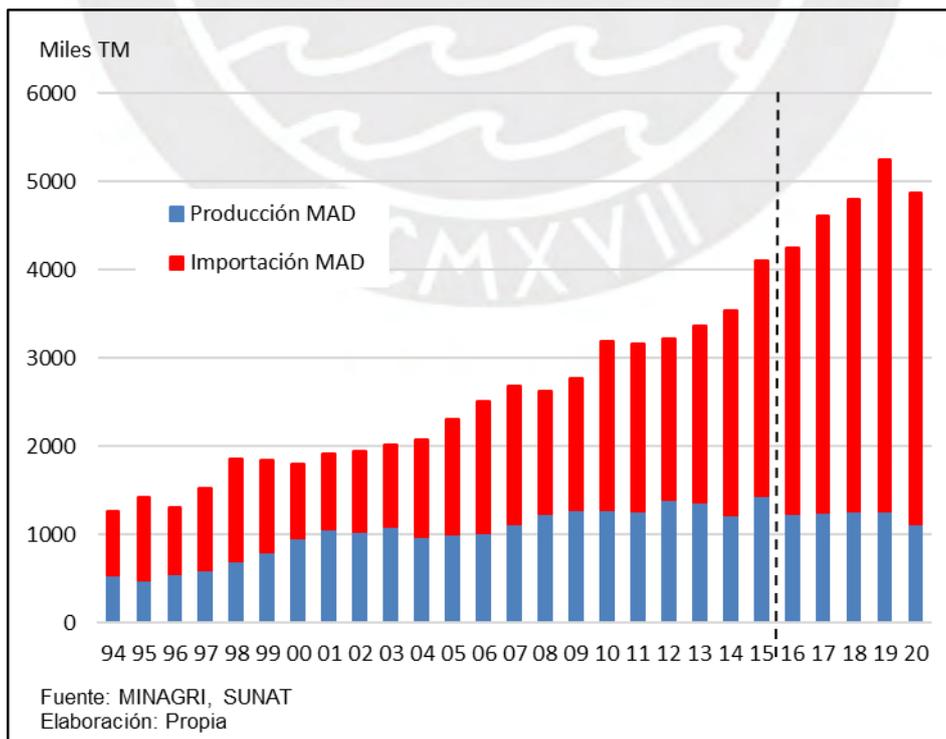
Finalmente, el precio del MAD importado se sitúa históricamente por debajo del precio del MAD nacional. Antes de la moratoria, en el período 1994-2015, el diferencial de

precios representó el 29.3% respecto del precio nacional; mientras que, en el periodo 2016-2020, el diferencial de precios se elevó a 43.3% con relación al precio nacional.

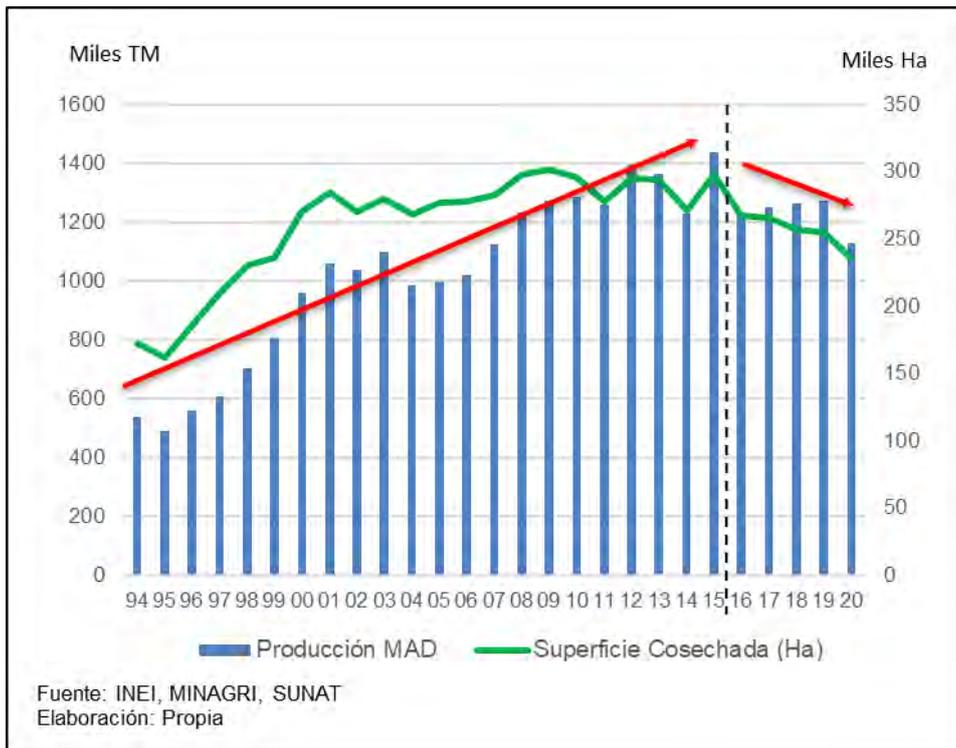
**Gráfico 1: Producción e Importación de MAD vs Producción de Carne de Ave**



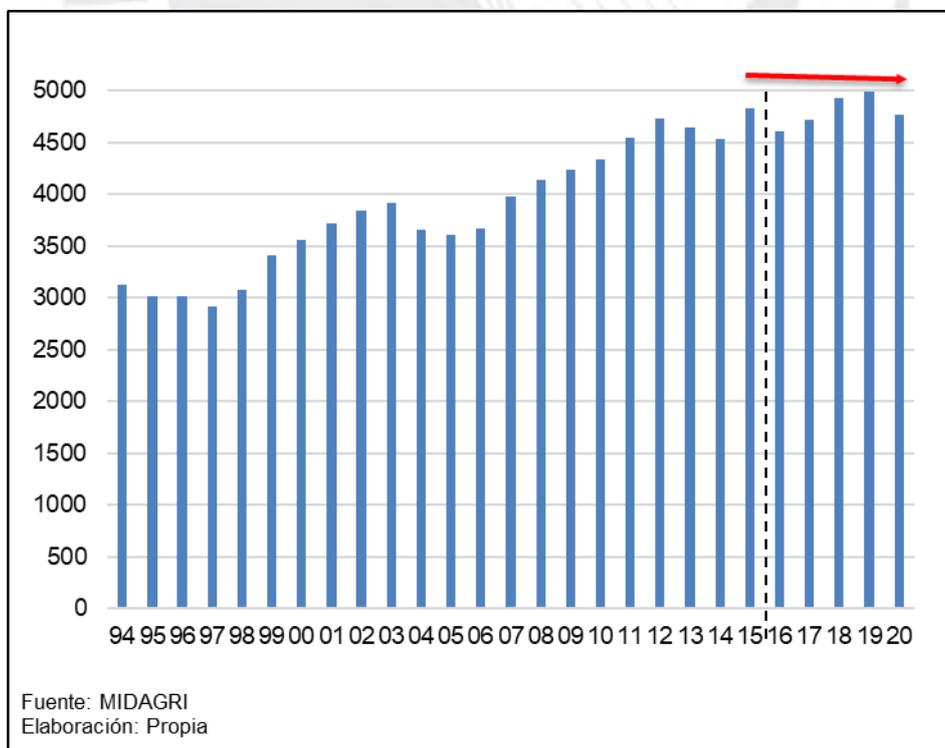
**Gráfico 2: Oferta de MAD en el Mercado Nacional**



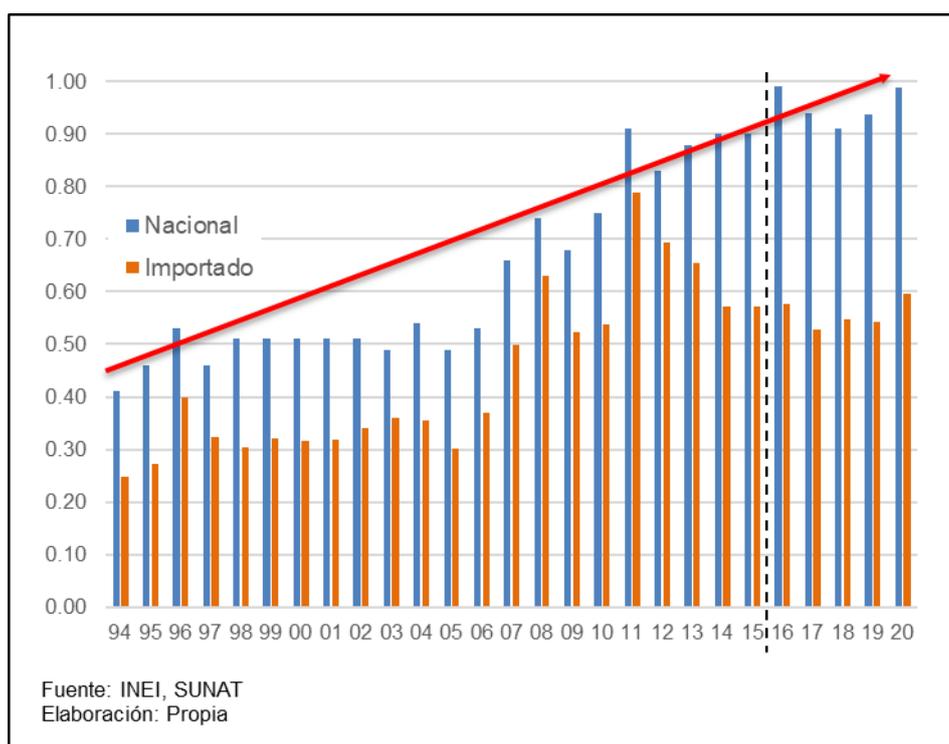
**Gráfico 3: Superficie Cosechada y Producción Nacional de MAD**



**Gráfico 4: Rendimiento de la Producción de MAD (kg/ha)**



**Gráfico 5: Precio del MAD (S/Kg)**



Cabe señalar que, en el Perú, según el Decreto Supremo N° 342-2016-EF, del 16 de diciembre de 2016, que “Aprueba el Arancel de Aduanas 2017”, el MAD para consumo humano o animal se encuentra clasificado en la Subpartida Nacional 1005901100: “maíz amarillo, excepto para siembra”. Asimismo, según el Decreto Supremo N° 055-2011-EF, del 10 de abril de 2011, dicha subpartida nacional se encuentra sujeta a una tasa de derechos arancelarios *ad valorem* CIF de 0% para el ingreso de importaciones desde cualquier país del mundo. Anteriormente, entre enero de 1994 y marzo de 1997 la tasa fue de 15%, pasando a 12% hasta julio de 2007, a 10% hasta octubre de 2007, a 9% hasta diciembre 2010 y a 6% hasta el 9 de abril de 2011.

Asimismo, mediante Decreto Supremo N° 016-91-AG, se estableció un Sistema de Derechos Específicos que grava la importación de algunos productos agropecuarios, el cual fue modificado por el Decreto Supremo N° 115-2001-EF, del 22 de junio del 2001, estableciendo el Sistema de Franja de Precios (SFP). La importación de MAD se encuentra sujeto a dicho sistema; es decir, se aplican derechos variables adicionales al arancel cuando los precios internacionales de referencia del MAD son inferiores a determinados niveles de precios piso de referencia publicados quincenalmente por el Ministerio de Economía y Finanzas.

Un aspecto relevante para tomar en consideración es que, mediante DS N° 103-2015-EF, el 30 de abril de 2015 se modificó la metodología de cálculo de los derechos específicos resultantes del SFP en los siguientes aspectos principales:

- Cálculo del precio promedio: los precios de referencia reflejarán el precio promedio de la quincena anterior (anteriormente se tomaban 60 meses anteriores) de las cotizaciones observadas en los mercados internacionales de referencia.
- Límite al derecho adicional aplicable: Los derechos variables adicionales que resulten de la aplicación del Sistema de Franja de Precios, sumados a los derechos ad valorem, no podrán exceder del 20% del valor CIF de la mercancía.

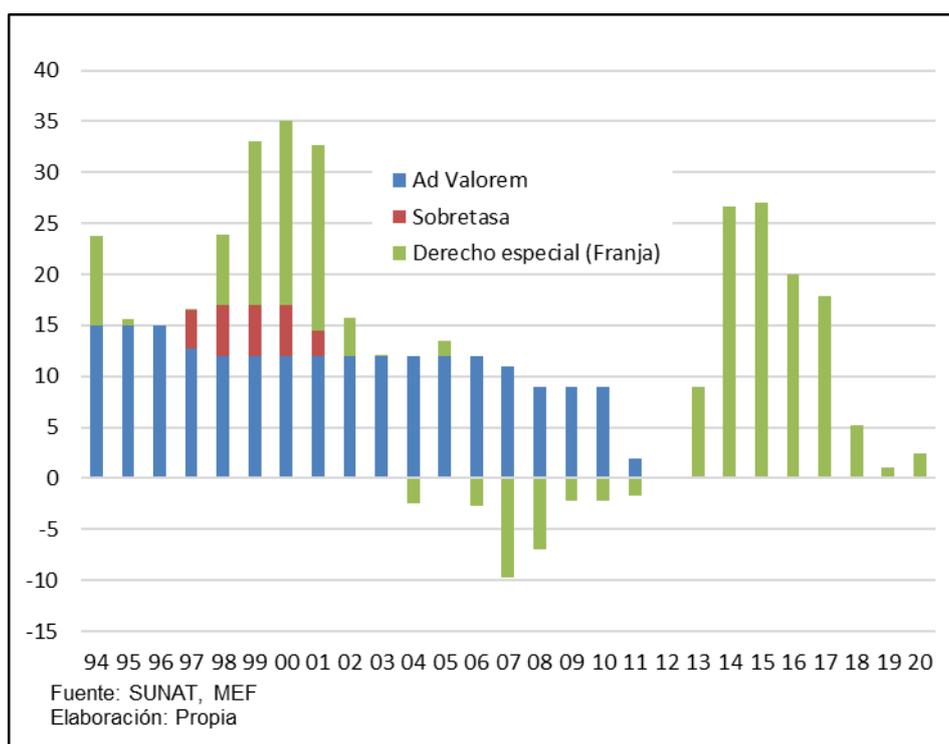
De acuerdo con Zegarra (2015), esta modificación “afectará gravemente a cientos de miles de productores en el país” y añade que “el efecto “compensador” de la franja ha sido prácticamente eliminado o reducido en un 83%, quedando como un bajo arancel adicional de 10% a sumarse al 10% vigente para el maíz, reduciendo la protección previa total de 57% a sólo 20%”.

Cabe señalar que, en el periodo enero 1994 - marzo 2015, es decir, antes del cambio metodológico, el derecho adicional promedio resultante del SFP solamente fue igual o mayor al 20% en 9 de 85 observaciones trimestrales (10.6% de las observaciones); mientras que en el periodo marzo 2015 - diciembre 2020, luego del cambio metodológico, el derecho adicional promedio alcanzó el tope de 20% en 8 de 23 observaciones trimestrales (34.8% de las observaciones).

Entre el tercer trimestre del 2017 al cuarto trimestre de 2020, el incremento de la cotización internacional de referencia para el maíz amarillo duro (FOB Golfo, con base en Bolsa de Chicago) ha generado una disminución del derecho adicional resultante del SFP, inclusive con la no aplicación del derecho adicional en cuatro observaciones.

Asimismo, resulta importante aclarar que, en abril de 2015 el arancel ad valorem aplicable a la importación de maíz amarillo duro ya se encontraba en 0%, por lo que el tope de 20% del derecho adicional, de aplicarse, representaba un arancel equivalente de igual magnitud sobre la importación de MAD.

**Gráfico 6: Carga Tributaria a la Importación de MAD (%)**



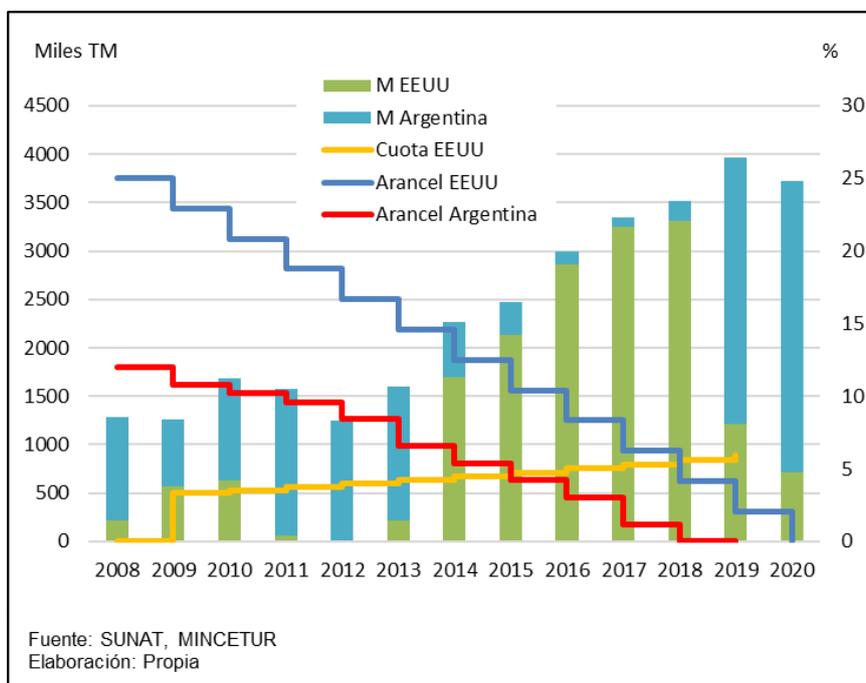
También resulta relevante señalar que desde el 1 de febrero de 2009 se encuentra vigente el Acuerdo de Promoción Comercial Perú – Estados Unidos de América, comúnmente conocido como TLC Perú – EE. UU. Bajo este acuerdo, el Perú otorgó un tratamiento preferencial para el MAD en favor de EE. UU., estableciéndose un arancel base de 25%<sup>1</sup> a las importaciones desde dicho país que se eliminó de manera lineal en un periodo de 12 años, es decir, llegando a cero en el año 2020. Asimismo, se estableció una cuota de 500 mil TM de importaciones libre del Sistema de Franja de Precios, la cual creció hasta las 895 mil TM en el año 2019, luego de lo cual se tornó en ilimitada.

Por su parte, desde el 6 de febrero de 2006 se encuentra vigente el Acuerdo de Complementación Económica entre Perú y los países miembros de MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), bajo el cual el Perú otorgó un tratamiento preferencial para el MAD en favor de Argentina, al establecer un arancel base de 12% a las importaciones desde dicho país que se eliminó de manera no lineal hasta el 2019. A diferencia del tratamiento otorgado a EE. UU., en el caso de Argentina no se estableció ninguna cuota o compromiso de liberalización del Sistema de Franja de Precios.

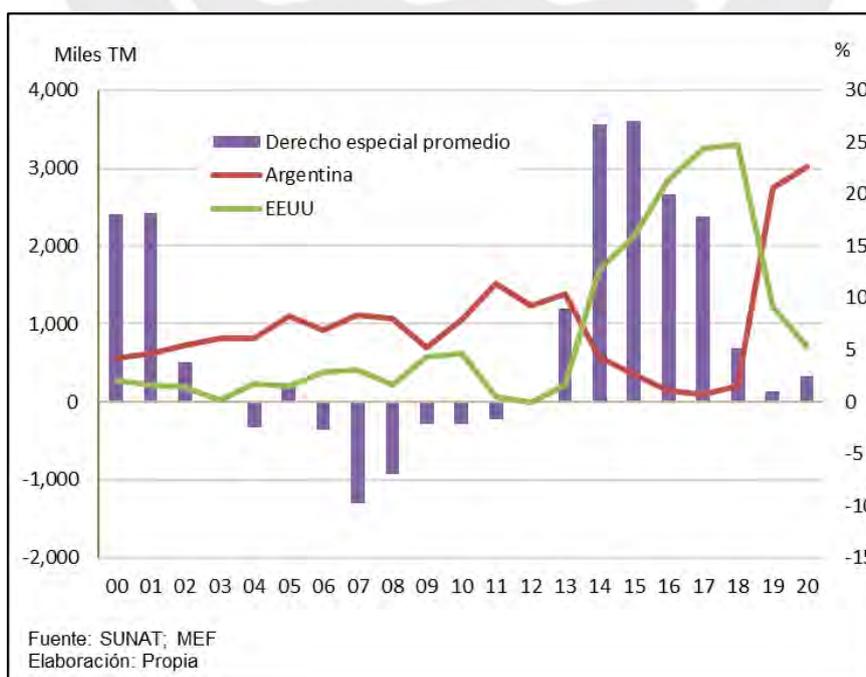
<sup>1</sup> Según las Notas Generales y la Lista Arancelaria del Perú bajo el TLC con Estados Unidos de América, el arancel base utilizado en el cronograma de eliminación arancelaria para el maíz amarillo duro se fijó en 25%, es decir, por encima del arancel NMF aplicado a la entrada en vigor del referido acuerdo (9%).  
[https://www.acuerdoscomerciales.gob.pe/En\\_Vigencia/EEUU/Documentos/espanol/Notas\\_Generales\\_PERU.pdf](https://www.acuerdoscomerciales.gob.pe/En_Vigencia/EEUU/Documentos/espanol/Notas_Generales_PERU.pdf)  
[https://www.acuerdoscomerciales.gob.pe/En\\_Vigencia/EEUU/Documentos/espanol/Lista\\_Arancelaria\\_PERU.pdf](https://www.acuerdoscomerciales.gob.pe/En_Vigencia/EEUU/Documentos/espanol/Lista_Arancelaria_PERU.pdf)

Cabe resaltar que, entre 2009 y 2020, periodo de vigencia del TLC con EE. UU., las importaciones de MAD desde dicho país crecieron a un promedio anual de 10.5%; mientras que, en el mismo periodo, las importaciones de Argentina sujetas al SFP crecieron a un promedio anual de 9%.

**Gráfico 7: Tratamiento a Importación de MAD desde EE. UU. y Argentina**



**Gráfico 8: Franja de Precios e Importación de MAD según Países**



Tomando en consideración la descripción realizada, la presente investigación analiza el comportamiento de las series de tiempo de la producción de MAD, la importación de MAD, la producción de carne de aves y el precio de importación de semillas de MAD, así como la respuesta a la interacción entre estas variables, para lo cual se aplica un modelo de Vector Auto Regresivo (VAR).

Asimismo, considerando que a partir del 2015 se transparenta la intención del Estado de incluir a las semillas de MAD en la moratoria a OVM, a la par que se modifica la metodología de cálculo de los derechos resultantes del SFP, y que ambos eventos en teoría deberían causar efectos negativos sobre la producción de MAD, se incorporan al modelo VAR como variables exógenas a la figura de variables *dummy* para capturar el efecto de la imposición de la moratoria de semillas OVM y el efecto de la aplicación de los derechos adicionales resultantes del SFP a la importación de MAD.

De esta manera, como resultado de la implementación de la metodología se encuentra un quiebre estructural en la producción de MAD a partir del cuarto trimestre de 2015. Asimismo, mediante el análisis de la función impulso-respuesta del modelo VAR se encontró una repuesta positiva y significativa de la producción de MAD respecto de rezagos de sí misma en ciertos periodos, y una respuesta negativa y significativa a cambios en el precio de importación de semillas de MAD en ciertos periodos. Por su parte, no se encontró respuestas significativas entre la producción de MAD y la importación de MAD y la producción de carne de aves.

Con relación a las variables exógenas, los parámetros estimados asociados a la variable *dummy* que representa a la moratoria de OVM resultaron significativos para la producción de MAD y el precio de la semilla importada de MAD, considerando una probabilidad de 6%; mientras que, los parámetros estimados asociados a la variable *dummy* que representa al derecho adicional resultante del SFP resultaron no significativos en todos los casos, inclusive con una probabilidad ampliada a 10%.

## **2. Pregunta de investigación y objetivos (general y específicos)**

Considerando el tiempo transcurrido desde la puesta en vigencia de la Ley de Moratoria de OVM en el Perú y su extensión por 15 años adicionales, medida establecida bajo un enfoque precautorio con la finalidad de proteger el medioambiente, que a su vez representa una medida de protección comercial en el mercado de semillas y una restricción tecnológica para la producción nacional de MAD, al prohibir el uso de semillas OVM; resulta relevante plantear la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál ha sido el comportamiento de la producción de maíz amarillo duro ante la imposición de la moratoria a la importación de semillas transgénicas en el Perú?

¿Cuál es el comportamiento de la producción nacional de maíz amarillo duro ante cambios en la competencia de importaciones, la producción de carne de ave como proxy del consumo, el precio de importación de semillas de MAD y las medidas de restricción al comercio aplicables, principalmente el derecho adicional resultante de la aplicación del Sistema de Franja de Precios?

Considerando la pregunta de investigación planteada, se establecen los siguientes objetivos general y específicos, así como las hipótesis principal y secundarias de la investigación.

### **Objetivo general:**

Analizar el comportamiento de la producción de maíz amarillo duro frente a la imposición de la moratoria a la importación de semillas transgénicas en el Perú.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar la relación entre la moratoria al ingreso y producción de semillas transgénicas y la producción nacional de MAD.
2. Determinar la respuesta de la producción nacional de MAD a impulsos generados por las principales variables que interactúan e influyen en su desenvolvimiento, como la importación de MAD, la producción de carne de aves y el precio de importación de semillas de MAD.
3. Determinar la relación entre la producción nacional de MAD y la aplicación de los derechos específicos resultantes del sistema de franja de precios.

**Hipótesis:**

Hipótesis principal:

La moratoria a la importación de semillas transgénicas tiene un efecto negativo sobre la producción nacional de MAD en el Perú.

Hipótesis secundarias:

1. Impulsos en la importación de MAD generan una respuesta significativa y negativa en la producción nacional de MAD.
2. Impulsos en el precio de importación de semillas de MAD generan una respuesta significativa y negativa en la producción nacional de MAD.
3. Impulsos en la producción de carne de ave generan una respuesta significativa y positiva en la producción nacional de MAD.
4. La aplicación del derecho adicional resultante del sistema de franja de precios genera un efecto positivo y significativo en la producción nacional de MAD.

Cabe señalar que, la investigación se concentra en evaluar aspectos económicos asociados a la moratoria de OVM en el Perú; sin embargo, existen otros elementos distintos al económico que se tomaron en cuenta para su establecimiento por parte del Estado peruano, como los aspectos ambientales, los cuales no son motivo del presente estudio.

### 3. Marco teórico

La moratoria representa una medida de restricción a las importaciones que afecta el mercado de semillas, insumo elemental para la producción de MAD, puesto que prohíbe el ingreso desde el exterior de semillas OVM, las cuales no se producen en el Perú, beneficiando a la oferta de semillas nativas e híbridas nacionales e importadas.

Para evaluar esta situación específica, consideramos lo señalado por Krugman, Obstfeld & Melitz (2012, p.196) respecto a que “las políticas comerciales dirigidas a un sector pueden ser razonablemente bien entendidas sin ir a detalle de sus repercusiones en el resto de la economía; es decir, en su mayor parte la política comercial puede ser analizada en el marco del equilibrio parcial”, utilizando la teoría neoclásica del comercio internacional.

Según Norton (2004), “existe consenso internacional en que las restricciones comerciales tienen marcados efectos negativos sobre el desarrollo a largo plazo. En términos de sus efectos sobre los precios, los controles a la importación (llamados genéricamente barreras no arancelarias) son equivalentes a aranceles altamente variables en el tiempo, más aún si se imponen arbitrariamente y sin previo aviso. Dependiendo de la severidad de la escasez del producto en el mercado nacional y del monto de las importaciones permitidas, el precio interno puede aumentar significativamente como resultado de medidas de control a la importación”.

Si las barreras no arancelarias son equivalentes a aranceles, la medida de moratoria al constituir una prohibición a la importación de productos actúa de manera equivalente a un arancel prohibitivo, es decir, un arancel cuyo nivel es suficientemente alto para impedir el ingreso de productos importados al país.

Considerando que los efectos de las barreras no arancelarias son equivalentes a aranceles, resulta apropiado lo señalado por Baldwin & Green (1988) respecto de que “un conjunto bien establecido de análisis de equilibrio parcial demuestra los efectos de la protección de las importaciones”.

De acuerdo con Krugman, Obstfeld & Melitz (2012), en el modelo estándar de comercio internacional bajo competencia perfecta, un aumento de aranceles en una industria que produce un producto homogéneo permite a las empresas nacionales aumentar la producción y capturar una mayor participación del mercado interno al aumentar los costos de entrega del producto desde el extranjero en comparación con la producción nacional. Si el producto se diferencia, el aumento del precio de entrega de la variedad

producida en el exterior actúa para desplazar la demanda hacia el sustituto nacional. La misma expansión de la producción interna también ocurre en modelos oligopólicos.

Asimismo, señala que, cuando se limitan las importaciones, la consecuencia inmediata es que, al precio inicial, la demanda del bien excede a la oferta nacional más las importaciones. Esto causa un alza de precios hasta que se equilibra el mercado. La amplitud del efecto en la relación de intercambio depende del tamaño del país que impone la restricción con relación al resto del mundo: si el país es solo una pequeña parte del mundo, no puede tener mucho efecto sobre la oferta y demanda relativas mundiales y, por tanto, no puede tener mucho efecto sobre los precios relativos (términos de intercambio), por lo que el efecto negativo se concentrará en dicho país. Los productores nacionales del bien restringido en su comercio ganan al incrementarse el precio que perciben, mientras que, los consumidores pierden por la misma razón.

En el caso de las semillas, los consumidores son los agricultores (productores) de MAD, quienes absorben el efecto de la restricción de importaciones; además de enfrentar la competencia del MAD importado que no tiene restricción a la utilización de semillas OVM.

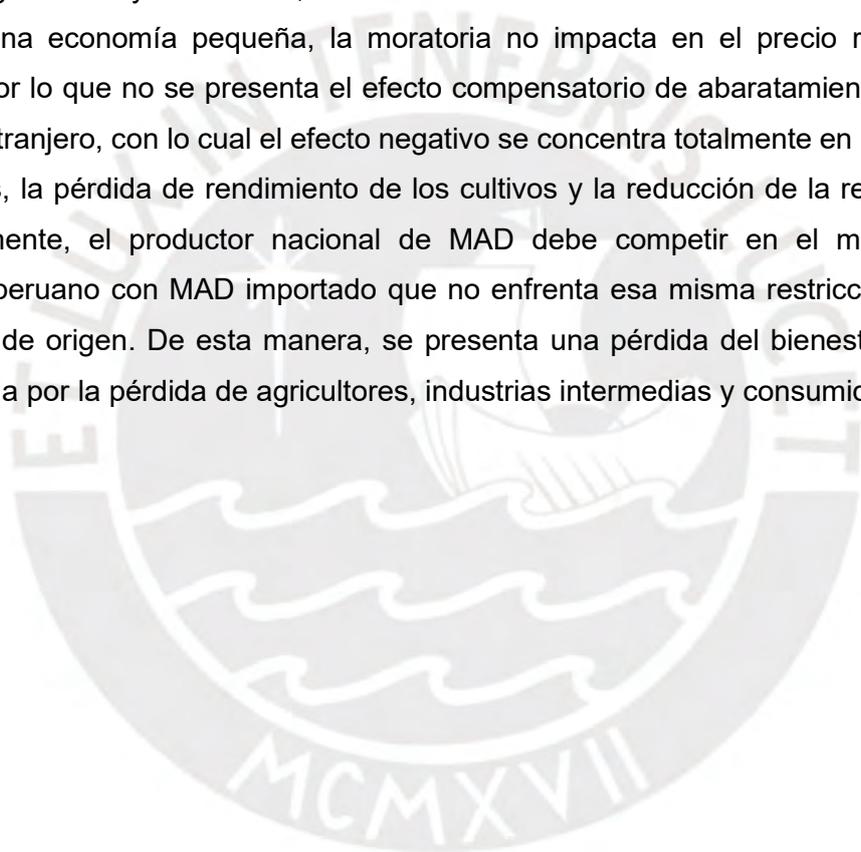
Si sumamos las ganancias y pérdidas generadas por la restricción al comercio encontramos que el efecto neto sobre el bienestar nacional en una economía pequeña se puede dividir en dos partes: pérdida de eficiencia ante la distorsión de incentivos a productores y consumidores nacionales, y pérdida por la nula influencia en los precios del exterior al ser una economía pequeña.

Por otro lado, para Schumpeter (citado en Montoya 2004), “la fuerza fundamental que mueve la producción capitalista, y al sistema como un todo, la causante de sus procesos de transformación constante, es decir, de su desarrollo económico, es el fenómeno tecnológico y con él, el proceso de innovación tecnológica. Pero no las innovaciones incrementales [...], lo importante son las innovaciones radicales, aquellas capaces de provocar cambios “revolucionarios”, transformaciones decisivas en la sociedad y en la economía. Por innovaciones radicales entiende:

- La introducción de nuevos bienes de consumo en el mercado.
- El surgimiento de un nuevo método de producción o de transporte.
- Consecución de la apertura de un nuevo mercado.
- La generación de una nueva fuente de oferta de materias primas.
- Cambio en la organización de cualquier institución o en su proceso de gestión.”

De esta manera, se puede señalar que los OVM pueden entenderse como una innovación tecnológica al ser un nuevo método de producción; es decir, representan la posibilidad de trasladar la frontera de producción hacia la derecha. La moratoria a los OVM impide esa adopción tecnológica por parte de los agricultores en el Perú.

En ese sentido, la moratoria de semillas transgénicas beneficia al productor nacional de semillas convencionales y perjudica al consumidor de semillas transgénicas, es decir, a los agricultores, quienes son forzados a cambiar de tecnología de producción o continuar con la tecnología a la que tienen acceso, lo que afecta los rendimientos de los cultivos y genera mayores costos, lo cual reduce su rentabilidad. Si se considera que el Perú es una economía pequeña, la moratoria no impacta en el precio relativo del exterior, por lo que no se presenta el efecto compensatorio de abaratamiento del bien relativo extranjero, con lo cual el efecto negativo se concentra totalmente en los precios nacionales, la pérdida de rendimiento de los cultivos y la reducción de la rentabilidad. Adicionalmente, el productor nacional de MAD debe competir en el mercado de consumo peruano con MAD importado que no enfrenta esa misma restricción en sus mercados de origen. De esta manera, se presenta una pérdida del bienestar general influenciada por la pérdida de agricultores, industrias intermedias y consumidores.



#### 4. Literatura empírica

Las investigaciones empíricas relacionadas a restricciones al comercio suelen evaluar el efecto directo de una medida de restricción respecto de la variable de análisis, producción o consumo. En la presente investigación, la motivación no es evaluar el efecto de la moratoria de OVM sobre la producción y comercialización de semillas de MAD en Perú, sino el efecto sobre el bien final que utiliza dicho insumo; es decir, sobre la producción de MAD. En ese sentido, resultan relevantes las investigaciones desarrolladas por Pellegrino (2018), Disdier (2009), Brookes (2019), Macall (2022), Gutierrez (2013), y Zegarra (2013).

Pellegrino et al. (2018) realizó un metaanálisis de literatura existente entre 1996 a 2016 sobre las características agronómicas, ambientales y toxicológicas del maíz transgénico con relación al rendimiento, calidad del grano, organismos no objetivo (NTO), organismos objetivo (TO) y descomposición de la biomasa del suelo.

El análisis de datos de campo en Estados Unidos, Europa, América del Sur, Asia, África y Australia señala que las variedades de maíz transgénico aumentaron el rendimiento de los cultivos entre 5.6% y 24.5% respecto a sus equivalentes convencionales, junto con concentraciones más bajas de micotoxinas (-28.8%), fumonisinas (-30.6%) y tricotecenos (-36.5%).

Los resultados apoyan el cultivo de maíz transgénico, principalmente debido a la mejora de la calidad del grano y la reducción de la exposición humana a las micotoxinas. Además, se confirma la reducción del parasitoide del objetivo y la falta de efectos consistentes sobre otros NTO.

Por su parte, Disdier & Fontagné (2009), utilizando una ecuación de gravedad, evaluaron el efecto de la moratoria de OVM implementada por la Unión Europea sobre los principales cultivos transgénicos comerciables potencialmente: maíz, algodón, colza y gluten de maíz; sobre las exportaciones de Estados Unidos, Canadá y Argentina. El marco teórico que utilizó para explicar los patrones comerciales fue el modelo estándar de competencia monopolística comercial-demanda CES-costos Iceberg introducido por Krugman (1980).

El estudio encontró que la medida de moratoria y demás impuestos tienen un efecto negativo sobre el comercio, estimando pérdidas en las exportaciones, las cuales varían según el tipo de producto y país. Entre el 2003 y 2005, las pérdidas en exportaciones de Estados Unidos fueron de US\$ 1.97 mil millones, US\$ 349.6 millones en el caso de Canadá y US\$ 52.2 millones en el caso de Argentina.

Para fines de la investigación, el mencionado estudio es una referencia de los efectos negativos de la moratoria sobre exportaciones de los países sujetos de estudio, más no sobre el efecto sobre el mercado interno del país que la impone, puesto que se concentró en evaluar el efecto sobre los países competidores más no sobre la propia producción de la Unión Europea.

Por su parte, Brookes (2019) evaluó los impactos económicos y ambientales de la adopción y el uso de maíz modificado genéticamente resistente a insectos en España y Portugal en los 21 años desde que se plantó por primera vez en España en 1998, mediante el análisis de datos estadísticos y estudios de referencia. Señala que “desde 1998 se sembraron 1,65 millones hectáreas de maíz OVM y los agricultores se beneficiaron de un aumento de los ingresos de 285,4 millones de euros. Por cada euro adicional gastado en la semilla OVM en relación con la semilla convencional, los agricultores obtuvieron 4,95 euros en ingresos adicionales, debido principalmente a los mayores rendimientos (+11,5%). Asimismo, las semillas OVM redujeron la fumigación de insecticidas en 37%, con lo que se redujo el impacto ambiental en 21% medido por el indicador de Cociente de Impacto Ambiental (EIQ)”.

Macall et al. (2022), mediante un modelo de equilibrio parcial y análisis estadístico, evaluó el impacto de la moratoria de OVM en México a través de la medición del superávit económico generado por las importaciones mexicanas de maíz amarillo transgénico y la producción nacional de maíz amarillo convencional durante los anteriores 20 años, a la vez de proyectar bajo tres escenarios el superávit económico a cinco años por la adopción de cultivos ecológicos en la producción de maíz amarillo. En el escenario más conservador, en cinco años la pérdida equivale al 35% del excedente económico generado durante los últimos 21 años por las importaciones de maíz transgénico y la producción nacional mexicana convencional. En todos los escenarios, entre 2024 y 2025 el precio de la tonelada métrica de maíz amarillo aumentará 81% debido al cambio en los sistemas de producción (de convencional a agroecológico). Estas pérdidas financieras influirán en los precios que pagan los consumidores por los productos de carne roja y de aves de corral.

En el Perú, Zegarra (2013), utilizó un modelo de regresión logarítmico para estimar el impacto de la importación de semillas sobre la producción de MAD bajo dos supuestos, sin y con sustitución por semilla nacional, para el impacto de una caída de 35% en importaciones de semilla ante la preocupación de desabastecimiento generada por la imposición de la moratoria a las semillas transgénicas.

De esta manera, en el escenario sin sustitución estimó una reducción de 18,9% en la producción nacional de MAD, es decir, 265 000 TM anuales, que son equivalente al 5,8% del abastecimiento anual de MAD a la industria y 8,3% de las importaciones anuales de MAD (usando cifras del año 2012). Asimismo, en el escenario con sustitución estimó una reducción de 3.3%, que equivale a 46 500 TM de producción anual, cantidad que corresponde al 1,5% de las importaciones de MAD y solo al 1% del abastecimiento de MAD a la industria. Este estudio utilizó datos trimestrales entre enero 2004 y mayo 2013, es decir, 38 observaciones, de las cuales, solamente 6 observaciones corresponden al periodo posterior a la entrada en vigor de la moratoria.

Finalmente, Gutierrez (2013) realizó una simulación para la zona de Barranca en Perú respecto al impacto en rentabilidad e ingresos de permitirse la utilización de semillas transgénicas de maíz amarillo duro, encontrando que la rentabilidad del cultivo se incrementa entre 2.1 a 3.2 veces, dependiendo del componente tecnológico de la semilla. Asimismo, se produciría un incremento anual de 336 millones de soles en las ganancias de los agricultores de MAD y una disminución del 20% en las importaciones de MAD.

En conclusión, la literatura empírica revisada coincide en señalar que la moratoria de OVM tiene un efecto negativo sobre la producción y comercio exterior de productos agrícolas. Asimismo, el uso de semillas OVM aumenta los rendimientos y rentabilidad asociada a la producción agrícola, además de tener efectos positivos sobre el medioambiente ante el menor uso de insecticidas.

En ese sentido, la presente investigación busca aportar a la literatura empírica mediante el análisis del comportamiento de la producción de MAD en el Perú ante la imposición de la moratoria de OVM. Con este fin, se analiza la interacción de la producción de MAD con la importación de MAD, la producción de carne de aves y el precio de importación de semillas de MAD, mediante un modelo de Vector Auto Regresivo (VAR); a la vez de capturar el efecto de la imposición de la moratoria de semillas OVM y el efecto de la aplicación de los derechos adicionales resultantes del SFP a la importación de MAD mediante su incorporación como variables exógenas.

## 5. Lineamientos metodológicos y bases de datos

### a. Lineamientos metodológicos

La metodología implementada en la presente investigación presenta dos etapas:

- i. Análisis de las series de tiempo: se evalúan las series de tiempo de cada variable endógena con la finalidad de identificar sus diversos componentes, con especial atención en la posible presencia de quiebres estructurales.
- ii. Estimar un modelo de Vector de Auto Regresión (VAR) para describir la interrelación dinámica entre todas las variables endógenas, así como estimar los parámetros asociados a las variables exógenas consideradas.

Para la definición del método de investigación se tomó como referencia el trabajo desarrollado por Baldwin & Green (1988), el cual analiza los efectos de medidas de protección comercial sobre la producción de 203 industrias de Estados Unidos empleando el modelo de análisis de series de tiempo de vector de auto regresión (VAR).

El modelo VAR es un marco general para describir la interrelación dinámica entre variables estacionarias  $I(0)$ . Cuando las variables son raíz unitaria  $I(1)$  pero no cointegradas se utiliza el modelo VAR en primeras diferencias. Si a su vez las variables son raíz unitaria  $I(1)$  y cointegradas, se utiliza el modelo de Vector de Corrección de Errores (VEC).

En ese sentido, la estimación de la investigación utilizó un modelo del tipo VAR para evaluar empíricamente la interacción de las variables endógenas, así como la significancia de los parámetros asociados a las variables exógenas, mediante la ecuación general:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{l=1}^m \alpha_l y_{t-l} + \sum_{k=1}^n \delta_k x_{t-k} + u_t$$

Donde  $\alpha$ 's y  $\delta$ 's corresponden a los parámetros y longitudes de retardo "m" y "n" de modo que el vector de error siga un proceso de ruido blanco.

El sistema de ecuaciones considera como variables endógenas a la producción nacional de MAD, el volumen de importación de MAD como competidor en el mercado nacional, la producción nacional de carne de ave como variable proxy del consumo nacional de MAD y el precio de importación de semillas de MAD como componente del costo de producción; así como los rezagos de las variables mismas.

Las variables endógenas definidas son resultado del proceso previo de investigación y modelación, donde se consideraron inicialmente otras posibles variables endógenas, como el precio en chacra de la producción nacional de MAD, el precio de importación de MAD y el rendimiento por hectárea del MAD en Perú; sin embargo, considerando el número de observaciones disponible para las series estadísticas, añadir un mayor número de variables endógenas acarrea un problema de sobre parametrización, es decir, genera el inconveniente de estimar un mayor número de parámetros con el mismo tamaño de muestra disponible, lo cual reduce los grados de libertad y afecta la calidad de las estimaciones del modelo. En ese sentido, el modelo se construyó con las variables endógenas consideradas apropiadas para la investigación.

Adicionalmente, se incorporaron variables exógenas en forma de variables *dummy* para:

- i. la moratoria a la importación de semillas OVM con valor cero (0) antes de la aplicación y valor uno (1) después de la aplicación.
- ii. el derecho adicional resultante de sistema de franja de precios (SFP) al maíz amarillo duro con valor cero (0) en periodos de inaplicación y uno (1) en periodos de aplicación.

Considerando que durante la implementación de la primera etapa de la metodología correspondiente al análisis de las series de tiempo se determinó la existencia de un quiebre estructural de la variable producción de MAD en el cuarto trimestre de 2015, se considera a dicho periodo como el correspondiente a la aplicación de la moratoria a la importación de semillas OVM. (Ver sección 6)

De manera específica, se estimó un modelo VAR de acuerdo con el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 y_t &= \alpha_{10} + \beta_{11}y_{t-1} + \beta_{12}x_t + \beta_{13}z_t + \beta_{14}p_t + \varphi_{15}M_t + \omega_{16}SPF_t + \varepsilon_t \\
 x_t &= \alpha_{20} + \beta_{21}x_{t-1} + \beta_{22}y_t + \gamma_{23}z_t + \beta_{24}p_t + \varphi_{25}M_t + \omega_{26}SPF_t + \varepsilon_t \\
 z_t &= \alpha_{30} + \beta_{31}z_{t-1} + \beta_{32}x_t + \gamma_{33}y_t + \beta_{34}p_t + \varphi_{35}M_t + \omega_{36}SPF_t + \varepsilon_t \\
 p_t &= \alpha_{40} + \beta_{41}p_{t-1} + \beta_{42}x_t + \gamma_{43}y_t + \beta_{44}z_t + \varphi_{45}M_t + \omega_{46}SPF_t + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Donde  $y_t$  representa el volumen de producción nacional de MAD (PMAD),  $x_t$  el volumen de importación de MAD (MMAD),  $z_t$  el volumen de producción de carne de aves como variable proxy del consumo nacional de MAD (PCdA),  $p_t$  el precio de importación de semillas de MAD (PSMSMAD),  $M_t$  la variable *dummy* para la moratoria al ingreso de semillas OVM,  $SPF_t$  la variable *dummy* para el derecho adicional resultante del sistema de franja de precios, y finalmente  $\varepsilon_t$  es el vector de perturbaciones.

Tomando en cuenta los objetivos planteados para la investigación, así como el número de observaciones disponibles para cada variable endógena, la aplicación de un modelo VAR se considera el mejor método para analizar la respuesta de la producción de MAD ante impulsos del resto de variables endógenas; así como, determinar la significancia de los parámetros estimados asociados a las variables exógenas consideradas. Adicionalmente, la aplicación de un modelo VAR representa una metodología diferente en relación con la literatura empírica referenciada, en particular para el caso peruano.

## **b. Bases de datos**

Como fuentes de información se utilizaron series estadísticas de periodicidad trimestral con disponibilidad para los años 1994 a 2020, es decir, 108 observaciones por cada variable.

Las series estadísticas se recopilaron de las siguientes fuentes oficiales:

- Ministerio de Desarrollo Agrícola y Riego (MIDAGRI): producción nacional de MAD y producción de carne de aves, en toneladas métricas.
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT): volumen de importación de MAD en toneladas métricas, correspondiente a la subpartida arancelaria nacional 1005901100; y precio de importación de semillas de MAD en soles por kilogramo, correspondiente a la subpartida arancelaria nacional 1005100000, para cuyo cálculo se utilizó la información sobre importación en valor CIF en dólares estadounidenses, el volumen de importación en kilogramos y el tipo de cambio promedio del periodo, recopilado del Banco Central de Reserva del Perú, aplicando la siguiente fórmula:

$$PSMSMAD = (MCIF / VM) / TCPB$$

- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF): derecho adicional resultante de la franja de precios (SFP) a ser considerada en la construcción de la variable *dummy*.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> La estimación del modelo utilizando las observaciones reales de los derechos adicionales resultantes de la aplicación del SFP no altera el resultado de no significancia de sus parámetros estimados.

## 6. Resultados de la implementación de la metodología<sup>3</sup>

### a. Análisis de resultados de la descomposición de las series de tiempo

Como resultado del análisis de la descomposición de las series estadísticas de las cuatro variables endógenas (ver el detalle en el Anexo 1), se obtuvieron los siguientes resultados:

- Estacionalidad: al realizar el análisis gráfico de descomposición estacional, las series de producción e importación de MAD presentan medias mayores en el tercer trimestre; mientras que, las series de producción de carnes de ave y precio de importación de semilla de MAD presentan medias mayores en el cuarto trimestre; por lo que se procedió a desestacionalizarlas con Census X12.
- Estacionariedad (raíz unitaria): en el correlograma se observaron posibles raíces unitarias en las cuatro series, dado que la función de autocorrelación simple (FAS) no decae exponencialmente y la función de autocorrelación parcial (FAP) sobrepasa las bandas de confianza.

Aplicando la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (DFA) de manera secuencial (tendencia y constante, sin tendencia, sin tendencia y sin constante) a las series desestacionalizadas, se encontró que las series de producción de MAD, importación de MAD y producción de carne de ave tienen al menos una raíz unitaria; mientras que la serie de precio de importación de semilla de MAD es estacionaria alrededor de una tendencia determinista.

- Quiebre estructural: aplicando la prueba de Zivot y Andrews (Z&A) para analizar posibles quiebres estructurales en media, tendencia o ambas, se encuentra que la producción de MAD desestacionalizada es estacionaria con quiebre estructural en tendencia, la misma que se observa en el periodo 88 que corresponde al cuarto trimestre del 2015.

Cabe señalar que, precisamente en marzo del 2015 se publicó la consulta pública que permitió a los agentes económicos confirmar que las semillas de MAD estarán sujetas a la moratoria. Asimismo, en abril de 2015 se efectuó el cambio de la metodología de cálculo del derecho adicional resultante de la aplicación del SFP.

---

<sup>3</sup> El software utilizado en el análisis de las series de tiempo, la estimación del modelo VAR y la evaluación de los resultados obtenidos fue el EViews versión 10.

Por otro lado, realizando el análisis de quiebre estructural a la serie de producción de MAD sin considerar los valores del año 2020, con la finalidad de comprobar si las observaciones de dicho año son relevantes considerando la crisis causada por el COVID 19, se obtienen resultados que incluyen al periodo 88, que corresponde al cuarto trimestre del 2015, entre las alternativas de identificación de quiebre, confirmando la robustez de la evaluación. (Anexo 9)

Finalmente, en el 2015 no coincide con ningún otro evento exógeno, además de los descritos, que pueda explicar el quiebre estructural registrado por la variable de producción de MAD, como reducción de aranceles, crisis económica, evento climático, entre otros; razón por lo cual, se confirman los objetivos específicos de la investigación referidos a determinar la relación entre la producción de MAD y la implementación de la moratoria sobre el ingreso y producción de semillas transgénicas de MAD, así como la aplicación de los derechos adicionales resultantes del SFP.

- Orden de integración de las series de importación de MAD y producción de carne de ave: se procedió a diferenciarlas y aplicar nuevamente la prueba DFA, con lo cual se determinó que ambas tienen una raíz unitaria, es decir, son integradas de orden 1:  $I(1)$ .

De esta manera, se determinó que la producción de MAD desestacionalizada es estacionaria  $I(0)$  con quiebre estructural en tendencia, la importación de MAD desestacionalizada es integrada de orden 1:  $I(1)$ , la producción de carne de ave desestacionalizada es integrada de orden 1:  $I(1)$  y el precio de importación de semilla de MAD desestacionalizada es estacionaria  $I(0)$  alrededor de una tendencia determinista; por lo que se descarta un modelo VEC al no tener el mismo orden de integración, quedando como alternativa un modelo VAR teniendo como variables endógenas a las series estacionarias en niveles de la producción de MAD y el precio de importación de semilla de MAD, y a las series en primera diferencia de la importación de MAD y la producción de carne de ave.

Asimismo, con la finalidad de capturar el quiebre estructural de la producción desestacionalizada de MAD, se incorporó como variable exógena una variable *dummy* que representa a la moratoria para las semillas de MAD con valor cero (0) hasta el cuatro trimestre de 2015 y valor uno (1) desde el primer trimestre de 2016. De igual manera, considerando que el MAD se encuentra sujeto al mecanismo de franja de precios, se consideró en el modelo una variable *dummy* con valor cero (0) en periodos de

inaplicación del derecho adicional y uno (1) en periodos de aplicación del derecho adicional.

También se incorporaron los factores estacionales de las cuatro variables endógenas, capturados en el proceso de desestacionalización con el Censur X12, en el mismo proceso de modelamiento tomando diferencias estacionales; es decir, tercera diferencia estacional a las series PMAD y MMAD y cuarta diferencia estacional a las series PDCA y PSMSMAD.

Inicialmente se agregó una constante y una tendencia (asociada a la variable PSMSMAD), siendo que, luego de analizar su significancia, la segunda se excluyó del modelo.

Con la finalidad de determinar el orden de las variables se utilizó la prueba de Granger, (ver el detalle en el Anexo 2) estableciéndose el siguiente orden:

$$PCDA\_SA = f(MMAD\_SA; PMAD\_SA; PSMSMAD\_SA)$$

Asimismo, utilizando los criterios de información Schwarz y Hannan-Quinn se determinó preliminarmente que el número de rezagos óptimos es 4; sin embargo, luego de realizar el modelamiento econométrico se determinó que el óptimo de rezagos es 6; por lo tanto, se modeló un VAR (6). (ver detalle en Anexo 3)

Finalmente, con el fin de suavizar la variabilidad de las series y que los parámetros estimados sean equivalentes a las elasticidades, se modeló el VAR con las series desestacionalizadas en logaritmos.

## **b. Diagnóstico del modelo VAR**

Con la finalidad de efectuar un diagnóstico del modelo VAR (6) se procedió de la siguiente manera (ver detalle en el Anexo 4):

- Test de Normalidad Multivariada: la probabilidad del estadístico de Jarque-Bera conjunto es 0.8410, es decir, es mayor a 0.05; por lo que no se rechaza que los residuos tengan una distribución Normal multivariada, cumpliendo el supuesto de normalidad de los residuos en forma conjunta.
- Test de Heterocedasticidad Multivariada: la probabilidad asociada al estadístico Chi-cuadrado es 0.0348, se rechaza a un nivel de significancia de 5% la hipótesis nula, no existencia de heterocedasticidad multivariada; por lo tanto, existe heterocedasticidad de los residuos. Sin embargo, tomando un nivel de

significancia de 1% o 3%, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que existiría homocedasticidad de los residuos.

- Test de Autocorrelación Multivariada: se observa que para los rezagos 5 y 6 no existe autocorrelación serial de los residuos.
- Test de Estabilidad del Modelo: se observa que las raíces invertidas del modelo se encuentran dentro del círculo unitario complejo; por lo tanto, el modelo es estable.
- Correlograma de Modelo: se observa que los coeficientes de correlación se encuentran dentro de las bandas de confianza.

En conclusión, el modelo VAR (6) definido cumple los principales supuestos del diagnóstico, a la vez de ser estable; por lo tanto, es válido el análisis de impulso – respuesta y descomposición de la varianza.

### **c. Descripción de resultados del modelo VAR**

La estimación del modelo VAR brinda los siguientes resultados relacionados con las variables exógenas (ver detalles en Anexo 5):

- Los parámetros estimados asociados a la variable dummy que representa al quiebre estructural vinculado con la moratoria de OVM son significativos para la producción de MAD y el precio de la semilla importada de MAD, a un nivel de probabilidad de 6%, los mismos que tienen signos negativos; mientras que son no significativos para la importación de MAD y el consumo de carne de aves.
- Los parámetros estimados asociados a la variable dummy que representa a la aplicación del derecho adicional resultante del SFP resultaron no significativos en todos los casos, inclusive a un nivel de probabilidad de 10%.

En ese sentido, si bien no se puede afirmar taxativamente que el quiebre estructural se debe exclusivamente a uno de los dos eventos concurrentes en el 2015, considerando que: i) el parámetro asociado al derecho adicional resultante del SFP resulta no significativo con relación a la producción de MAD; ii) el hecho que en el periodo enero 1994 - marzo 2015, es decir, antes del cambio de la metodología de cálculo de los derechos específicos resultantes del SFP, los mismos fueron iguales o mayores al 20% en 9 de 85 observaciones trimestrales (10.6% de las observaciones), mientras que, en el periodo marzo 2015 - diciembre 2020, luego del cambio metodológico, el derecho

adicional promedio alcanzó el tope de 20% en 8 de 23 observaciones trimestrales (34.8% de las observaciones), es decir, aumentó su aplicación en términos relativos; iii) el hecho que el volumen de importación de MAD proveniente de EEUU por fuera de la cuota libre de aplicación del SFP se mostró creciente antes y después del cambio metodológico, al igual que el volumen de importación proveniente de Argentina que no cuenta con beneficio relacionado a la aplicación del SFP ; iv) la no ocurrencia de algún otro evento exógeno significativo que pueda afectar a la producción de MAD y; los hallazgos de la vigilancia de la permanencia remanente de cultivos de MAD de origen transgénico; se puede inferir que el quiebre estructural identificado en el IV trimestre de 2015 sobre la serie de tiempo de la producción nacional de MAD se encontraría mayormente asociado a la imposición de la moratoria al ingreso de semillas de MAD de origen transgénico.

El quiebre estructural con efecto negativo sobre la producción de MAD se observa con un rezago de 3 trimestres respecto de la fecha de inicio de la consulta pública del listado de mercancías restringidas sujetas a control en el marco de la moratoria, fecha a partir de la cual los productores e importadores tuvieron la certeza que el Estado peruano incorporaría a las semillas de MAD bajo el ámbito de la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) al territorio nacional. Este rezago se explicaría por la existencia de inventarios de semillas, la estacionalidad de la siembra y cosecha de MAD, y las prácticas comerciales internacionales que suponen la necesidad de tiempo entre la contratación, el transporte internacional y el ingreso al territorio nacional de las mercancías importadas, en este caso, de semillas de MAD que no tengan origen transgénico.

Adicionalmente, la estimación del modelo VAR, brinda los siguientes resultados relacionados con las variables endógenas a través del análisis de la función impulso – respuesta (ver detalle en Anexo 6):

- La producción de MAD presenta una repuesta positiva y significativa con respecto a rezagos de sí misma en el periodo 1, siendo que este comportamiento no es persistente; además de una respuesta negativa y significativa a cambios en el precio de importación de semillas de MAD en el periodo 5, siendo que este comportamiento no es persistente; comportamiento que coincide con lo esperado teóricamente, puesto que restricciones a la importación de insumos se traducen en mayores costos de producción, afectando su comportamiento. Por su parte, no se encontró respuestas significativas entre la producción de MAD y la importación de MAD y la producción de carne de aves.

- La importación de MAD presenta una respuesta positiva y significativa ante cambios de sí misma en periodos impares; y negativa y significativa en periodos pares, hasta el periodo 10 en ambos casos; luego de lo cual la respuesta es no persistente.
- La producción de carne de ave presenta una respuesta positiva y significativa en el periodo 1 ante cambios de sí misma, siendo que este comportamiento no es persistente; mientras que, la respuesta ante cambios de la importación de MAD es positiva y levemente significativa en el periodo 2 y luego se diluye.
- El precio de importación de semilla de MAD presenta una respuesta positiva y significativa en el periodo 1 ante cambios de sí misma, así como negativa y significativa en el periodo 3, siendo que estos comportamientos no son persistentes. La respuesta ante el impulso de la producción de MAD es positiva y significativa en el periodo 3 luego se diluye. La respuesta a la importación de MAD es negativa y significativa en los periodos 2 y 3, siendo que este comportamiento no es persistente.

En ese sentido, el análisis impulso respuesta confirma la influencia dinámica entre las variables endógenas consideradas en el modelo VAR; a su vez que, los resultados se encuentran alineados con lo esperado en el aspecto teórico.

Con relación al análisis de descomposición de la varianza – Cholesky (ver detalle en Anexo 7), considerando el promedio de 12 periodos, se encontró que la variabilidad de la producción de MAD es explicada por ella misma en 90% en promedio, 6% por el precio de importación de semilla de MAD, 3% por la importación de MAD y 1% por la producción de carne de ave; la variabilidad de la importación de MAD es explicada por ella misma en 94% en promedio, 3% por la producción de MAD, 2% por el precio de importación de semilla de MAD y 1% por la producción de carne de ave; la variabilidad del producción de carne de ave es explicada por ella misma en 91% en promedio, 4% por la importación de MAD, 3% por el precio de importación de semilla de MAD y 2% por la producción de MAD; y la variabilidad del precio de importación de semilla de MAD es explicada por ella misma en 73% en promedio, 14% por la importación de MAD, 7% por la producción de MAD y 6% por la producción de carne de ave.

Finalmente, se efectuó el análisis del coeficiente de Theil, el cual tiende a cero, por lo que las proyecciones del modelo presentan un nivel de ajuste apropiado, principalmente para los casos de la producción de MAD y la producción de carne de ave.

## 7. Conclusiones

El maíz es el principal cereal producido a escala mundial y el segundo más relevante en el Perú. A su vez, el maíz es el segundo principal producto de origen transgénico a escala mundial, teniendo a EE. UU. y Argentina entre los principales países productores con una adopción tecnológica OVM cercana al 100%, los cuales a su vez son los principales países proveedores del Perú y presentan rendimientos por hectárea mayores en comparación al rendimiento nacional.

En el Perú, la producción de MAD es relevante al ocupar a 198.6 mil productores (8.8% del total) en una superficie de 261.6 hectáreas, lo que representa el 13.7% de la superficie agrícola con cultivos transitorios. Los pequeños productores representan el 63.7% del total y ocupan el 32.7% de la superficie cultivada.

A su vez, el MAD es el principal producto cultivado en el Perú que podría utilizar semillas transgénicas, las cuales generan incrementos en los rendimientos del cultivo y en la rentabilidad de los agricultores. Si bien no se puede diferenciar las estadísticas de volúmenes de importación entre semillas de origen transgénico y las demás, los hallazgos efectuados en las actividades de vigilancia de la autoridad ambiental comprueban la utilización en el Perú de semillas genéticamente modificadas importadas del exterior, puesto que no se produce este tipo de semillas en el país.

Desde finales del 2011 rige la ley de moratoria al ingreso y producción de OVM, motivada por preocupaciones relacionadas al medio ambiente y a la conservación de la diversidad genética nativa, lo cual representa una protección comercial en el mercado de semillas y una restricción tecnológica para la producción nacional de MAD.

A partir del 2015 el Estado transparenta la intención de incluir a las semillas de MAD en la moratoria a OVM, a la par que modifica la metodología de cálculo de los derechos resultantes del SFP, siendo que ambos eventos en teoría deberían causar efectos negativos sobre la producción de MAD.

Tomando en consideración esta situación, se establecieron como objetivos específicos de la investigación a la determinación de la relación entre la producción de MAD y la moratoria a semillas OVM y la aplicación de los derechos adicionales resultantes del SFP. Asimismo, se busca determinar la respuesta a impulsos generados por las principales variables que interactúan e influyen en su desenvolvimiento, como importación de MAD, producción de carne de ave y precios de importación de semillas de MAD.

De esta manera, primero se realizó una evaluación de las series de tiempo de cada variable, donde se encontró que la producción de MAD sufrió un quiebre estructural en el cuarto trimestre de 2015. Si bien no se puede afirmar taxativamente que el quiebre estructural se debe exclusivamente a uno de los dos eventos concurrentes en el 2015, considerando los elementos de análisis desarrollados en la investigación, se puede inferir que se encontraría altamente asociado a la imposición de la moratoria al ingreso de semillas de MAD de origen transgénico.

Seguidamente se estimó el modelo VAR con un sistema de ecuaciones que consideró como variables endógenas a la producción nacional de MAD, el volumen de importación de MAD, la producción nacional de carne de ave y el precio de importación de semillas de MAD. Además, se incorporaron variables exógenas en forma de variables *dummy* para representar a la imposición de la moratoria de semillas OVM y a la aplicación de los derechos adicionales resultantes del SFP a la importación de MAD.

Los resultados muestran que los parámetros estimados asociados a la variable *dummy* que representa al quiebre estructural asociado a la moratoria de OVM son significativos para la producción de MAD y el precio de la semilla importada de MAD, los mismos que tienen signos negativos; lo cual concuerda con la teoría económica referida a restricciones sobre el comercio y sobre la adopción de innovaciones tecnológicas.

De esta manera, se confirmaría la hipótesis principal de investigación con relación a que la aplicación de la moratoria a la importación de semillas transgénicas tiene un efecto negativo sobre la producción nacional de MAD.

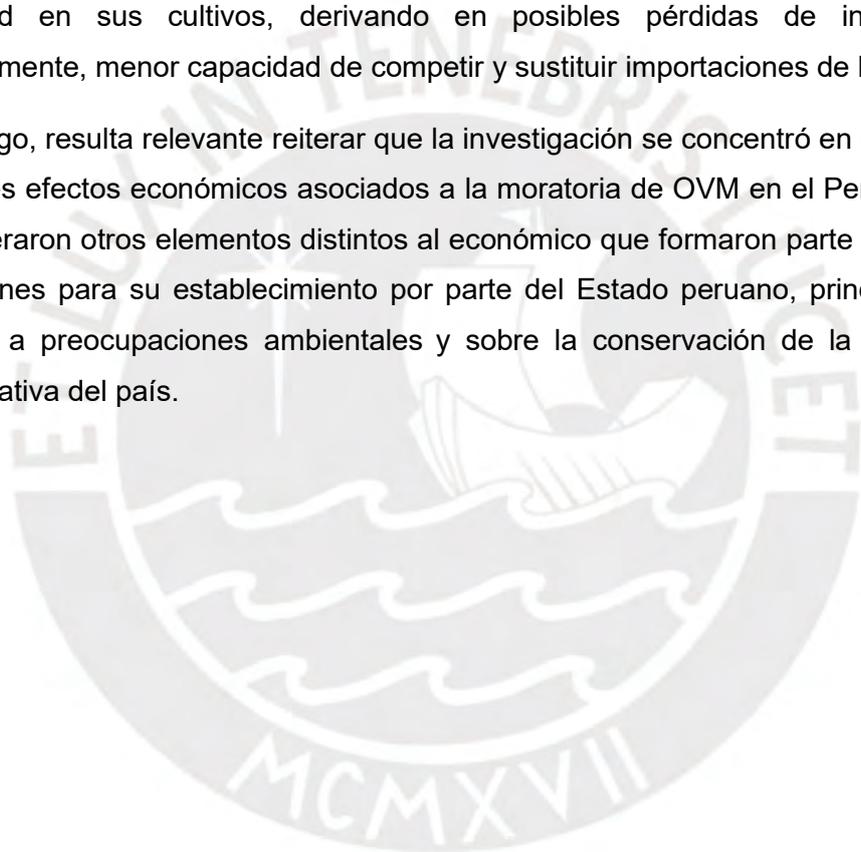
Por su parte, los parámetros estimados asociados a la variable *dummy* que representa a la aplicación del derecho adicional resultante del SFP resultaron no significativos para todas las variables endógenas, por lo cual no se llega a comprobar la hipótesis secundaria 4, es decir, la aplicación del derecho adicional resultante del sistema de franja de precios no genera efectos en la producción nacional de MAD. Este hallazgo genera una alerta sobre la conveniencia de este mecanismo para cumplir con sus objetivos de estabilización de precios.

En cuanto a la función impulso – respuesta, la producción de MAD presenta una repuesta positiva y significativa con respecto a rezagos de sí misma y una respuesta negativa y significativa a cambios en el precio de importación de semillas de MAD; comportamiento que coincide con lo esperado teóricamente, puesto que restricciones a la importación de insumos que suponen una innovación tecnológica se traducen en mayores costos de producción, afectando su comportamiento; con lo cual se confirma la hipótesis secundaria 2.

En el caso del comportamiento de la producción de MAD respecto de impulsos en la importación de MAD y la producción de carne de aves, no se encontró respuesta significativa, por lo que se descartan las hipótesis secundarias 1 y 3. Este hallazgo se confirma mediante el análisis de descomposición de la varianza que determina que la variabilidad de la producción de MAD se explicada por ella misma en 90% en promedio, 6% por el precio de importación de semilla de MAD, 3% por la importación de MAD y 1% por la producción de carne de ave.

De esta manera, el efecto sobre la producción de MAD asociado a la moratoria a la importación de semillas transgénicas, implícitamente también permite deducir que se ha reducido la capacidad de los agricultores para generar mayores rendimientos y rentabilidad en sus cultivos, derivando en posibles pérdidas de ingresos y, paradójicamente, menor capacidad de competir y sustituir importaciones de MAD.

Sin embargo, resulta relevante reiterar que la investigación se concentró en determinar los posibles efectos económicos asociados a la moratoria de OVM en el Perú, más no se consideraron otros elementos distintos al económico que formaron parte de la toma de decisiones para su establecimiento por parte del Estado peruano, principalmente asociados a preocupaciones ambientales y sobre la conservación de la diversidad genética nativa del país.



## 8. Recomendaciones

- Considerando que la moratoria al ingreso y producción de semillas transgénicas generó un quiebre estructural de efecto negativo en la producción de MAD en el Perú, al limitar la capacidad de los agricultores de acceder a mejoras tecnológicas a través de insumos que generen mayores rendimientos y rentabilidad en el cultivo, con el efecto asociado a mayores ganancias futuras y mejora en la capacidad competitiva que permita sustituir importaciones que no enfrentan la misma restricción en sus países de origen; se recomienda iniciar un proceso técnico de discusión participativa y transparente de la medida que permita su adaptación, modificación o eliminación.
- Considerando el tiempo transcurrido desde la aplicación de la moratoria a los OVM y que su imposición fue motivada bajo un enfoque precautorio, sin evidencia científica, asociada a posibles riesgos relacionados al medio ambiente y a la conservación de la diversidad genética nativa ante la propagación en el territorio peruano de semillas transgénicas; así como, tomando como referencia la literatura empírica encontrada con relación a que el uso de semillas OVM reduce el impacto ambiental asociado a la fumigación con pesticidas; corresponde realizar un estudio multidisciplinario que analice los avances a nivel internacional en el conocimiento científico relativo a los verdaderos beneficios y riesgos de la propagación, utilización y consumo de productos OVM y derivados, así como la experiencia comparada de otros países, prioritariamente en América Latina.
- Complementar la presente investigación mediante la estimación de la posible pérdida de ingresos por parte de los agricultores generada durante los años de impedimento de la utilización abierta y legal de semillas OVM; así como estimar los posibles ingresos futuros para los productores que podrían generarse de efectuarse la modificación o eliminación de la medida de moratoria, con la finalidad de contar con una cuantificación monetaria del impacto.
- Analizar los impactos económicos y ambientales que pudieran haberse generado por la utilización informal de semillas transgénicas en cultivos de MAD en distintas regiones del país detectadas en las acciones de vigilancia por parte de la autoridad ambiental, con la finalidad de contrastar los resultados frente a los supuestos y objetivos basados en el enfoque precautorio considerados para el establecimiento de la legislación de moratoria de OVM.

- Evaluar de manera específica los cambios metodológicos efectuados en el cálculo de los derechos adicionales resultantes del SFP, con la finalidad de adaptarla técnicamente o implementar alternativas más efectivas, las cuales deben orientarse a fortalecer la competitividad del sistema productivo del MAD en Perú, sin afectar los compromisos internacionales en el marco de la Organización Mundial del Comercio y los acuerdos comerciales vigentes.
- Considerando que la presente investigación se realizó utilizando el marco teórico neoclásico del comercio internacional, futuras investigaciones pueden complementar los hallazgos mediante la utilización de marcos teóricos alternativos, como el proporcionado por la economía ecológica, o enfoques metodológicos diferentes, como simulaciones de Montecarlo para generar diversos escenarios de estimación de los posibles impactos económicos y sociales asociados al establecimiento de la moratoria a OVM en Perú.



## 9. Bibliografía

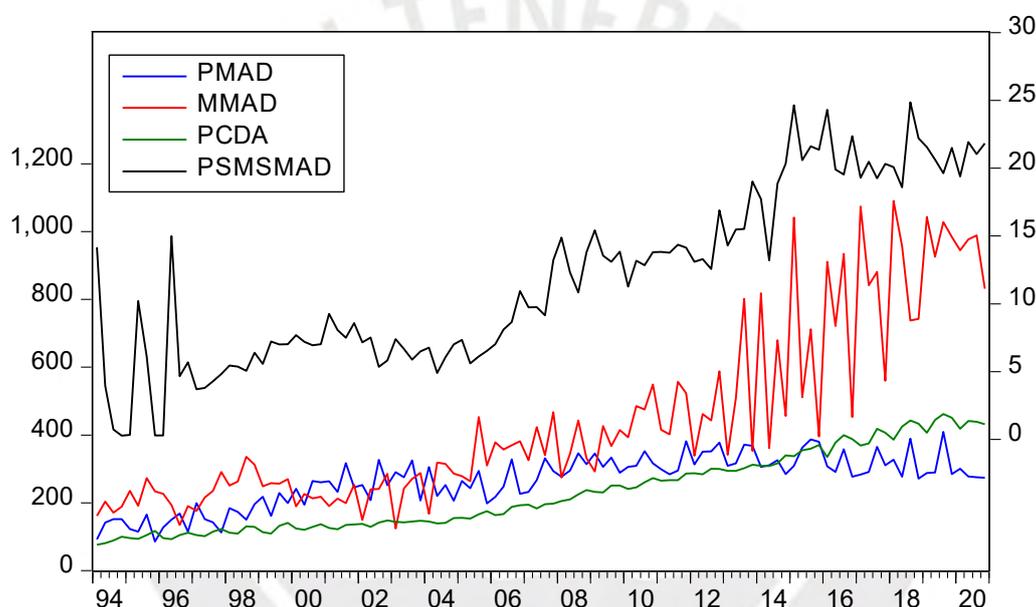
- Artigas, Carmen (2001). El principio precautorio en el derecho y la política internacional. CEPAL, Serie Recursos naturales e infraestructura N° 22, 5.
- Baldwin, Robert & Richard Green (1988). The Effects of Protection on Domestic Output. National Bureau of Economic Research, 7, 205 – 232.
- Brookes, Graham (2019). Twenty-one years of using insect resistant (GM) maize in Spain and Portugal: farm-level economic and environmental contributions, GM Crops & Food, 10:2, 90-101, DOI: 10.1080/21645698.2019.1614393
- Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología – CIISB (2022). Ley de Bioseguridad. Recuperado de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/normatividad/ley-de-bioseguridad/>
- Delgado, Dino (2021). Balance de la moratoria a los organismos vivos modificados en el Perú. Lima. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
- Dirección de Estadística Agraria. (2021). Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras”: Diciembre 2020. [Folleto]. Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/558835-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2020>
- Disdier, Anne-Célia & Lionel Fontagné (2009). Trade Impact of European Measures on GMOs Condemned by the WTO Panel. Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales, WP16.
- Gutierrez, Marcel (2013). El caso del maíz amarillo duro: lo que perdemos con la moratoria a los transgénicos. Negocios Internacionales, vol. 16, n° 188, p. 28-30. Sociedad de Comercio Exterior del Perú (COMEXPERÚ).
- Huamanchumo, Cecilia (2013). La cadena de valor de maíz en el Perú : Diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas, 66. Lima. IICA
- Klümper, Wilhelm & Martin Qaim. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. PLoS ONE 9(11): e111629. doi:10.1371/journal.pone.0111629.
- Krugman, Paul, Maurice Obstfeld & Marc Melitz (2012). Economía Internacional: Teoría y Política. Novena Edición. Madrid. Pearson Educación.
- Macall, Diego, William Kerr & Stuart Smyth (2022). Economic surplus implications of Mexico’s decision to phaseout genetically modified maize imports. GM Crops & Food, DOI: 10.1080/21645698.2021.2020028.

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2022). Marco Orientador de Cultivos 2020-2021 – Maíz Amarillo Duro. Recuperado de <https://gestionparticipativa.pe.iica.int/Procesos/Marco-Orientador-Cultivos/Presentacion/Analisis-economico-por-cultivo-priorizado/Maiz-amarillo-duro.aspx>
- Montoya, Omar (2004). Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica* Año X, No 25, 209 – 213.
- Norton, Roger (2004). *Política de desarrollo agrícola: Conceptos y principios*. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Pellegrino, Elisa, Stefano Bedini, Marco Nuti & Laura Ercoli. Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental, and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Nature Scientific Reports*, 8:3113.
- Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas. (2019, agosto 22). Resumen 54: Situación mundial de los cultivos transgénicos/biotecnológicos comercializados: 2018 [Comunicado de prensa e Infografía]. Recuperado de <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/>
- Zegarra, Eduardo (2013). Situación del mercado de semillas de maíz amarillo duro y moratoria a la entrada de semillas transgénicas. *Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES), Debate Agrario*, (46), 68 – 91.
- Zegarra, Eduardo (2015). El fin de la franja de precios (o de cómo un día Humala y Segura decidieron desproteger nuestra agricultura). *Revista IDEELE*. Recuperado de <https://www.revistaideele.com/2021/06/09/el-fin-de-la-franja-de-precios-o-de-como-un-dia-humala-y-segura-decidieron-desproteger-nuestra-agricultura/>

## Anexo 1: Detalle de la descomposición de las series de tiempo

Gráficamente en las series se observa cierto factor estacional recurrente. Asimismo, presentan cierta tendencia creciente, debiendo analizarse si es determinista o estocástica; es decir, estacionarias en tendencia (determinística), en diferencias o en niveles (alrededor de un valor fijo, como su media). Resulta relevante analizar la presencia de posibles quiebres estructurales (más de un proceso generador de datos). Además, las series parecerían tener una cierta evolución sincronizada en el largo plazo; es decir, podrían cointegrar.

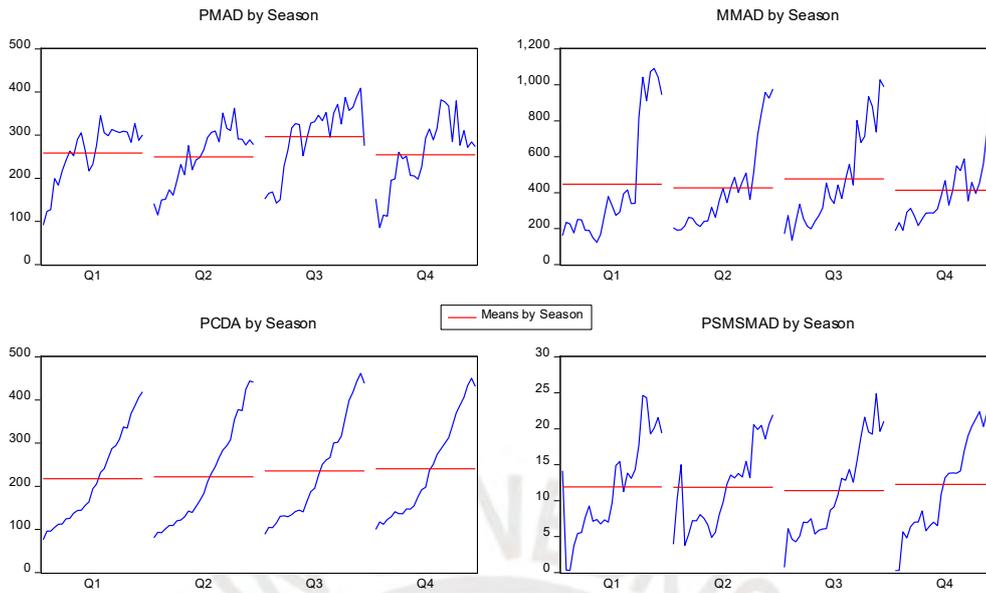
Gráfico 9: Series de tiempo de las variables



### 1.1. Estacionalidad

Aplicando la prueba de estacionalidad se observa que la producción de MAD y la importación de MAD presentan un factor estacional en el tercer trimestre de cada año; mientras que, la producción de carne de ave y el precio de importación de semilla de MAD tienen un ligero factor estacional en el cuarto trimestre. En ese sentido, se procederá a efectuar el ajuste estacional de las series mediante el método Census X12.

**Gráfico 10: Descomposición estacional de las variables**



**1.2. Correlogramas**

De acuerdo con el análisis de los correlogramas, se observa que las variables pueden tener raíces unitarias dado que la función de autocorrelación simple (FAS) no decae exponencialmente (característica de las series estacionarias), lo cual advierte la presencia de no estacionariedad en media. Adicionalmente la función de autocorrelación parcial (FAP) sobrepasa las bandas de confianza. La identificación del factor estacional de las series permitirá incorporar dicho componente en modelamiento del VAR.

**Gráfico 11: Correlograma de PMAD**

Date: 09/10/21 Time: 23:58  
 Sample: 1994Q1 2020Q4  
 Included observations: 108

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.728	0.728	58.824	0.000	
2	0.752	0.472	122.12	0.000	
3	0.677	0.122	173.97	0.000	
4	0.800	0.474	247.13	0.000	
5	0.614	-0.260	290.65	0.000	
6	0.662	0.047	341.65	0.000	
7	0.604	0.056	384.58	0.000	
8	0.667	0.011	437.49	0.000	
9	0.510	-0.129	468.73	0.000	
10	0.542	-0.063	504.37	0.000	
11	0.476	-0.057	532.14	0.000	
12	0.506	-0.031	563.78	0.000	
13	0.408	0.054	584.63	0.000	
14	0.436	-0.002	608.64	0.000	
15	0.368	-0.047	625.93	0.000	
16	0.396	0.058	646.18	0.000	
17	0.301	-0.081	657.99	0.000	
18	0.308	-0.064	670.51	0.000	
19	0.238	-0.048	678.05	0.000	
20	0.283	0.067	688.86	0.000	
21	0.219	0.050	695.42	0.000	
22	0.196	-0.125	700.71	0.000	
23	0.171	0.111	704.79	0.000	
24	0.207	0.034	710.85	0.000	
25	0.152	0.008	714.17	0.000	
26	0.132	0.021	716.69	0.000	
27	0.121	-0.023	718.83	0.000	
28	0.157	0.050	722.50	0.000	
29	0.101	-0.049	724.03	0.000	
30	0.088	-0.010	725.21	0.000	
31	0.088	-0.003	726.40	0.000	
32	0.098	-0.052	727.91	0.000	
33	0.054	0.021	728.38	0.000	
34	0.043	-0.059	728.67	0.000	
35	0.031	-0.049	728.83	0.000	
36	0.066	0.119	729.55	0.000	

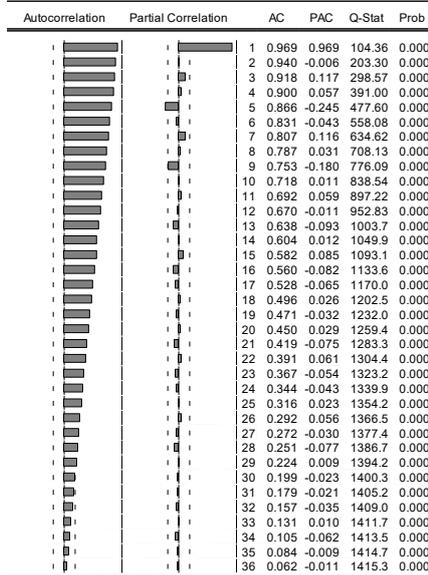
**Gráfico 12: Correlograma de MMAD**

Date: 09/11/21 Time: 00:00  
 Sample: 1994Q1 2020Q4  
 Included observations: 108

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.733	0.733	59.825	0.000	
2	0.828	0.628	136.38	0.000	
3	0.697	0.041	191.40	0.000	
4	0.830	0.419	270.10	0.000	
5	0.648	-0.206	318.59	0.000	
6	0.705	-0.135	376.43	0.000	
7	0.597	-0.024	418.38	0.000	
8	0.669	0.009	471.56	0.000	
9	0.563	0.074	509.56	0.000	
10	0.604	0.061	553.77	0.000	
11	0.499	-0.118	584.26	0.000	
12	0.548	-0.022	621.36	0.000	
13	0.478	0.039	649.90	0.000	
14	0.470	-0.157	677.81	0.000	
15	0.413	0.058	699.55	0.000	
16	0.400	-0.106	720.24	0.000	
17	0.381	0.046	739.19	0.000	
18	0.350	0.050	755.40	0.000	
19	0.342	0.051	771.00	0.000	
20	0.292	-0.060	782.49	0.000	
21	0.281	-0.106	793.26	0.000	
22	0.286	0.168	804.55	0.000	
23	0.271	-0.001	814.80	0.000	
24	0.202	-0.142	820.57	0.000	
25	0.216	0.054	827.27	0.000	
26	0.184	-0.099	832.15	0.000	
27	0.193	0.009	837.61	0.000	
28	0.130	0.090	840.11	0.000	
29	0.148	-0.060	843.40	0.000	
30	0.097	-0.043	844.84	0.000	
31	0.103	-0.076	846.47	0.000	
32	0.085	0.079	847.59	0.000	
33	0.058	-0.044	848.13	0.000	
34	0.049	0.058	848.51	0.000	
35	0.048	0.041	848.89	0.000	
36	0.035	-0.066	849.09	0.000	

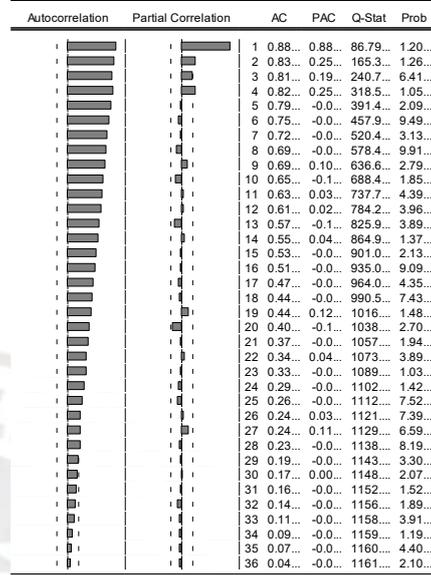
**Gráfico 13: Correlograma de PCDA**

Date: 09/11/21 Time: 00:01  
Sample: 1994Q1 2020Q4  
Included observations: 108



**Gráfico 14: Correlograma de PCDA**

Date: 04/15/22 Time: 22:41  
Sample: 1994Q1 2020Q4  
Included observations: 108



### 1.3. Test de Raíz Unitaria

Para corroborar la presencia de raíz unitaria se utiliza la prueba secuencial de Dickey-Fuller aumentada (DFA) sobre las series desestacionalizadas, iniciando el análisis incluyendo tendencia y constante, luego solo con constante y finalmente sin tendencia ni constante.

- PMAD\_SA: el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo tendencia y constante es -2.83, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente de la tendencia (1.88) es menor en valor absoluto al valor crítico<sup>4</sup> de 2.79; es decir, el coeficiente de la tendencia es no significativa.

Luego, el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo solo la constante es -2.33, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente del intercepto (2.43) es menor en valor absoluto al valor crítico de 2.54, es decir el coeficiente del intercepto es no significativo.

<sup>4</sup> Este valor referencial para el “t” estadístico del coeficiente de la tendencia considera un tamaño de muestra de 100 y un nivel de significancia de 5% de una distribución simétrica empírica. Fuente Dickey y Fuller, 1981.

Finalmente, el estadístico “t” de la prueba DFA sin tendencia ni constante es 0.11, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. Por lo tanto, la variable PMAD\_SA tiene al menos una raíz unitaria.

### Cuadro 1: Test DFA - PMAD\_SA, con intercepto y tendencia

Null Hypothesis: PMAD\_SA has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.826623	0.1912
Test critical values: 1% level	-4.046925	
5% level	-3.452764	
10% level	-3.151911	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(PMAD\_SA)  
Method: Least Squares  
Date: 09/11/21 Time: 00:05  
Sample (adjusted): 1994Q3 2020Q4  
Included observations: 106 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PMAD_SA(-1)	-0.228870	0.080969	-2.826623	0.0057
D(PMAD_SA(-1))	-0.276213	0.100616	-2.745237	0.0071
C	44.12149	14.24527	3.097272	0.0025
@TREND("1994Q1")	0.343487	0.182748	1.879568	0.0630
R-squared	0.220945	Mean dependent var		1.581611
Adjusted R-squared	0.198031	S.D. dependent var		33.02252
S.E. of regression	29.57256	Akaike info criterion		9.648577
Sum squared resid	89202.73	Schwarz criterion		9.749084
Log likelihood	-507.3746	Hannan-Quinn criter.		9.689313
F-statistic	9.642598	Durbin-Watson stat		2.077571
Prob(F-statistic)	0.000012			

### Cuadro 2: Test DFA – PMAD\_SA, solo intercepto

Null Hypothesis: PMAD\_SA has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.327552	0.1653
Test critical values: 1% level	-3.493129	
5% level	-2.888932	
10% level	-2.581453	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(PMAD\_SA)  
Method: Least Squares  
Date: 09/11/21 Time: 00:07  
Sample (adjusted): 1994Q3 2020Q4  
Included observations: 106 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PMAD_SA(-1)	-0.098576	0.042352	-2.327552	0.0219
D(PMAD_SA(-1))	-0.359761	0.091367	-3.937530	0.0001
C	28.27195	11.62159	2.432709	0.0167
R-squared	0.193962	Mean dependent var		1.581611
Adjusted R-squared	0.178311	S.D. dependent var		33.02252
S.E. of regression	29.93395	Akaike info criterion		9.663757
Sum squared resid	92292.27	Schwarz criterion		9.739138
Log likelihood	-509.1791	Hannan-Quinn criter.		9.694309
F-statistic	12.39277	Durbin-Watson stat		2.132814
Prob(F-statistic)	0.000015			

### Cuadro 3: Test DFA – PMAD\_SA, sin intercepto ni tendencia

Null Hypothesis: PMAD\_SA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.108019	0.7148
Test critical values:		
1% level	-2.586960	
5% level	-1.943882	
10% level	-1.614731	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PMAD\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:08  
 Sample (adjusted): 1994Q3 2020Q4  
 Included observations: 106 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PMAD_SA(-1)	0.001172	0.010851	0.108019	0.9142
D(PMAD_SA(-1))	-0.394448	0.092357	-4.270902	0.0000
R-squared	0.147649	Mean dependent var		1.581611
Adjusted R-squared	0.139454	S.D. dependent var		33.02252
S.E. of regression	30.63355	Akaike info criterion		9.700756
Sum squared resid	97595.11	Schwarz criterion		9.751010
Log likelihood	-512.1401	Hannan-Quinn criter.		9.721125
Durbin-Watson stat	2.156187			

- MMAD\_SA: el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo tendencia y constante es -1.27, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente de la tendencia (1.84) es menor en valor absoluto al valor crítico de 2.79; es decir, el coeficiente de la tendencia es no significativa.

Luego, el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo solo la constante es -1.03, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente del intercepto (0.38) es menor en valor absoluto al valor crítico de 2.54, es decir el coeficiente del intercepto es no significativo.

Finalmente, el estadístico “t” de la prueba DFA sin tendencia ni constante es 2.81, es decir, mayor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. Por lo tanto, la variable MMAD\_SA tiene al menos una raíz unitaria.

## Cuadro 4: Test DFA – MMAD\_SA, con intercepto y tendencia

Null Hypothesis: MMAD\_SA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.270266	0.8896
Test critical values:		
1% level	-4.048682	
5% level	-3.453601	
10% level	-3.152400	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(MMAD\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:09  
 Sample (adjusted): 1995Q1 2020Q4  
 Included observations: 104 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MMAD_SA(-1)	-0.112623	0.088661	-1.270266	0.2070
D(MMAD_SA(-1))	-0.898422	0.117978	-7.615176	0.0000
D(MMAD_SA(-2))	-0.624532	0.128592	-4.856697	0.0000
D(MMAD_SA(-3))	-0.313708	0.098563	-3.182806	0.0020
C	0.891244	17.64229	0.050517	0.9598
@TREND("1994Q1")	1.276123	0.692347	1.843184	0.0683
R-squared	0.537576	Mean dependent var		8.170527
Adjusted R-squared	0.513983	S.D. dependent var		120.7830
S.E. of regression	84.20378	Akaike info criterion		11.76032
Sum squared resid	694847.1	Schwarz criterion		11.91288
Log likelihood	-605.5365	Hannan-Quinn criter.		11.82212
F-statistic	22.78537	Durbin-Watson stat		2.067031
Prob(F-statistic)	0.000000			

## Cuadro 5: Test DFA – MMAD\_SA, con intercepto

Null Hypothesis: MMAD\_SA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.032092	0.9967
Test critical values:		
1% level	-3.494378	
5% level	-2.889474	
10% level	-2.581741	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(MMAD\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:10  
 Sample (adjusted): 1995Q1 2020Q4  
 Included observations: 104 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MMAD_SA(-1)	0.037105	0.035951	1.032092	0.3045
D(MMAD_SA(-1))	-1.008134	0.103087	-9.779412	0.0000
D(MMAD_SA(-2))	-0.688484	0.125313	-5.494130	0.0000
D(MMAD_SA(-3))	-0.338948	0.098782	-3.431271	0.0009
C	6.739457	17.56350	0.383720	0.7020
R-squared	0.521546	Mean dependent var		8.170527
Adjusted R-squared	0.502214	S.D. dependent var		120.7830
S.E. of regression	85.21719	Akaike info criterion		11.77517
Sum squared resid	718935.0	Schwarz criterion		11.90230
Log likelihood	-607.3086	Hannan-Quinn criter.		11.82667
F-statistic	26.97907	Durbin-Watson stat		2.082222
Prob(F-statistic)	0.000000			

## Cuadro 6: Test DFA – MMAD\_SA, sin intercepto ni tendencia

Null Hypothesis: MMAD\_SA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	2.812844	0.9988
Test critical values:		
1% level	-2.587387	
5% level	-1.943943	
10% level	-1.614694	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(MMAD\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:10  
 Sample (adjusted): 1995Q1 2020Q4  
 Included observations: 104 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MMAD_SA(-1)	0.049145	0.017472	2.812844	0.0059
D(MMAD_SA(-1))	-1.017638	0.099640	-10.21317	0.0000
D(MMAD_SA(-2))	-0.694364	0.123841	-5.606896	0.0000
D(MMAD_SA(-3))	-0.341058	0.098207	-3.472828	0.0008

R-squared	0.520834	Mean dependent var	8.170527
Adjusted R-squared	0.506459	S.D. dependent var	120.7830
S.E. of regression	84.85307	Akaike info criterion	11.75742
Sum squared resid	720004.3	Schwarz criterion	11.85913
Log likelihood	-607.3859	Hannan-Quinn criter.	11.79863
Durbin-Watson stat	2.084742		

- PCDA\_SA: el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo tendencia y constante es 1.80, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente de la tendencia (2.01) es menor en valor absoluto al valor crítico de 2.79; es decir, el coeficiente de la tendencia es no significativa.

Luego, el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo solo la constante es 0.59, es decir, menor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. La significancia del coeficiente del intercepto (1.44) es menor en valor absoluto al valor crítico de 2.54, es decir el coeficiente del intercepto es no significativo.

Finalmente, el estadístico “t” de la prueba DFA sin tendencia ni constante es 4.22, es decir, mayor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. Por lo tanto, la variable PCDA\_SA tiene al menos una raíz unitaria.

## Cuadro 7: Test DFA – PCDA\_SA, con intercepto y tendencia

Null Hypothesis: PCDA\_SA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-1.804154</b>	<b>0.6960</b>
Test critical values:		
1% level	-4.046072	
5% level	-3.452358	
10% level	-3.151673	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PCDA\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:11  
 Sample (adjusted): 1994Q2 2020Q4  
 Included observations: 107 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCDA_SA(-1)	-0.048149	0.026688	-1.804154	0.0741
C	3.637564	1.737977	2.092987	0.0388
@TREND("1994Q1")	0.195042	0.097215	2.006305	0.0474
R-squared	0.040459	Mean dependent var		3.242800
Adjusted R-squared	0.022006	S.D. dependent var		7.524327
S.E. of regression	7.441075	Akaike info criterion		6.879545
Sum squared resid	5758.438	Schwarz criterion		6.954484
Log likelihood	-365.0556	Hannan-Quinn criter.		6.909924
F-statistic	2.192579	Durbin-Watson stat		2.376461
Prob(F-statistic)	0.116763			

## Cuadro 8: Test DFA – PCDA\_SA, con intercepto

Null Hypothesis: PCDA\_SA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>0.591455</b>	<b>0.9889</b>
Test critical values:		
1% level	-3.492523	
5% level	-2.888669	
10% level	-2.581313	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PCDA\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:12  
 Sample (adjusted): 1994Q2 2020Q4  
 Included observations: 107 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCDA_SA(-1)	0.003836	0.006485	0.591455	0.5555
C	2.372323	1.642692	1.444168	0.1517
R-squared	0.003321	Mean dependent var		3.242800
Adjusted R-squared	-0.006172	S.D. dependent var		7.524327
S.E. of regression	7.547510	Akaike info criterion		6.898827
Sum squared resid	5981.315	Schwarz criterion		6.948787
Log likelihood	-367.0873	Hannan-Quinn criter.		6.919080
F-statistic	0.349820	Durbin-Watson stat		2.410538
Prob(F-statistic)	0.555487			

### Cuadro 9: Test DFA – PCDA\_SA, sin intercepto ni tendencia

Null Hypothesis: PCDA\_SA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	4.223009	1.0000
Test critical values:		
1% level	-2.586753	
5% level	-1.943853	
10% level	-1.614749	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PCDA\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/11/21 Time: 00:13  
 Sample (adjusted): 1994Q2 2020Q4  
 Included observations: 107 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCDA_SA(-1)	0.012227	0.002895	4.223009	0.0001
R-squared	-0.016477	Mean dependent var		3.242800
Adjusted R-squared	-0.016477	S.D. dependent var		7.524327
S.E. of regression	7.586061	Akaike info criterion		6.899804
Sum squared resid	6100.123	Schwarz criterion		6.924784
Log likelihood	-368.1395	Hannan-Quinn criter.		6.909930
Durbin-Watson stat	2.383594			

- PSMSMAD\_SA: el estadístico “t” de la prueba DFA incluyendo tendencia y constante es 4.46, es decir, mayor en términos absolutos a los valores críticos en todos los niveles de significancia. En consecuencia, se puede afirmar que la serie PSMSMAD\_SA, que en un inicio aparentaba tener raíz unitaria, en realidad es estacionaria alrededor de una tendencia determinista (coeficiente estimado asociado a la tendencia es significativo: p-value=0.0); es decir, PSMSMAD\_SA es integrada de orden cero: I(0).

## Cuadro 10: Test DFA – PSMAD\_SA, con intercepto y tendencia

Null Hypothesis: PSMAD\_SA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-4.462132</b>	<b>0.0027</b>
Test critical values:		
1% level	-4.046925	
5% level	-3.452764	
10% level	-3.151911	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(PSMAD\_SA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 04/17/22 Time: 22:08  
 Sample (adjusted): 1994Q3 2020Q4  
 Included observations: 106 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PSMAD_SA(-1)	-0.407503	0.091325	-4.462132	0.0000
D(PSMAD_SA(-1))	-0.136484	0.078609	-1.736254	0.0855
C	0.625978	0.408232	1.533386	0.1283
@TREND("1994Q1")	0.079711	0.018649	4.274272	0.0000

R-squared	0.258125	Mean dependent var	0.186550
Adjusted R-squared	0.236306	S.D. dependent var	2.258738
S.E. of regression	1.973902	Akaike info criterion	4.234908
Sum squared resid	397.4217	Schwarz criterion	4.335415
Log likelihood	-220.4501	Hannan-Quinn criter.	4.275644
F-statistic	11.82984	Durbin-Watson stat	2.152140
Prob(F-statistic)	0.000001		

### 1.4. Prueba de quiebre estructural

Considerando que la prueba DFA no identifica la existencia de estacionariedad con quiebre estructural; es decir, tiene poca potencia para rechazar la hipótesis nula falsa, se aplica la prueba Zivot y Andrews en sus tres modelos: quiebre en media (modelo A), quiebre en tendencia (modelo B) y quiebre en media y tendencia (modelo C).

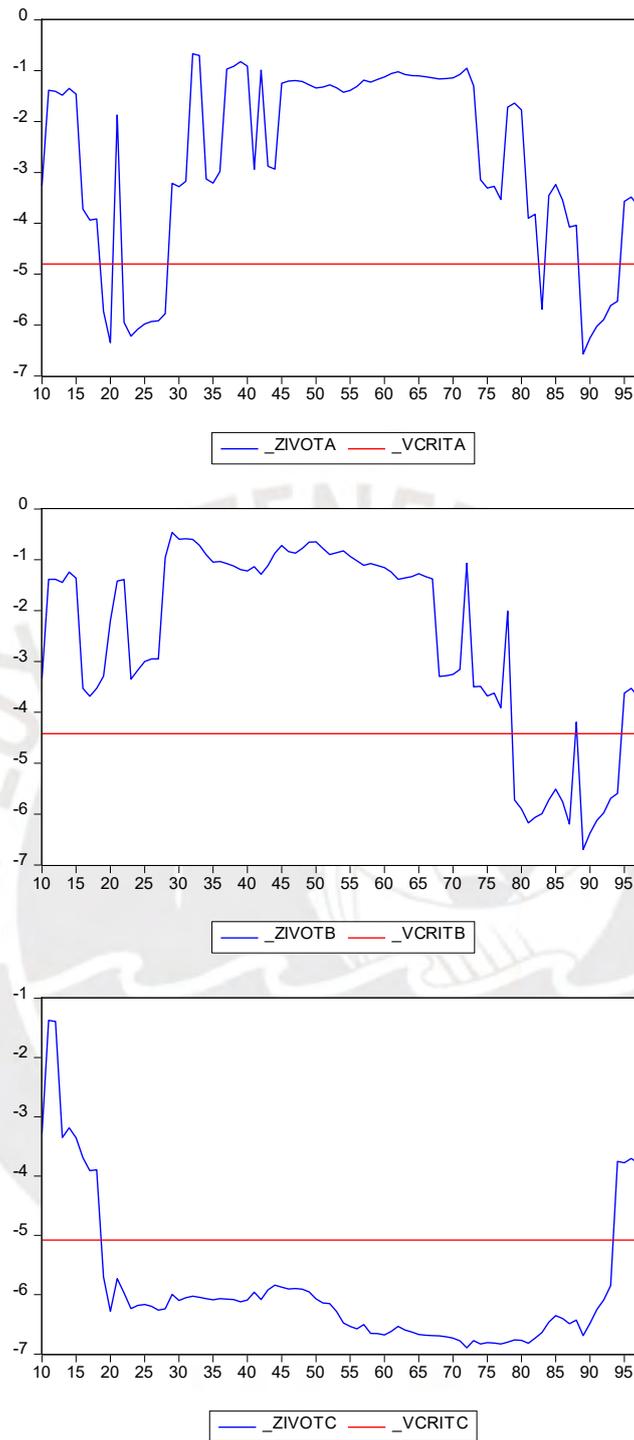
- PMAD\_SA: se observa que el mejor modelo es el 2 (quiebre en tendencia) y considerando que en el gráfico el coeficiente “t” sobrepasa el nivel crítico (línea roja) de ese modelo, no se rechaza que la serie PMAD\_SA es estacionaria con quiebre estructural en tendencia. El quiebre se observa en el periodo 88, que corresponde al cuarto trimestre del 2015.

## Cuadro 11: Test Zivot & Andrews – PMAD\_SA

Resultados de la prueba F  
 Serie analizada pmad\_sa

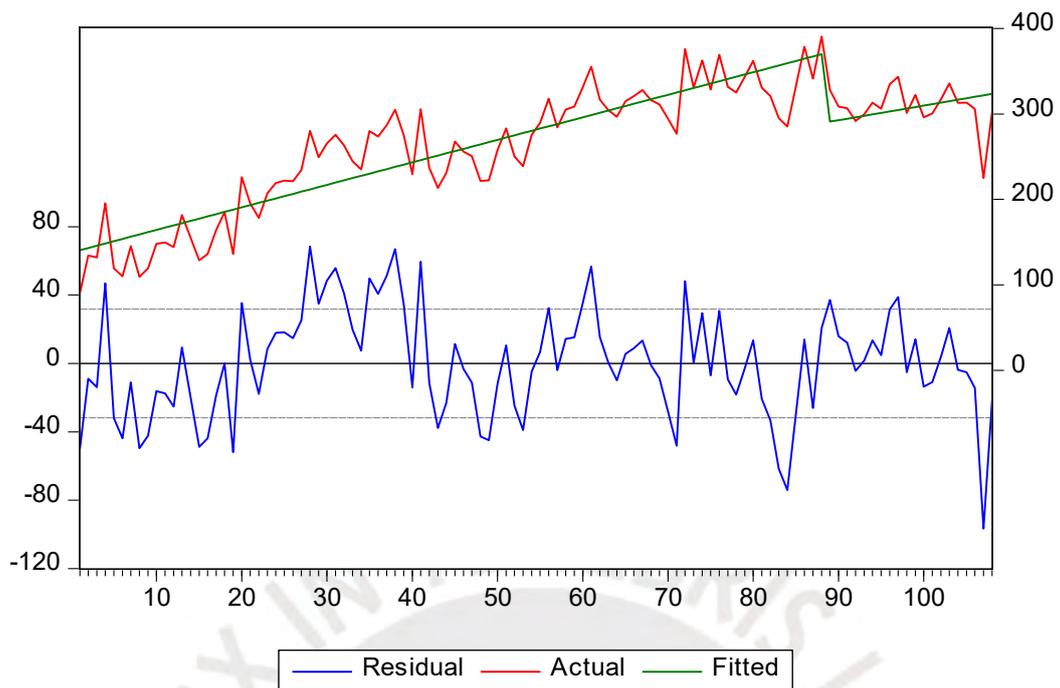
Modelo A	El quiebre está en el período 89
Modelo B	El quiebre está en el período 88
Modelo C	El quiebre está en el período 71
Mejor Modelo	2

**Gráfico 15: Test Zivot & Andrews – PMAD\_SA**



Para corroborar lo anterior se procede a limpiar la serie; es decir, capturar los residuos de la regresión de PMAD\_SA sobre un intercepto, una tendencia y una variable *dummy* aplicada a dicha tendencia que adopta el valor de 1 a partir del periodo 89. Luego de realizar la regresión se obtiene la serie limpia de quiebre estructural en tendencia (residual).

Gráfico 16: PMAD\_SA sin quiebre estructural



El gráfico corrobora que los residuos son estacionarios alrededor de su media. No obstante, para corroborar la estacionariedad se aplica la prueba DFA para los residuos (considerando que la mejor especificación fue sin tendencia ni constante), obteniendo un estadístico “t” de -6.35, mayor que los valores críticos en términos absoluto en todos los niveles de significancia. En consecuencia, se puede afirmar que la serie PMAD\_SA, que en un inicio aparentaba tener raíz unitaria, en realidad es estacionaria con quiebre estructural en tendencia; es decir, PMAD\_SA es integrada de orden cero:  $I(0)$ .

### Cuadro 12: Test DFA a residuos de PMAD\_SA

Null Hypothesis: RESIDUOS has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.351379	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.586753	
5% level	-1.943853	
10% level	-1.614749	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(RESIDUOS)  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/08/21 Time: 17:08  
 Sample (adjusted): 2 108  
 Included observations: 107 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESIDUOS(-1)	-0.541563	0.085267	-6.351379	0.0000
R-squared	0.275611	Mean dependent var		0.265089
Adjusted R-squared	0.275611	S.D. dependent var		32.53059
S.E. of regression	27.68713	Akaike info criterion		9.489114
Sum squared resid	81257.18	Schwarz criterion		9.514094
Log likelihood	-506.6676	Hannan-Quinn criter.		9.499241
Durbin-Watson stat	2.106933			

Para corroborarlo, se aplica la prueba de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), la cual considera la presencia de estacionariedad en tendencia, resultando que la probabilidad asociada al estadístico KPSS es 0.24, por lo que no se rechaza la estacionariedad considerando tendencia, para los tres niveles de significancia.

### Cuadro 13: Test KPSS - PMAD\_SA

Null Hypothesis: PMAD_SA is stationary				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Bandwidth: 6 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
	LM Stat			
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.248074			
Asymptotic critical values*	1% level 0.216000			
	5% level 0.148000			
	10% level 0.119000			
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)				
Residual variance (no correction)	1651.273			
NAC corrected variance (Bartlett kernel)	8274.512			
KPSS Test Equation				
Dependent Variable: PMAD_SA				
Method: Least Squares				
Date: 10/14/21 Time 08:27				
Sample: 1994Q1 2020Q4				
Included observations: 188				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
C	104.0458	7.839303	21.00209	0.0000
@TREND("1994Q1")	-1.872621	6.126602	-14.79293	0.0000
R-squared	0.673676	Mean dependent var	264.8417	
Adjusted R-squared	0.670598	S.D. dependent var	71.46082	
S.E. of regression	41.01742	Akaike info criterion	10.28422	
Sum squared resid	178337.4	Schwarz criterion	10.33388	
Log likelihood	-553.3476	Hannan-Quinn criter	10.30435	
F-statistic	219.8308	Durbin-Watson stat	0.651875	
Prob(F-statistic)	0.000000			

- MMAD\_SA: se observa que el mejor modelo es el 2 (quiebre en tendencia) y considerando que en el gráfico el coeficiente “t” no sobrepasa el nivel crítico (línea roja) de ese modelo, se rechaza que la serie MMAD\_SA es estacionaria con quiebre estructural en tendencia. En consecuencia, MMAD\_SA tiene raíz unitaria en todos los niveles de significancia (es no estacionaria en niveles) y su tendencia es estocástica.

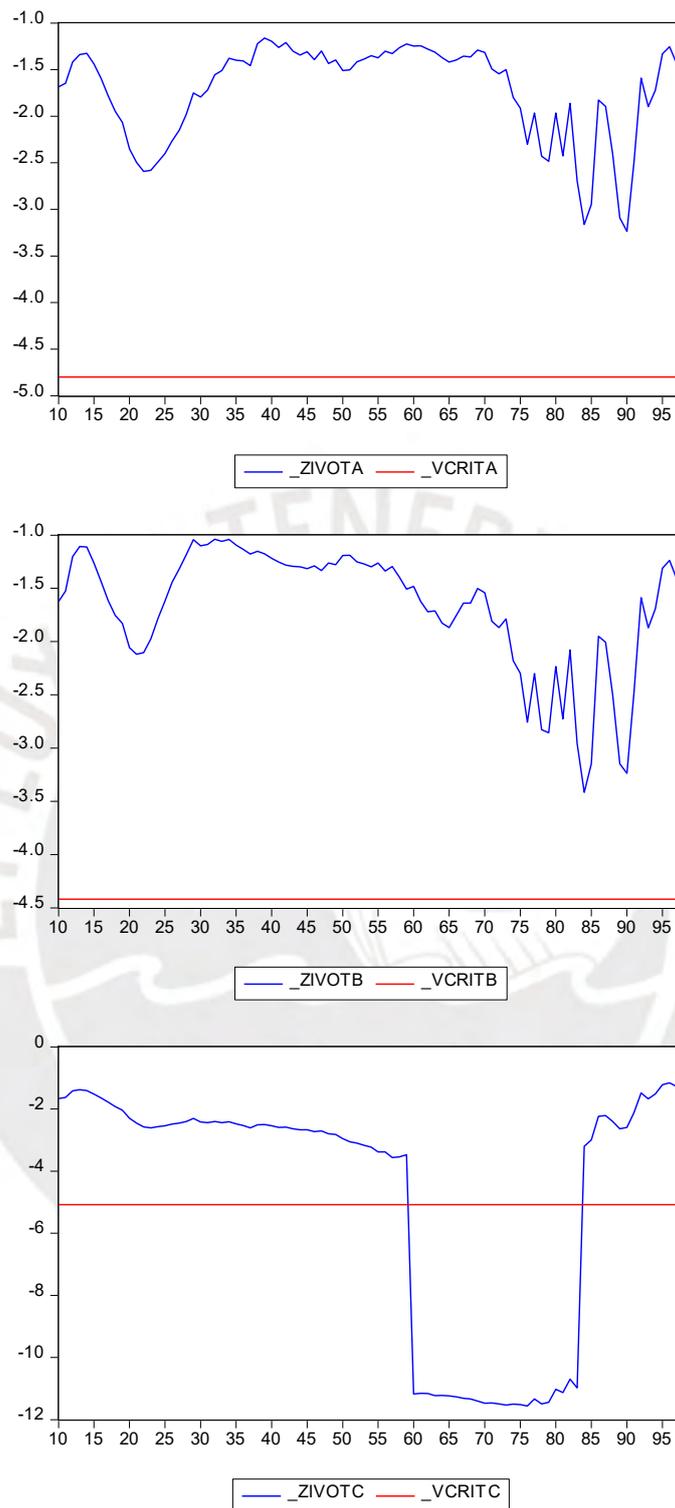
### Cuadro 14: Test Zivot & Andrews - MMAD\_SA

Resultados de la prueba F

Serie analizada MMAD\_SA

Modelo A	El quiebre está en el período 88
Modelo B	El quiebre está en el período 88
Modelo C	El quiebre está en el período 77
Mejor Modelo	2

**Gráfico 17: Test Zivot & Andrews - MMAD\_SA**



Para saber el número de raíces unitarias se procedió a diferenciar la serie y aplicar la prueba de DFA, resultando para la primera diferencia de la serie MMAD\_SA (considerando que la mejor especificación fue sin tendencia ni constante) un estadístico “t” de -10.3, mayor a los valores críticos en términos

absoluto en todos los niveles de significancia. En consecuencia, MMAD\_SA, tiene una raíz unitaria; es decir, es integrada de orden 1: I(1).

**Cuadro 15: Test DFA - D(MMAD\_SA)**

Null Hypothesis: D(MMAD_SA) has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-10.30075	0.0000	
Test critical values:	1% level	-2.587387		
	5% level	-1.943943		
	10% level	-1.614694		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(MMAD_SA,2)				
Method: Least Squares				
Date: 09/08/21 Time: 17:32				
Sample (adjusted): 1995Q1 2020Q4				
Included observations: 104 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(MMAD_SA(-1))	-2.788780	0.270736	-10.30075	0.0000
D(MMAD_SA(-1),2)	0.866875	0.202430	4.282337	0.0000
D(MMAD_SA(-2),2)	0.278003	0.098832	2.812870	0.0059
R-squared	0.839513	Mean dependent var	0.189141	
Adjusted R-squared	0.836335	S.D. dependent var	216.8027	
S.E. of regression	87.70855	Akaike info criterion	11.81434	
Sum squared resid	776971.7	Schwarz criterion	11.89062	
Log likelihood	-611.3456	Hannan-Quinn criter.	11.84524	
Durbin-Watson stat	2.011203			

- PCDA\_SA: se observa que el mejor modelo es el 3 (quiebre en media y tendencia) y considerando que en el gráfico el coeficiente “t” no sobrepasa el nivel crítico (línea roja) de ese modelo, se rechaza que la serie PCDA\_SA es estacionaria con quiebre estructural en tendencia. En consecuencia, PCDA\_SA tiene raíz unitaria en todos los niveles de significancia (es no estacionaria en niveles) y su tendencia es estocástica.

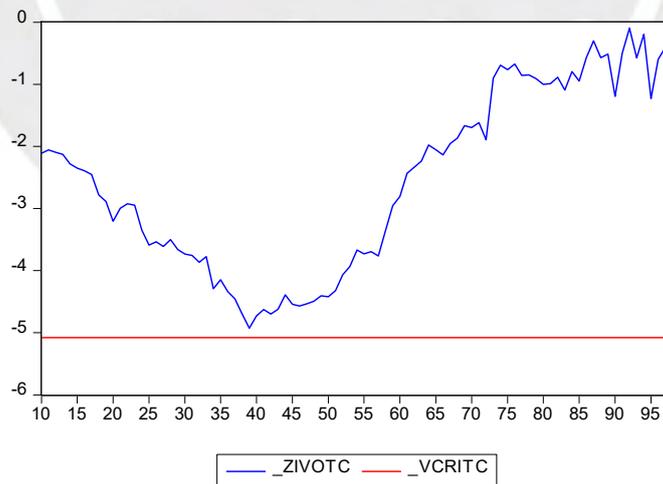
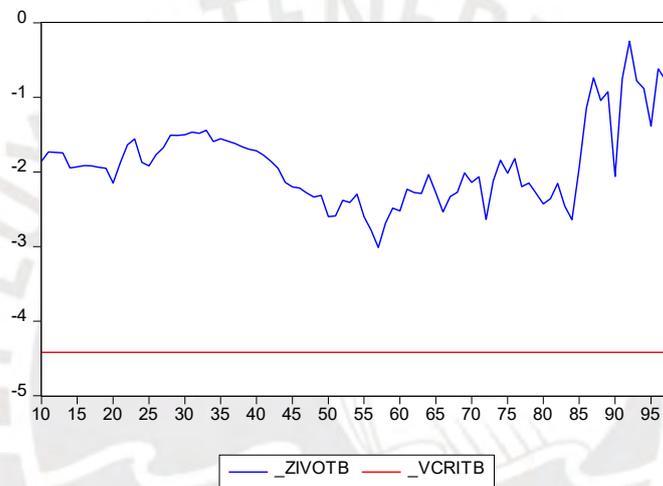
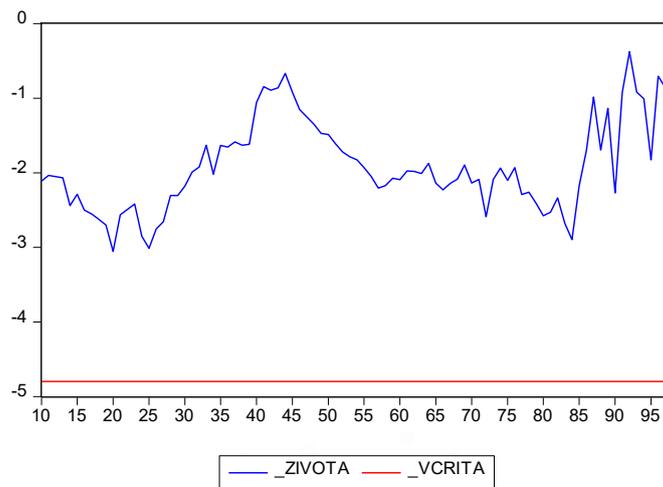
**Cuadro 16: Test Zivot & Andrews - PCDA\_SA**

Resultados de la prueba F

Serie analizada PCDA\_SA

Modelo A	El quiebre está en el período 26
Modelo B	El quiebre está en el período 83
Modelo C	El quiebre está en el período 42
Mejor Modelo	3

**Gráfico 18: Test Zivot & Andrews - PCDA\_SA**



Para saber el número de raíces unitarias se procedió a diferenciar la serie y aplicar la prueba de DFA, resultando para la primera diferencia de la serie PCDA\_SA (considerando que la mejor especificación fue solo incluyendo constante) un estadístico “t” de -12.5, mayor a los valores críticos en términos

absoluto en todos los niveles de significancia. En consecuencia, PCDA\_SA, tiene una raíz unitaria; es decir, es integrada de orden 1: I(1).

**Cuadro 17: Test DFA - D(PCDA\_SA)**

Null Hypothesis: D(PCDA_SA) has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlags:12)				
			t-Statistic	Prob. *
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-12.50173	0.0000
Test critical values	1% level		-3.493129	
	5% level		-2.888932	
	10% level		-2.581453	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(PCDA_SA,2)				
Method: Least Squares				
Date: 09/08/21 Time: 21:33				
Sample (adjusted): 1994Q3 2020Q4				
Included observations: 106 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PCDA_SA(-1))	-1.199042	0.095010	-12.50173	0.0000
C	3.844340	0.786274	4.889315	0.0000
R-squared	0.600450	Mean dependent var		-0.063006
Adjusted R-squared	0.596009	S.D. dependent var		11.69547
S.E. of regression	7.425155	Akaike info criterion		6.867120
Sum squared resid	5738.459	Schwarz criterion		6.917373
Log likelihood	-361.9573	Hannan-Quinn criter		6.887488
F-statistic	156.2931	Durbin-Watson stat		1.999231
Prob(F-statistic)	0.000000			



## Anexo 2: Determinación del orden de las variables endógenas

En un modelo VAR, a diferencia de un modelo VEC, para la estimación no es relevante el orden de las variables endógenas; sin embargo, resulta relevante para analizar la función impulso respuesta. En este sentido, se aplicará como argumento optativo la causalidad a lo Granger para determinar el ordenamiento de las variables.

- Prueba de Granger entre PMAD\_SA y PCDA\_SA: considerando la probabilidad de 0.0293 y un nivel de significancia de 5%, se rechaza que PCDA\_SA no sea causada, a lo Granger, a PMAD\_SA.
- Prueba de Granger entre MMAD\_SA y PCDA\_SA: considerando la probabilidad que tiende a cero y un nivel de significancia de 5%, se rechaza que PCDA\_SA no sea causada, a lo Granger, a MMAD\_SA.
- Prueba de Granger entre PSMSMAD\_SA y PCDA\_SA: considerando la probabilidad menor al nivel de significancia de 5%, se rechaza que PCDA\_SA no sea causada, a lo Granger, a PSMSMAD\_SA y viceversa.
- Prueba de Granger entre MMAD\_SA y PMAD\_SA: considerando la probabilidad mayor al nivel de significancia de 5%, no se rechaza que MMAD\_SA no sea causada, a lo Granger, a PMAD\_SA y viceversa.
- Prueba de Granger entre PMAD\_SA y PSMSMAD\_SA considerando la probabilidad menor al nivel de significancia de 5%, se rechaza que PMAD\_SA no sea causada, a lo Granger, a PSMSMAD\_SA y viceversa.
- Prueba de Granger entre MMAD\_SA y PSMSMAD\_SA: considerando la probabilidad que tiende a cero y un nivel de significancia de 5%, se rechaza que MMAD\_SA no sea causada, a lo Granger, a PSMSMAD\_SA.

En conclusión, considerando las pruebas de Granger, el ordenamiento de las variables es:

$$PCDA\_SA = f(MMAD\_SA; PMAD\_SA; PSMSMAD\_SA)$$

### Cuadro 18: Test de Causalidad de Granger

Pairwise Granger Causality Tests  
 Date: 04/14/22 Time: 03:10  
 Sample: 1994Q1 2020Q4  
 Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PMAD_SA does not Granger Cause PCDA_SA	107	0.78896	0.3765
PCDA_SA does not Granger Cause PMAD_SA		4.88581	0.0293
MMAD_SA does not Granger Cause PCDA_SA	107	2.03851	0.1564
PCDA_SA does not Granger Cause MMAD_SA		75.3242	6.E-14
PSMSMAD_SA does not Granger Cause PCDA_SA	107	12.7943	0.0005
PCDA_SA does not Granger Cause PSMSMAD_SA		77.2208	3.E-14
MMAD_SA does not Granger Cause PMAD_SA	107	3.05100	0.0836
PMAD_SA does not Granger Cause MMAD_SA		2.70959	0.1028
PSMSMAD_SA does not Granger Cause PMAD_SA	107	6.90905	0.0099
PMAD_SA does not Granger Cause PSMSMAD_SA		11.9070	0.0008
PSMSMAD_SA does not Granger Cause MMAD_SA	107	19.5356	2.E-05
MMAD_SA does not Granger Cause PSMSMAD_SA		18.4910	4.E-05



### Anexo 3: Determinación del número de rezagos del modelo VAR

El número de rezagos se modelará considerando el menor número posible dado el tamaño de la muestra (108 observaciones); puesto que, por cada rezago incluido en el modelo se estimará  $k^2$  nuevos parámetros, donde  $k$  es el número de endógenas (en la presente investigación  $k=4$ ). Un mayor número de rezagos genera una estimación más pobre al estimar más coeficientes con el mismo tamaño de muestra.

Para obtener el número óptimo de rezagos se utilizan los criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn, según los cuales, el número mínimo de rezagos óptimos es 4. No obstante, luego de realizar el modelamiento econométrico se determinó que el óptimo número de rezagos es 6; por lo cual el modelo es un VAR(6).

#### Cuadro 19: Criterios de selección del orden de rezagos

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: DLOG(PCDA,1,4) DLOG(MMAD,1,3) DLOG(PMAD,0,3) DLOG...

Exogenous variables: C DUMMY\_88 DUMMY\_FRANJA

Date: 04/17/22 Time: 19:21

Sample: 1994Q1 2020Q4

Included observations: 91

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	115.4132	NA	1.21e-06	-2.272819	-1.941716	-2.139239
1	187.0605	132.2718	3.57e-07	-3.495834	-2.723262*	-3.184149
2	200.5275	23.67831	3.79e-07	-3.440165	-2.226123	-2.950374
3	253.1375	87.87605	1.71e-07	-4.244780	-2.589268	-3.576884
4	287.4938	54.36595	1.15e-07	-4.648214	-2.551233	-3.802213*
5	302.6475	22.64735	1.20e-07	-4.629615	-2.091164	-3.605508
6	317.2765	20.57705	1.27e-07	-4.599484	-1.619562	-3.397271
7	332.0204	19.44246	1.36e-07	-4.571876	-1.150485	-3.191558
8	357.9926	31.96581*	1.15e-07*	-4.791046	-0.928185	-3.232622
9	370.9106	14.76343	1.32e-07	-4.723310	-0.418979	-2.986780
10	390.2016	20.35092	1.35e-07	-4.795639	-0.049838	-2.881004
11	402.8135	12.19616	1.63e-07	-4.721176	0.466094	-2.628435
12	428.4948	22.57695	1.52e-07	-4.933951*	0.694789	-2.663105

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

## Anexo 4: Diagnóstico del modelo VAR

Se analizan las pruebas normalidad, heterocedasticidad y autocorrelación multivariadas; así como la estabilidad del modelo VAR(6).

- Test de normalidad multivariada: considerando que la probabilidad del estadístico de Jarque-Bera conjunto es 0.8495, no se rechaza que los residuos tengan una distribución normal multivariada; por lo tanto, se cumple el supuesto de normalidad de los residuos en forma conjunta.

### Cuadro 20: Test de Normalidad Multivariada

VAR Residual Normality Tests  
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)  
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal  
 Date: 04/17/22 Time: 18:38  
 Sample: 1994Q1 2020Q4  
 Included observations: 97

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.*
1	0.003011	0.000147	1	0.9903
2	0.109984	0.195560	1	0.6583
3	-0.004898	0.000388	1	0.9843
4	0.248180	0.995758	1	0.3183
Joint		1.191852	4	0.8794

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	3.013993	0.000791	1	0.9776
2	2.891352	0.047709	1	0.8271
3	2.706621	0.347871	1	0.5553
4	3.799963	2.586425	1	0.1078
Joint		2.982796	4	0.5607

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	0.000938	2	0.9995
2	0.243269	2	0.8855
3	0.348258	2	0.8402
4	3.582182	2	0.1668
Joint	4.174648	8	0.8410

\*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

- Test de heterocedasticidad multivariada: considerando que la probabilidad asociada al estadístico Chi-cuadrado es 0.0384, se rechaza (a un nivel de significancia de 5%) la hipótesis nula: no existencia de heterocedasticidad

multivariada. Por lo tanto, si existe heterocedasticidad de los residuos. No obstante, tomando un nivel de significancia más bajo como de 1% o 3%, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que existe homocedasticidad de los residuos.

### Cuadro 21: Test de Heterocedasticidad Multivariada

VAR Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)

Date: 04/17/22 Time: 18:40

Sample: 1994Q1 2020Q4

Included observations: 97

Joint test:

Chi-sq	df	Prob.
557.3740	500	0.0384

Individual components:

Dependent	R-squared	F(50,46)	Prob.	Chi-sq(50)	Prob.
res1*res1	0.556677	1.155238	0.3113	53.99770	0.3242
res2*res2	0.477510	0.840801	0.7262	46.31852	0.6219
res3*res3	0.544840	1.101267	0.3715	52.84947	0.3646
res4*res4	0.767464	3.036372	0.0001	74.44398	0.0141
res2*res1	0.644715	1.669470	0.0405	62.53735	0.1098
res3*res1	0.584940	1.296546	0.1875	56.73917	0.2383
res3*res2	0.451434	0.757100	0.8321	43.78909	0.7195
res4*res1	0.652491	1.727413	0.0315	63.29162	0.0981
res4*res2	0.703552	2.183406	0.0042	68.24450	0.0441
res4*res3	0.570423	1.221642	0.2471	55.33103	0.2805

- Test de autocorrelación multivariada: se observa que para los rezagos 5 y 6 no existe autocorrelación serial de los residuos.

## Cuadro 22: Test de Autocorrelación Multivariada

VAR Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 04/17/22 Time: 18:42

Sample: 1994Q1 2020Q4

Included observations: 97

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	37.33868	16	0.0019	2.475842	(16, 193.1)	0.0019
2	52.95789	16	0.0000	3.656629	(16, 193.1)	0.0000
3	36.60687	16	0.0024	2.422747	(16, 193.1)	0.0024
4	33.68558	16	0.0060	2.212721	(16, 193.1)	0.0060
5	26.25670	16	0.0505	1.692232	(16, 193.1)	0.0507
6	20.92433	16	0.1814	1.330367	(16, 193.1)	0.1819
7	19.98464	16	0.2209	1.267591	(16, 193.1)	0.2214

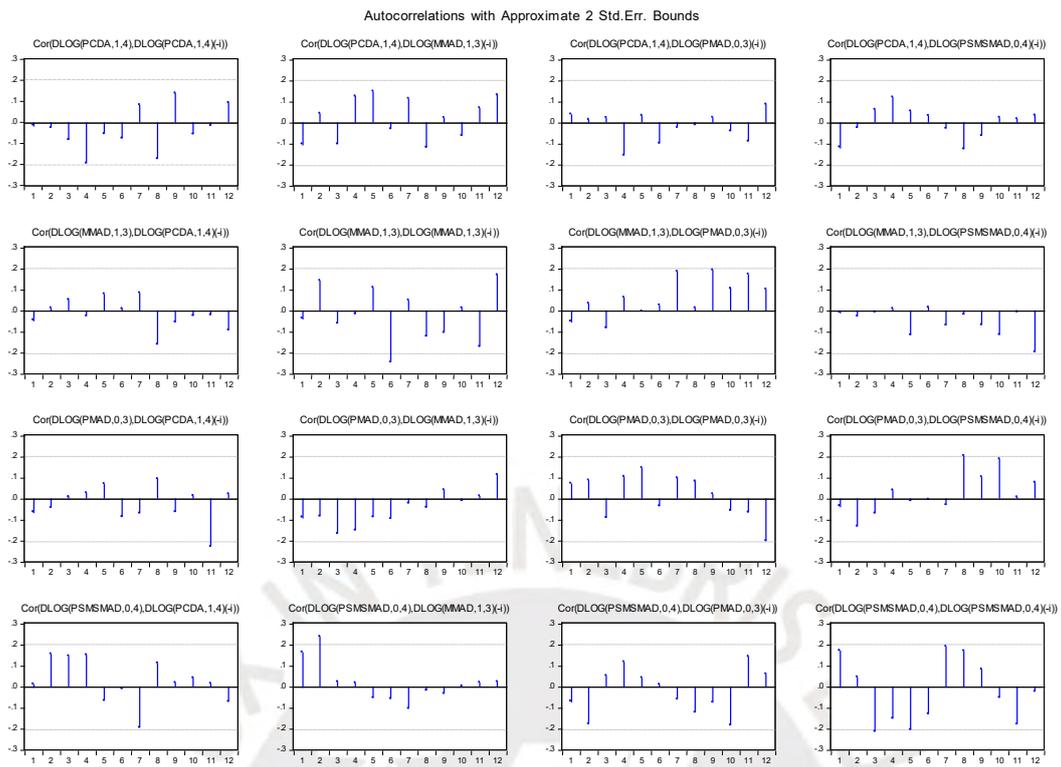
Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	37.33868	16	0.0019	2.475842	(16, 193.1)	0.0019
2	83.41171	32	0.0000	2.930672	(32, 219.2)	0.0000
3	134.7755	48	0.0000	3.415016	(48, 213.9)	0.0000
4	176.2903	64	0.0000	3.570133	(64, 201.9)	0.0000
5	193.7991	80	0.0000	3.169438	(80, 187.8)	0.0000
6	204.9343	96	0.0000	2.772719	(96, 172.9)	0.0000
7	209.9794	112	0.0000	2.371309	(112, 157.5)	0.0000

\*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.

En general, se observa que los coeficientes de autocorrelación se encuentran dentro de las bandas de confianza.

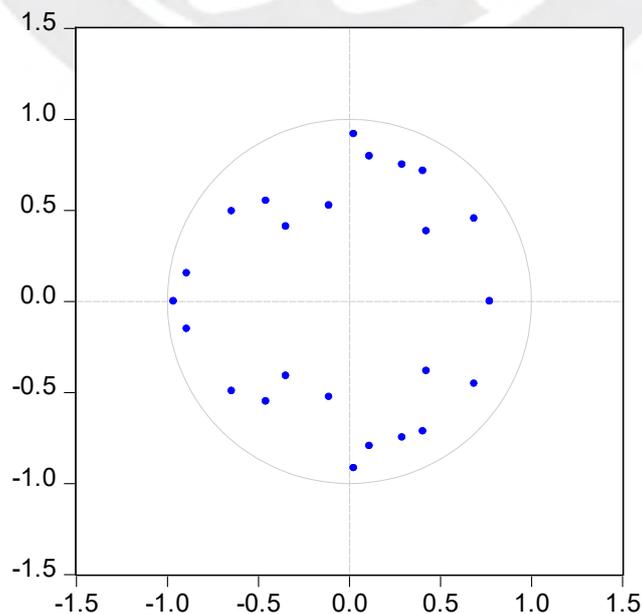
## Gráfico 19: Correlograma de Autocorrelación Multivariada



- Test de estabilidad del modelo: se observa que las raíces invertidas del modelo se encuentran dentro del círculo unitario complejo; por lo tanto, el modelo es estable.

## Gráfico 20: Raíces Invertidas de Modelo

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



# Anexo 5: Estimación del Modelo VAR

## Cuadro 23: Estimación del Modelo VAR

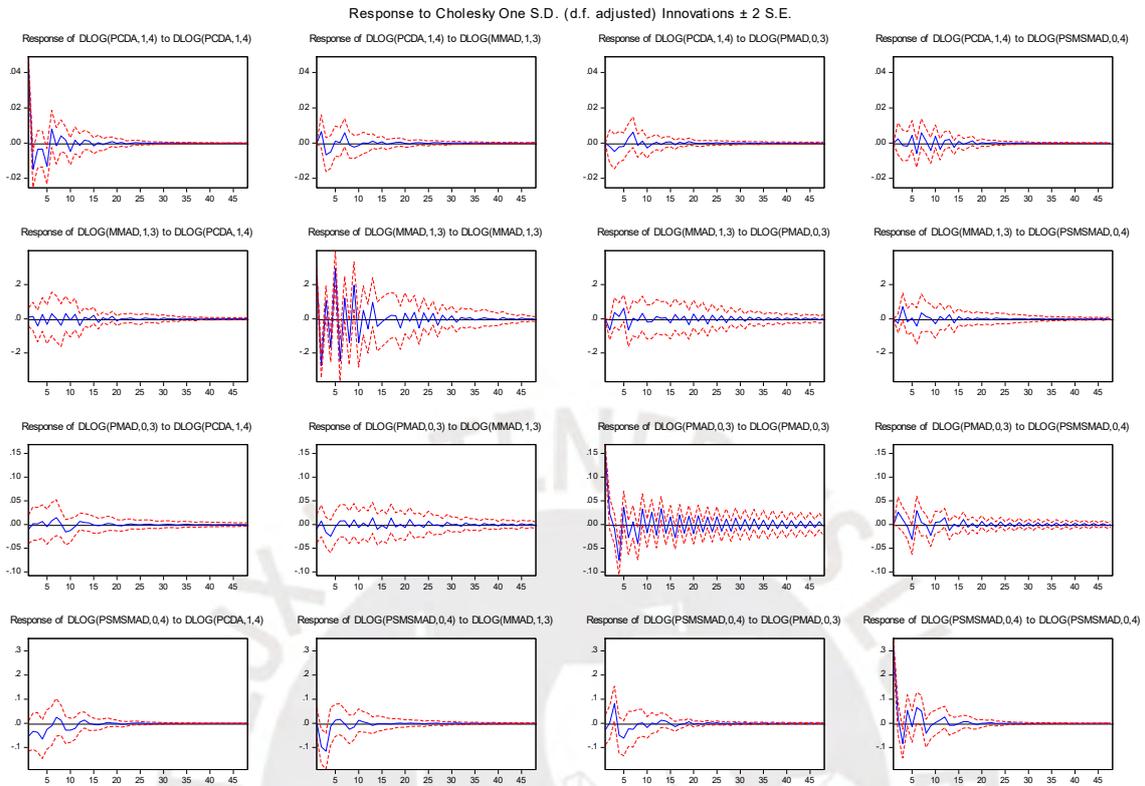
Vector Autoregression Estimates  
 Date: 04/17/22 Time: 18:37  
 Sample (adjusted): 1996Q4 2020Q4  
 Included observations: 97 after adjustments  
 Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	DLOG(PCDA,1,4)	DLOG(MMAD,1,3)	DLOG(PMAD,0,3)	DLOG(PSMSMAD,0,4)
DLOG(PCDA(-1),1,4)	-0.349567 -0.1174 [-2.97767]	0.357212 -0.70746 [0.50493]	0.184975 -0.40588 [0.45574]	-0.576123 -0.85828 [-0.67125]
DLOG(PCDA(-2),1,4)	-0.214481 -0.12122 [-1.76934]	-0.176109 -0.7305 [-0.24108]	0.15385 -0.4191 [0.36710]	-1.030564 -0.88624 [-1.16285]
DLOG(PCDA(-3),1,4)	-0.165769 -0.10789 [-1.53652]	0.245407 -0.65014 [0.37747]	0.226634 -0.373 [0.60760]	-1.942889 -0.78875 [-2.46325]
DLOG(PCDA(-4),1,4)	-0.389686 -0.10719 [-3.63540]	-0.125365 -0.64596 [-0.19407]	0.160518 -0.3706 [0.43314]	-1.575008 -0.78367 [-2.00977]
DLOG(PCDA(-5),1,4)	-0.081249 -0.11565 [-0.70254]	-0.122883 -0.69693 [-0.17632]	0.44913 -0.39984 [1.12328]	-1.21369 -0.84551 [-1.43545]
DLOG(PCDA(-6),1,4)	-0.078889 -0.10709 [-0.73666]	0.81853 -0.64535 [1.26834]	0.606315 -0.37025 [1.63759]	-0.040013 -0.78294 [-0.05111]
DLOG(MMAD(-1),1,3)	0.025051 -0.01845 [1.35771]	-1.090354 -0.11119 [-9.80631]	0.0353 -0.06379 [0.55338]	-0.379174 -0.13489 [-2.81091]
DLOG(MMAD(-2),1,3)	0.012456 -0.02647 [0.47057]	-0.795604 -0.15952 [-4.98761]	-0.06092 -0.09152 [-0.06657]	-0.803139 -0.19352 [-4.15008]
DLOG(MMAD(-3),1,3)	-0.01759 -0.03005 [-0.58536]	-1.048074 -0.18109 [-5.78766]	-0.07781 -0.10389 [-0.74895]	-0.862022 -0.21969 [-3.92374]
DLOG(MMAD(-4),1,3)	-0.016179 -0.02953 [-0.54790]	-0.306166 -0.17795 [-1.72053]	-0.022815 -0.10209 [-0.22348]	-0.808872 -0.21589 [-3.74675]
DLOG(MMAD(-5),1,3)	-0.029241 -0.02695 [-1.08503]	-0.025301 -0.16241 [-0.15579]	-0.09326 -0.09317 [-1.00092]	-0.509697 -0.19703 [-2.58690]
DLOG(MMAD(-6),1,3)	-0.017521 -0.01836 [-0.95426]	-0.198089 -0.11065 [-1.79028]	-0.092582 -0.06348 [-1.45845]	-0.166527 -0.13424 [-1.24056]
DLOG(PMAD(-1),0,3)	-0.012266 -0.03251 [-0.37728]	-0.466269 -0.19592 [-2.37992]	0.169444 -0.1124 [1.50750]	0.033949 -0.23769 [0.14283]
DLOG(PMAD(-2),0,3)	-0.024693 -0.03239 [-0.76234]	-0.129431 -0.19519 [-0.66309]	-0.063703 -0.11199 [-0.56885]	0.314503 -0.23681 [1.32809]
DLOG(PMAD(-3),0,3)	-0.031914 -0.02827 [-1.12874]	0.078558 -0.17039 [0.46105]	-0.544083 -0.09775 [-5.56589]	-0.679136 -0.20671 [-3.28542]
DLOG(PMAD(-4),0,3)	-0.039161 -0.03068 [-1.27635]	-0.116122 -0.18489 [-0.62804]	0.398104 -0.10608 [3.75299]	-0.309509 -0.22431 [-1.37981]
DLOG(PMAD(-5),0,3)	-0.013873 -0.03089 [-0.44908]	0.251434 -0.18616 [1.35064]	-0.278861 -0.1068 [-2.61102]	-0.119189 -0.22585 [-0.52774]
DLOG(PMAD(-6),0,3)	0.012277 -0.0333 [0.36870]	0.02529 -0.20067 [0.12603]	-0.080306 -0.11513 [-0.69755]	-0.479567 -0.24345 [-1.96990]
DLOG(PSMSMAD(-1),0,4)	0.007881 -0.01485 [0.53082]	-0.088889 -0.08947 [-0.99345]	0.086443 -0.05133 [1.68398]	0.074062 -0.10855 [0.68228]
DLOG(PSMSMAD(-2),0,4)	0.000762 -0.01295 [0.05884]	0.179013 -0.07801 [2.29468]	0.015794 -0.04476 [0.35288]	-0.313008 -0.09464 [-3.30722]
DLOG(PSMSMAD(-3),0,4)	-0.005657 -0.01402 [-0.40341]	0.119722 -0.08451 [1.41673]	-0.001927 -0.04848 [-0.03974]	0.211268 -0.10252 [2.06072]
DLOG(PSMSMAD(-4),0,4)	0.012378 -0.01332 [0.92961]	0.092675 -0.08024 [1.15496]	-0.066479 -0.04603 [-1.44409]	-0.01403 -0.09735 [-0.14413]
DLOG(PSMSMAD(-5),0,4)	-0.009662 -0.01162 [-0.83142]	-0.005932 -0.07003 [-0.08471]	0.11716 -0.04018 [2.91612]	0.483714 -0.08496 [5.69351]
DLOG(PSMSMAD(-6),0,4)	0.021025 -0.01295 [1.62367]	0.044923 -0.07803 [0.57569]	-0.054588 -0.04477 [-1.21933]	0.153513 -0.09467 [1.62157]
C	-0.004557 -0.00742 [-0.61427]	0.001274 -0.0447 [0.02850]	0.025093 -0.02565 [0.97846]	0.103692 -0.05423 [1.91203]
DUMMY_88	-0.018334 -0.01233 [-1.48657]	0.000515 -0.07432 [0.00692]	-0.082233 -0.04264 [-1.92853]	-0.160951 -0.09017 [-1.78500]
DUMMY_FRANJA	0.01206 -0.00981 [1.22935]	-0.042104 -0.05912 [-0.71222]	0.028767 -0.03392 [0.84818]	-0.030808 -0.07172 [-0.42956]
R-squared	0.403571	0.875824	0.651486	0.65195
Adj. R-squared	0.18204	0.829701	0.522038	0.522674
Sum sq. resids	0.126627	4.598479	1.513568	6.768199
S.E. equation	0.042532	0.256306	0.147046	0.310948
F-statistic	1.821737	18.98908	5.032801	5.043087
Log likelihood	184.4623	10.23875	64.13465	-8.506952
Akaike AIC	-3.246645	0.345593	-0.765663	0.732102
Schwarz SC	-2.529973	1.062265	-0.488991	1.448774
Mean dependent	-0.000441	0.004349	0.019354	0.107369
S.D. dependent	0.047027	0.621087	0.212694	0.45007
Determinant resid covariance (dof adj.)		2.37E-07		
Determinant resid covariance		6.42E-08		
Log likelihood		252.6431		
Akaike information criterion		-2.982333		
Schwarz criterion		-0.115644		
Number of coefficients		108		

Variables Dummy	
	"1"
6%	1.9009

## Anexo 6: Función Impulso - Respuesta

### Gráfico 21: Función Impulso - Respuesta



## Anexo 7: Descomposición de la varianza

### Cuadro 24: Descomposición de la Varianza

Variance Decomposition of DLOG(PCDA, 1,4):					
Period	S.E.	DLOG(PCDA, 1,4)	DLOG(MMAD, 1,3)	DLOG(PMAD, 0,3)	DLOG(PSMSMAD, 0,4)
1	0.042532	100	0	0	0
2	0.045645	97.47771	2.050396	0.19423	0.277663
3	0.046532	94.3681	4.00355	1.266289	0.36206
4	0.047014	92.97996	5.087848	1.441362	0.490832
5	0.049087	92.54834	4.717162	1.478988	1.255507
6	0.050169	91.14086	4.517846	1.759965	2.581328
7	0.051247	87.44589	5.664584	3.11264	3.776883
8	0.051453	87.37811	5.660111	3.169585	3.792198
9	0.051703	86.62571	5.794244	3.186926	4.393124
10	0.052156	85.94092	5.773026	3.42866	4.857391
11	0.052306	85.53649	5.74008	3.430628	5.292806
12	0.052348	85.46833	5.731927	3.435099	5.364648

Variance Decomposition of DLOG(MMAD, 1,3):					
Period	S.E.	DLOG(PCDA, 1,4)	DLOG(MMAD, 1,3)	DLOG(PMAD, 0,3)	DLOG(PSMSMAD, 0,4)
1	0.256306	0.164407	99.83559	0	0
2	0.383011	0.195669	96.3481	2.954619	0.501613
3	0.407242	1.226487	91.89466	3.416303	3.462554
4	0.442008	1.366983	92.55173	2.996359	3.084925
5	0.536284	1.299862	93.21546	3.381045	2.10363
6	0.59603	1.283076	92.58141	3.928119	2.207394
7	0.609254	1.228072	92.56826	3.762143	2.441525
8	0.626435	1.531228	92.5188	3.594748	2.355219
9	0.658118	1.598052	92.77502	3.489907	2.137022
10	0.674041	1.539045	92.83219	3.406647	2.222119
11	0.676718	1.681402	92.63065	3.442774	2.245175
12	0.680629	2.008636	92.31749	3.443506	2.230364

Variance Decomposition of DLOG(PMAD, 0,3):					
Period	S.E.	DLOG(PCDA, 1,4)	DLOG(MMAD, 1,3)	DLOG(PMAD, 0,3)	DLOG(PSMSMAD, 0,4)
1	0.147046	0.492334	0.362977	99.14469	0
2	0.151276	0.481076	0.600018	95.8779	3.041005
3	0.152799	0.481328	1.766877	94.27791	3.473883
4	0.172125	0.517846	3.458783	93.21462	2.808754
5	0.178947	0.547032	3.282506	90.41548	5.754984
6	0.18378	0.711768	3.285816	87.93885	8.06357
7	0.184661	1.329236	3.441949	87.19298	8.035831
8	0.189172	1.272515	3.366521	87.70191	7.659051
9	0.194237	1.885727	3.445709	86.03977	8.628797
10	0.195606	2.270049	3.501806	85.65996	8.568184
11	0.197417	2.271019	3.468501	85.76854	8.491943
12	0.199395	2.336965	3.443603	85.35648	8.862953

Variance Decomposition of DLOG(PSMSMAD, 0,4):					
Period	S.E.	DLOG(PCDA, 1,4)	DLOG(MMAD, 1,3)	DLOG(PMAD, 0,3)	DLOG(PSMSMAD, 0,4)
1	0.310948	2.901745	0.002368	0.774964	96.32092
2	0.328244	3.597473	8.787689	0.703484	86.91135
3	0.369052	3.889009	16.71044	5.459538	73.94101
4	0.381928	6.544995	15.70812	6.771742	70.97514
5	0.388105	6.752516	15.31884	9.079159	68.84949
6	0.394673	6.610415	14.98905	9.121107	69.27943
7	0.39957	6.841672	14.62515	9.268439	69.26474
8	0.402707	6.84218	14.78384	9.126184	69.2478
9	0.404144	7.286342	14.83343	9.063861	68.81637
10	0.405702	7.719535	14.81911	9.166245	68.29511
11	0.406534	7.957536	14.77976	9.129679	68.13303
12	0.407463	7.934758	14.71335	9.09127	68.26062

Cholesky Ordering: DLOG(PCDA, 1,4) DLOG(MMAD, 1,3) DLOG(PMAD, 0,3) DLOG(PSMSMAD, 0,4)					
---	--	--	--	--	--

## Anexo 8: Evaluación de las proyecciones del modelo

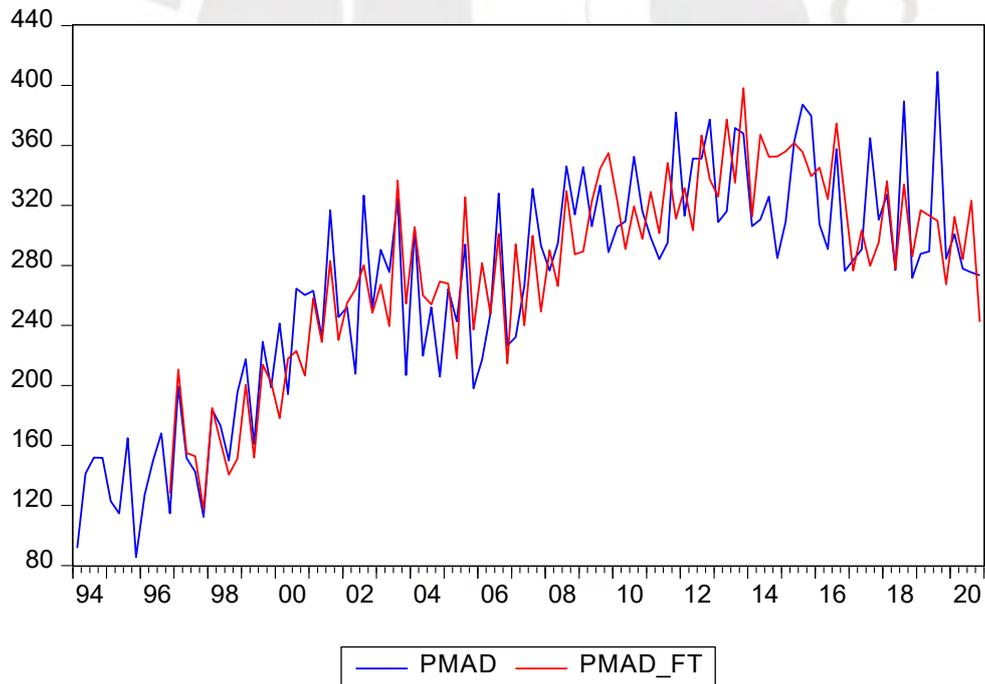
### Cuadro 25: Evaluación de proyecciones

Forecast Evaluation  
Date: 04/17/22 Time: 19:13  
Sample: 1994Q1 2020Q4  
Included observations: 108

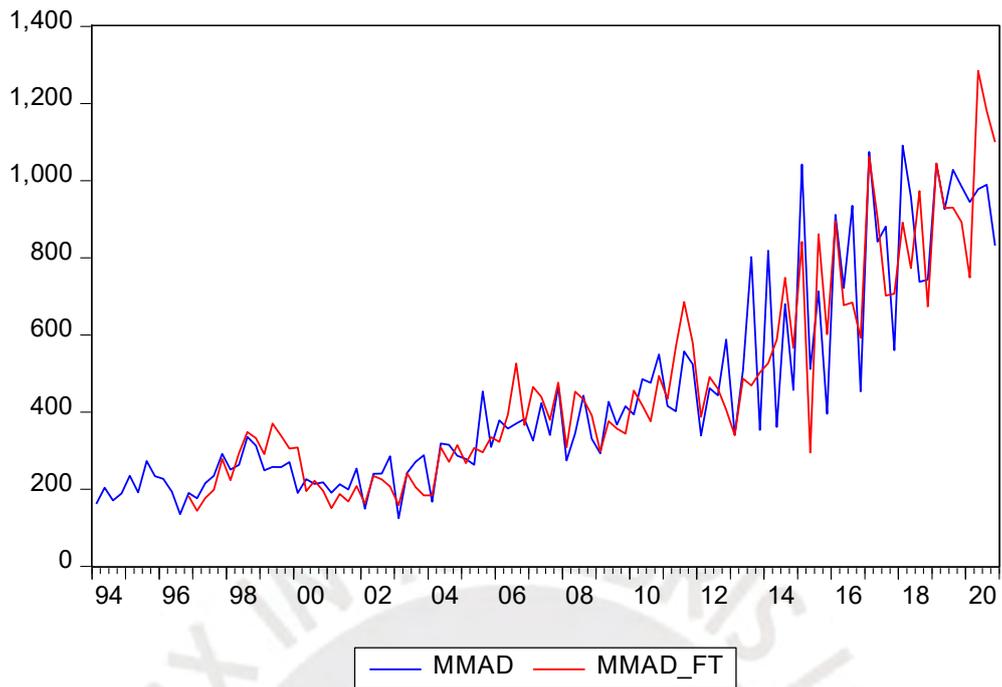
Variable	Inc. obs.	RMSE	MAE	MAPE	Theil
MMAD	103	113.8455	81.28053	17.56442	0.105659
PCDA	104	9.137161	6.875991	2.886255	0.017049
PMAD	105	35.32981	28.16831	10.10225	0.061652
PSMSMAD	104	3.451792	2.499389	21.19592	0.120821

RMSE: Root Mean Square Error  
MAE: Mean Absolute Error  
MAPE: Mean Absolute Percentage Error  
Theil: Theil inequality coefficient

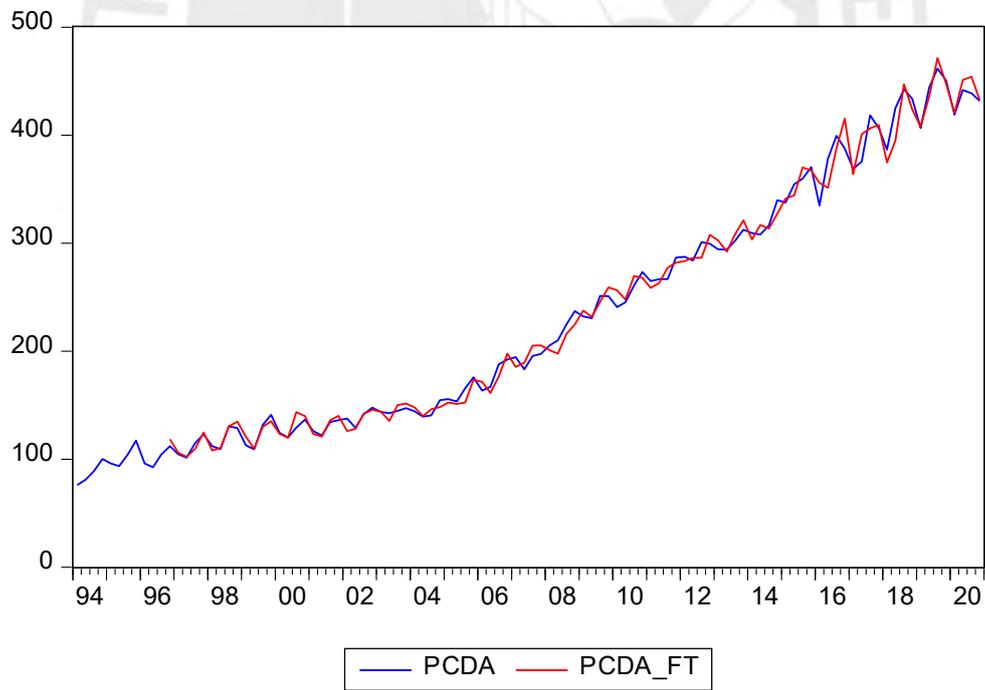
### Gráfico 22: Proyección de PMAD



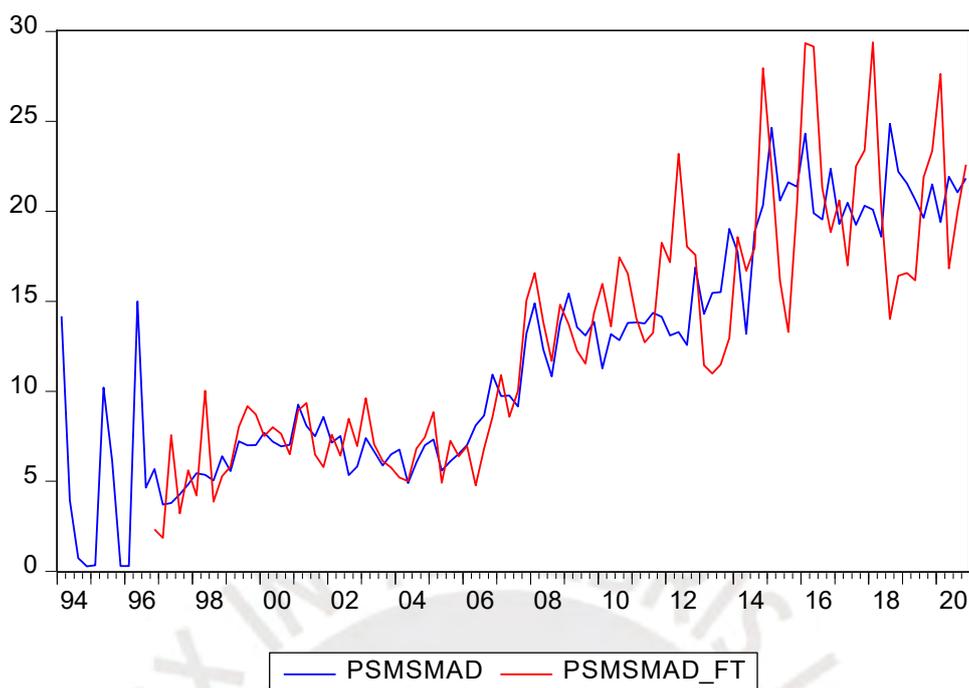
**Gráfico 23: Proyección de MMAD**



**Gráfico 24: Proyección de PCDA**



**Gráfico 25: Proyección de PMSMAD**



**Anexo 9: Evaluación de la serie PMAD\_SA para el periodo 1994-2019**

**Cuadro 26: Test Zivot & Andrews para PMAD\_SA 1994-2019**

Resultados de la prueba F  
Serie analizada pmad19\_sa

Modelo A	El quiebre está en el período 19
Modelo B	El quiebre está en el período 88
Modelo C	El quiebre está en el período 27
Mejor Modelo	1

**Gráfico 26: Test Zivot & Andrews para PMAD\_SA 1994-2019**

