



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo: Transmisión de precios en el
mercado español del tomate

Autor/es

Leyre Vispe Cortés

Director/es

Monia Ben Kaabia

Facultad de Economía y Empresa / Universidad de Zaragoza

Año 2017

INDICE

Introducción.....	4
1. Descripción de la industria del tomate.....	5
1.1 Orígenes del tomate.....	5
1.2 Producción mundial de tomate.....	6
1.3 Producción de tomate en España.....	7
1.4 Producción en Europa.....	8
1.5 Exportación de España.....	9
2. Teoría de la transmisión de precios.....	10
3. Cadena de valor del tomate.....	12
4. Análisis econométrico.....	13
4.1 Precios a lo largo de la cadena de suministro.....	14
4.2 Metodología econométrica.....	18
4.3 Análisis del orden de integración de las series.....	22
4.4 Especificación y estimación del modelo VAR.....	28
4.5 Análisis de la causalidad.....	34
4.6 Funciones Impulso-Respuesta.....	39
Conclusiones.....	47
Referencias bibliográficas.....	48
Anexos.....	49

Resumen

El objetivo de este trabajo ha consistido en realizar un análisis sobre la transmisión de precios dentro del sector español de tomate, esto es, ver de qué manera se ven afectados los precios de todos los eslabones de la cadena de comercialización ante variaciones en uno de ellos, tanto la magnitud de dichas variaciones como la duración de éstas. Para ello, hemos recogido información sobre consumo y demanda del producto objeto de nuestro estudio tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Además, hemos considerado de gran relevancia incluir los estudios sobre la Teoría de transmisión de precios y sobre la Cadena de valor para dicho estudio.

En cuanto a la obtención de resultados, se ha hecho uso de la metodología econométrica a través de distintos tipos de análisis tales como el Análisis del orden de Integración, Análisis de la Causalidad y de Funciones de Impulso-Respuesta.

Abstract

The aim of this work has been to perform an analysis on the transmission of prices within the Spanish tomato sector, that is, to notice how the prices of all the links in the marketing chain are affected by variations in one of them, not only the magnitude of these variations but also the duration of these variations. In order to get this, we have collected information on consumption and demand of the product that is the subject of our study, both at a national and international level. In addition, we have considered it of great importance to include studies on the Theory of Price Transmission and on the Value Chain for this study.

Regarding the obtaining of results, econometric methodology has been used through different types of analysis such as Analysis of the Order of Integration, Analysis of Causality and Impulse-Response Functions.

INTRODUCCIÓN

La entrada de un novedoso proceso de liberalización de los mercados está haciendo posible que los precios cada vez se encuentren más adaptados a las reglas del mercado, es decir, a las leyes de la oferta y de la demanda a pesar de reconocer la existencia de imperfecciones en el mercado.

En dicho contexto, todos los actores que participan en el proceso (los productores, los transformadores y los agentes comerciales) se enfrentan cada vez más a una creciente incertidumbre sobre la evolución de los precios a lo largo de la campaña, teniendo que asumir una toma de decisiones en un entorno de riesgo que cada vez es mayor. La existencia de rendimientos variables en la mayor parte de las producciones, que se derivan de la propia naturaleza de los productos, y de elasticidades-precio de la demanda relativamente bajas generan fluctuaciones al alza en los precios de los productos agrícolas. Por otro lado, nos encontramos en un contexto de globalización creciente, donde los mercados agrícolas están interrelacionados, por lo que un acontecimiento en otro país puede tener una repercusión en el comportamiento de los precios de un país, independientemente de las condiciones de la oferta y de la demanda interna.

En nuestro trabajo, un ejemplo representativo sería el crecimiento del volumen exportado por Marruecos a la UE con unos precios muy por debajo de los que se vende desde España, que ha generado una elevada preocupación entre los agricultores españoles ya que puede afectar al volumen que España comercializa a otros países.

Por tanto, cualquier decisor requiere tener conocimiento sobre la evolución futura de los precios. En países con sistemas agrícolas más desarrollados, existen organismos públicos y privados que aportan al decisor información complementaria a la que ya posee, que le permite reforzar o incluso cambiar sus creencias. El rango de posibles usuarios de esta información es muy amplio, desde productores hasta la Administración, pero todos ellos buscando una toma de decisiones más eficiente.

En Estados Unidos, además del Ministerio de Agricultura, existen organizaciones privadas que se dedican a realizar predicciones sobre precios de distintos productos. Todo esto junto con sistemas de comunicación muy desarrollados hacen muy accesible a todos los usuarios que así lo requieran información relevante sobre noticias y

acontecimientos de los mercados agroalimentarios, así como tendencias sobre los precios a muy corto plazo. Sin embargo, en España no contamos con tanto volumen de fuentes, es más, la información sobre precios agrarios está bastante fragmentada y dispersa, limitándose en su mayoría a la recogida de información disponible. No conocemos la existencia de ningún organismo privado ni público que ofrezca información sistematizada sobre precios de los mercados más representativos de cada producto y a su vez, que ofrezca información cuantitativa sobre la posible evolución de los precios en el corto y medio plazo. El uso de métodos cuantitativos para realizar predicciones lo más acertadas posible tanto desde el punto de vista de la magnitud como del sentido de la evolución de los precios puede ser de gran utilidad si consigue reducir la incertidumbre del mercado.

El objeto de este trabajo será el análisis de la transmisión de los precios en el sector español del tomate, es decir, trataremos de definir de qué manera influye un cambio en el precio que establecen los agricultores sobre el precio del intermediario y a su vez en el precio de detallista y también a la inversa (efecto de un shock en el precio detallista sobre el precio del intermediario y de origen). Se estudiará además, si dicho cambio inicial genera un cambio igual en el resto de eslabones de la cadena de valor, o por el contrario, genera una variación distinta. Será objeto del estudio también la duración del efecto de dicha variación sobre el resto de eslabones de la cadena comercial. Por tanto, se realizará el estudio tanto desde el lado de la demanda (shock en el precio detallista), como desde el lado de la oferta (shock en el precio de origen).

1 DESCRIPCION DE LA INDUSTRIA DEL TOMATE

1.1 ORIGENES DEL TOMATE

Su origen se encuentra en la zona andina que abarca desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile, donde dichos pobladores son los encargados de darla a conocer en todo el continente. Es en el siglo XVI cuando hace su aparición en Europa, pero exclusivamente como planta ornamental. En 1900 el tomate pasa a ser cultivo para

alimento, ya que hasta entonces se pensaba que era un fruto venenoso dado su color rojo.

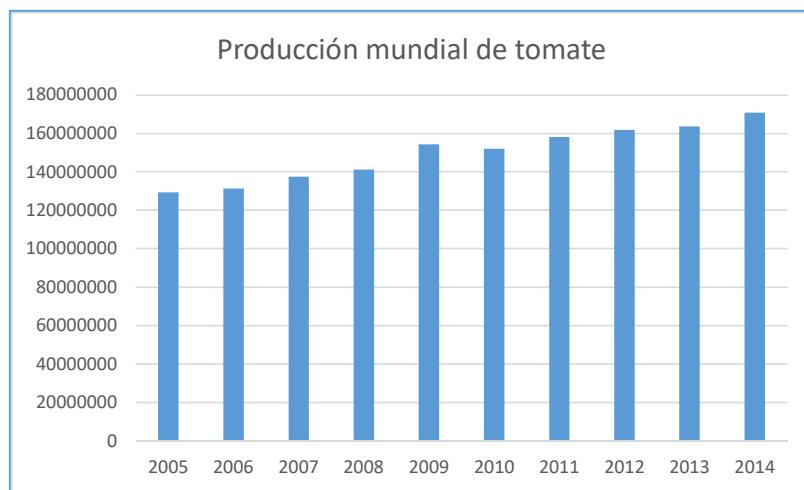
Actualmente, el tomate se cultiva en todos los países del mundo y existen dos categorías principales en las que se divide dicho cultivo:

- Tomate fresco consumido prioritariamente en ensaladas
- Tomate procesado que es aquel que se enlata o se cocina para hacer salsas, zumo de tomate, tomates secos o deshidratados, concentrados de tomate y mermeladas

1.2 PRODUCCION MUNDIAL DE TOMATE

La producción mundial de tomate ha alcanzado el mejor resultado en el año 2014, generando 170.750 millones de kilogramos según datos de Faostat (organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), lo cual supone un 4,29% más respecto al año anterior. Durante los últimos diez años, dicha producción ha aumentado en un 32% exceptuando el año 2010 que tuvo una leve reducción, tal y como se puede observar en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Producción mundial de tomate entre los años 2005 y 2014

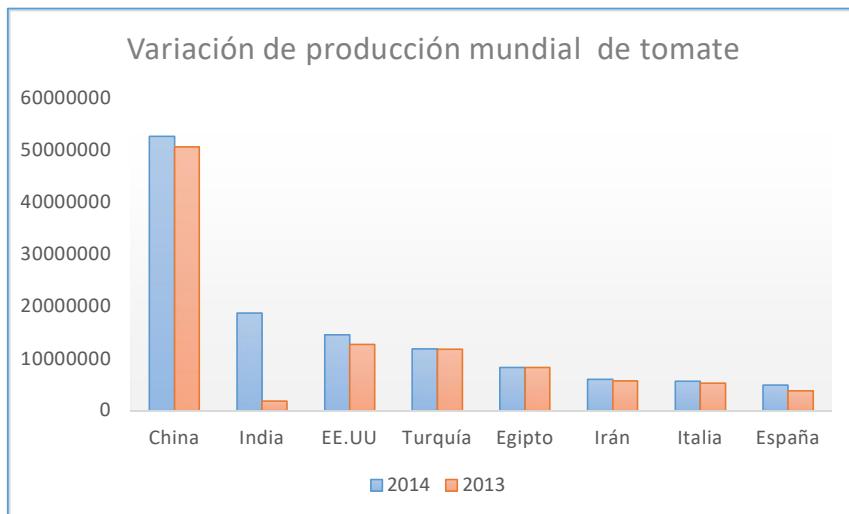


Elaboración propia a partir de datos de FAO

China es la mayor productora de esta hortaliza, generando 52.586,86 millones de kg en el año 2014, siendo ésta un 30,79% de la producción mundial. Le siguen India y Estados Unidos con una producción de 18.735,91 y 14.516,06 millones de kg respectivamente. España se encuentra en la octava posición produciendo 4.888,88

millones de kg en 2014, cuatro veces más que Marruecos y cerca de seis veces más que Holanda y con un incremento de un 29,58% con respecto al año 2013 (ver Gráfico 2).

Gráfico 2. Variación de la producción mundial de tomate



Elaboración propia a partir de datos de FAO

El valor de la producción mundial de tomate en el año 2013 fue de 89.544 millones de euros según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes de Faostat.

En este caso, el ranking lo encabezan China, Estados Unidos y Brasil con 26.431, 11.647 y 5.389 millones de euros respectivamente. España se encuentra en la novena posición con 2.466, seguida de Japón con 2.049 millones de euros que cierra la lista de los diez primeros.

1.3 PRODUCCION DE TOMATE EN ESPAÑA

Según los datos del ministerio de agricultura observamos que en España la producción de tomate se concentra en cuatro zonas.

- Extremadura, donde el grueso de la producción se concentra en Badajoz, se lleva casi en su totalidad a la industria para ser procesado.
- Andalucía, que cuenta con Almería, Granada y Málaga como productoras de tomate en fresco siendo la más destacada Almería con una producción de 725.000 toneladas. Sevilla y Cádiz destinan su producción a la industria procesadora. Es

por ello que los tipos de cultivo son distintos, según sea para consumo en fresco o para industria.

- Murcia es la tercera comunidad autónoma productora de España con unas 325.000 toneladas para consumo en fresco destinadas en su mayoría para ser exportadas a los Países Bajos.
- Canarias que produce unas 200.000 toneladas las destina a la exportación lo que supone entre un 15 y un 20% de las exportaciones que realiza España.
- Aragón y Navarra que son la quinta y sexta región productora respectivamente producen en su totalidad para la industria del tomate pelado. En la zona del valle del Ebro existen numerosas empresas que se dedican a ello. Generaron unas 150.000 toneladas en 2007.

1.4 PRODUCCIÓN EN EUROPA

España e Italia son los mayores productores de tomate en Europa, según datos de la FAO del año 2013/2014. La producción total en Europa fue de 16.900'21 millones de kilos con un rendimiento medio por metro cuadrado de 5'45 kilos. De esa producción, Italia genera 5.624'24 millones de kilos con un rendimiento por metro cuadrado de 5'45 kilos. A ésta le sigue España con una producción de 4.888'89 millones de kilos y un rendimiento por metro cuadrado de 8'93 kilos, y en tercer lugar se encuentra Portugal con una producción de 1.399'53 millones de kilos y un rendimiento por metro cuadrado de 7'58 kilos por metro cuadrado.

Habría que destacar que Holanda, que ocupa el quinto lugar como productor de la UE con 900 millones de kilos es el país con mayor rendimiento por metro cuadrado de la UE, siendo éste de 50'56 kilos por metro cuadrado.

Durante el año 2016 la Unión Europea consumió un volumen total de tomate de 3.012'43 millones de kilos (un 5'26% menos que el año anterior) por 3.751'51 millones de euros a un precio medio por kilo de 1'25€/kg, convirtiéndose en el precio más alto de la historia (un 3'4% más alto que el año anterior).

De los países que han suministrado a la UE, Holanda ha sido el que más tomate ha vendido con un total de 930'23 millones de kg, en segundo lugar está España con 779'62 millones de kg, en tercer lugar Marruecos con 393'75 millones de kg, el cuarto

lugar lo ocupa Francia con una venta de 182'7 millones de kg y finalmente Bélgica con 168'02 millones de kg.

Cabe destacar que entre Holanda y España llegan a más de la mitad de las importaciones realizadas por los países miembros de la UE, aunque Holanda haya vendido a un precio mayor que España; y que mientras todos han visto reducidas sus ventas con respecto a años anteriores, Marruecos ha conseguido incrementarlas. La demanda por parte de la UE ha disminuido con respecto a años anteriores y el precio medio se ha visto aumentado año tras año tal y como puede apreciarse en el cuadro de importación de la UE de tomate en la última década que se muestra a continuación.

Cuadro 1. Importación UE tomate década

Campañas	Kilos	Euros	Precio
2016	3012431000	3751509600	1,245
2015	3180011100	3827564690	1,204
2014	3070327200	3542154180	1,154
2013	3079642800	3418459650	1,11
2012	2982872200	3444186150	1,155
2011	2958441600	3092915590	1,045
2010	2866782100	3410434390	1,19
2009	2958905100	2962538880	1,001
2008	2912494900	3017698000	1,036
2007	2926254700	3180222730	1,087

Elaboración propia a partir de datos de FAO

1.5 EXPORTACION DE ESPAÑA

Tomando como referencia el año 2016, España ha visto reducido el volumen de sus exportaciones en un 11'6% y en un 15'12% a los países miembros de la Unión Europea. Este descenso parece ser debido a un menor consumo por parte de los europeos, que como hemos nombrado anteriormente también ha afectado al mayor exportador de la UE, Holanda. Pese a haber incrementado el precio en esa época, el valor de las mismas también ha disminuido.

España cuenta con cinco grandes clientes en la UE: Alemania, Francia, Reino Unido, Holanda y Polonia. De todos ellos, el único que ha incrementado el volumen de sus

compras ha sido Alemania, concretamente un 12'9% (2016 con respecto al año 2013). Las compras que Alemania ha realizado a España en el año 2016 tienen un valor de 290'57 millones de euros con un precio medio de 1'215€/kg, también el precio más alto cobrado por España. Reino Unido compró en 2016 por valor de 138'03 millones de euros a un precio medio de 0'998€/kg. Francia compró en el año 2016 por un valor de 120'16 millones de euros y pagó un precio medio de 0'928€/kg. Fueron atendidos por 295 empresas, el mayor número de todos los países que compran tomate. Holanda, que es el cuarto comprador de España, pagó un total de 112'16 millones de euros a un precio medio de 0'995€/kg. Y por último, Polonia que compró por valor de 55'64 millones de euros a un precio medio de 0'887€/kg.

Cabe destacar que de todo el volumen que España exportó en el año 2016 el 59'23% tiene su origen en 237 empresas almerienses y cuyo valor ha alcanzado los 530 millones de euros siendo el precio medio de 0'986€/kg. Su mayor comprador fue Alemania seguido de Francia y después Reino Unido. Murcia ocupó el segundo lugar como origen de las exportaciones españolas, siendo sus compradores Reino Unido, Francia y Alemania por orden de volumen adquirido. Granada ha sido la tercera provincia exportadora dirigiendo su producción a Alemania, Holanda y Reino Unido.

Las exportaciones de tomate marroquí se han incrementado más de un 50% en los dos primeros meses de campaña en relación con el mismo periodo de la campaña anterior, según los datos manejados por la Comisión Europea. Productores italianos, franceses y españoles han señalado su preocupación por el comportamiento desordenado de las ventas de ese país y el riesgo que ello supone de caídas de precios y perturbaciones de mercados.

2 TEORIA DE LA TRANSMISION DE PRECIOS

El análisis de la transmisión de precios a lo largo de la cadena comercial es una cuestión que ha generado mucho interés entre los economistas agrarios. Los precios son probablemente el principal mecanismo que permite relacionar los distintos eslabones de la cadena comercial. Es por ello, que dicho análisis de la transmisión de precios se ha usado como medio de evaluación del funcionamiento general de los mercados. Recientemente, este interés ha crecido debido a los procesos de concentración que se han hecho más complicados, tanto horizontal como vertical, que han tenido lugar en los

mercados agroalimentarios. Estos estudios sobre la transmisión de precios pretenden dar respuesta a la creciente preocupación social y pública de dichos procesos de concentración. El estudio de la transmisión de precios está íntimamente relacionado con la teoría de la rigidez de precios que a su vez está estrechamente relacionado con la ineficiencia de los mercados. Existen dos formas en las que se manifiesta la rigidez de precios ante un cambio en los precios de cualquiera de los eslabones de comercialización:

1. La variación en los precios no afecta al resto de eslabones de la cadena de comercialización.
2. La variación en los precios afecta al resto de precios de la cadena, pero lo hace en distinta proporción. Esto puede deberse a si dicha variación se produjo en el eslabón inicial o final de la cadena de comercialización lo que puede generar aumentos o disminuciones en los márgenes comerciales.

A continuación exponemos algunas de las ineficiencias del mercado:

1. La transmisión de los cambios de los precios de un eslabón a otro de la cadena no se produce de manera inmediata.
2. Disminuciones de los precios a nivel productor son transmitidas con mayor lentitud a nivel detallista que cuando se producen subidas.
3. Variaciones en los precios a nivel productor o mayorista no se transmiten a largo plazo de manera completa a los precios de los detallistas a nivel de supermercado.

Fue en el año 1975 cuando Gardener junto con otros comenzaron a hacer estudios sobre la relación que había entre los precios a lo largo de la cadena comercial y en el cual se consideraba el sector transformador un eslabón de unión entre el productor y el consumidor. Como consecuencia de ello, surgieron arduos debates sobre tres cuestiones:

1. En la primera se trata de analizar si la elasticidad de transmisión de los precios entre el detallista y el productor es la unidad que significaría que la variación en uno de los precios de la cadena se transmite de manera completa al otro precio. No existe una respuesta única dentro de los estudios sobre esta cuestión, y según Gardener, se puede demostrar que la elasticidad de transmisión de los precios es

- distinta de la unidad incluso operando en condiciones de competencia perfecta en todos los eslabones de la cadena.
2. Elasticidades distintas a la unidad también se producen en situación de competencia imperfecta en alguno de los eslabones de la cadena comercial, lo cual suele ser bastante habitual en los mercados agroalimentarios, como demostraron Bhuyan y Lopez en 1995.
 3. Teniendo en consideración la relación de las dos primeras cuestiones, se hace referencia al análisis de las relaciones causales y si la transmisión se efectúa vía coste, en la que un incremento de los costes de producción genera un aumento de los precios agrícolas que se convierte en un aumento de los precios del consumidor; o vía demanda, en la cual, excesos de demanda afectan a los precios al consumo y éstos, a los precios percibidos por los productores.

Han sido muchos los autores que han realizado estudios a través de distintos métodos, desde modelos uniecuacionales dinámicos basados en los contrastes de causalidad, modelos estáticos basados en el enfoque de la estática comparativa, modelos dinámicos multiecuacionales, modelos de cointegración hasta modelos dinámicos no lineales.

3 CADENA DE VALOR DEL TOMATE

La cadena de valor consta de cuatro fases que explican el proceso desde que se cultiva el tomate hasta que llega al consumidor final.

En la fase de producción hay que destacar la importancia que ha cobrado el cultivo protegido de tomate que ha permitido obtener unos mayores rendimientos (rendimiento medio de invernadero ha sido un 43% superior al de cultivo al aire libre). Dicha producción está muy atomizada y durante el 2007 había 134.000 explotaciones, de las cuales casi el 20% correspondían a cultivo de invernadero, según datos del Observatorio de precios de los Alimentos MARM. Durante los últimos años, se ha hecho muy común el uso de técnicas de producción integrada que permiten una producción sostenible y favorable con el medio ambiente aunque no han supuesto ninguna repercusión sobre el precio del producto.

En la fase de comercialización en origen, el productor puede vender mediante subasta a corredores que actúan en nombre de mayoristas en destino (modelo tradicional) o

vender a una central hortofrutícola (modelo moderno) que se encarga de manipular, confeccionar y comercializar la producción.

Durante la fase de comercialización en destino, la producción se gestiona a través de mayoristas asentados en Mercas para el modelo tradicional, mientras que para el modelo moderno, la gran distribución la adquiere en origen a las centrales hortofrutícolas.

En cuanto a la última fase, la de venta al consumidor, se realiza principalmente en tienda tradicional (aproximadamente un 44%) seguida de supermercados (un 26%) e hipermercados (un 8%), ambos de la distribución moderna. Hay que decir que una parte de volumen de tomate en fresco que se comercializa está destinado al canal Horeca y al consumo de instituciones tales como hospitales, colegios.

Gráfico 3. Cadena de valor



Fuente: Magrama

4 ANÁLISIS ECONOMÉTRICO

El sector productor de tomate en España se encuentra bastante atomizado (MAPA, 2006), con algo más de 10.000 operadores. Se trata de un sector dual. A pesar de que todavía una parte importante de los productores están poco cohesionados, un porcentaje creciente se encuentra integrado verticalmente, sobre todo aquellos con una orientación exportadora. La comercialización del tomate responde a dos estrategias diferenciadas teniendo en cuenta el mencionado carácter dual de la producción. Así, podemos diferenciar entre una cadena de valor tradicional, en la que los mayoristas en origen y destino continúan jugando un papel predominante, y una cadena de valor moderna con

tres agentes principales: las asociaciones de productores, la distribución y los operadores logísticos que trabajan para los dos agentes anteriores.

Teniendo en cuenta las características estructurales del sector y la escasa incidencia de la legislación europea sobre la regulación de los mercados, podemos decir que, en términos generales, los precios en los diferentes niveles de la cadena comercial se determinan por la ley de la oferta y la demanda. El conocimiento de la magnitud y la duración de los efectos generados nos permitirán determinar cómo es el mecanismo de transmisión de precios a lo largo de la cadena comercial.

4.1 PRECIOS A LO LARGO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Este capítulo analiza los datos disponibles sobre precios y las tendencias de los mismos en distintos niveles de la cadena de suministro de tomate fresca en España. El análisis de la transmisión de precios se desarrolla en el siguiente apartado.

Definición del producto analizado. El producto para el cual se va a analizar la cadena de valor, es el TOMATE “REDONDO LISO” y concretamente a las variedades “LARGA VIDA” Y “RAMA”

Dentro de los tipos comerciales de tomate destinados a su consumo en fresco y contemplados en el Reglamento (CE) nº 790/2000: “Redondos lisos”

- “Asurcados”
- “Oblongos” o “alargados”
- “Cereza” (incluidos los tomates “cocktail”)

Se ha seleccionado el tomate “redondo liso” y concretamente las variedades “larga vida” y “rama” debido a que son las variedades con mayores volúmenes de producción y comercialización tal y como se observa en el gráfico siguiente.

Gráfico 4. Distribución de la producción según variedad y ventas.



Fuente: Magrama

Los análisis se basan, principalmente, en el uso de la base de datos del Observatorio de Precios de los Alimentos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (MAGRAMA), que proporciona los precios medios semanales correspondientes al tomate fresco redondo liso. La base de datos contiene datos semanales que abarca el periodo desde 2006 hasta la última semana del 2016.

La cadena de valor del tomate fresco está compuesta por tres eslabones:

- 1) En el primer eslabón de la cadena de comercialización se encuentran los agricultores sean con exportaciones agrícolas individuales o agrupados en cooperativas. Este eslabón viene representado por el precio en origen €/kg. Posición sobre finca, almacén de agricultor, cooperativa o alhóndiga
- 2) El segundo eslabón de la cadena es el nivel mayorista formado por los diferentes mercados centrales (MERCAS). Los mercas juegan un papel fundamental en el segundo eslabón de la cadena de comercialización. En ellos se concentra una gran porción de la oferta, tanto la procedente de la producción nacional, como la procedente de la importación¹. Este eslabón lo representa el precio a nivel mayorista (Pm expresado en euro/kg).

1 La organización de mercas se compone básicamente de un conjunto de mercados centrales que se ocupan de centralizar la oferta y demanda de bienes perecederos (pescado, frutas, hortalizas, carne y flores). Su objetivo es el de vertebrar el sistema alimentario prestando el servicio mayorista a la distribución de alimentos frescos, facilitando la comercialización de las producciones con procedencia de origen, fomentando el comercio minorista en todos sus formatos, asegurando la provisión de alimentos frescos a la hostelería independiente u organizada, o a las empresas de restauración social.

- 3) Finalmente, en el tercer eslabón de la cadena de comercialización del tomate se encuentra el comercio tradicional, que junto con los supermercados y la restauración conforman la oferta que llega al consumidor final. Este eslabón lo representa el precio a nivel detallista (Pd expresado en euro/kg).

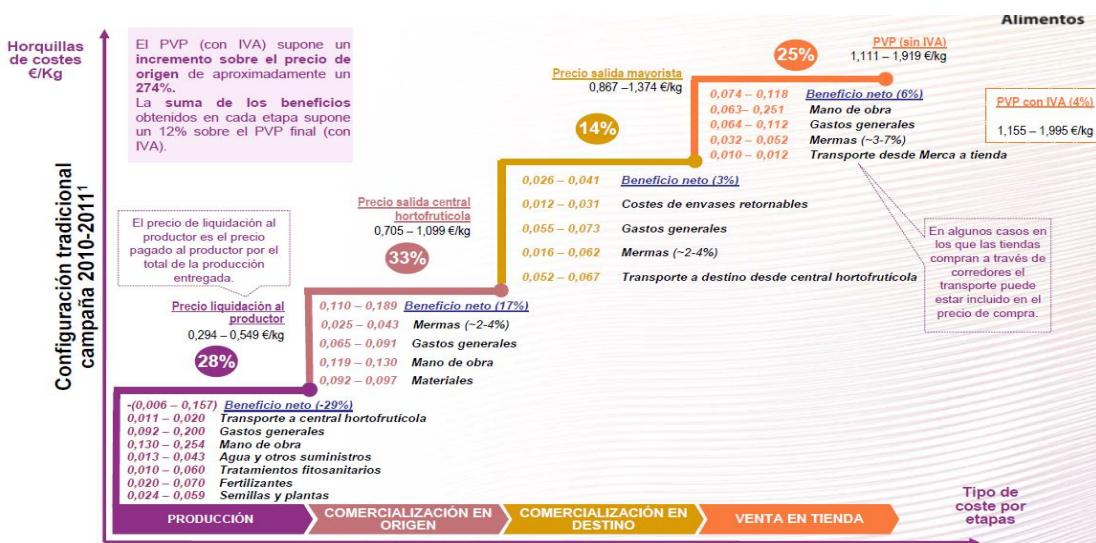
Cuadro 2. Definición y fuentes de las variables consideradas en el análisis de la integración vertical de precios de tomate redondo liso

Precios	Descripción	Fuente
Precio en origen: precios percibido por el productor (PO) ^a	€/kg de tomate liso a nivel del productor o nivel cooperativa	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)
Precio Mayorista (PM)	€/kg de tomate liso a nivel de mayorista (merca) €/kg	
Precio al consumo de venta al público (PD) ^b	Precio pagado por el consumidor a nivel minorista €/kg	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)

a- Precios medios nacionales ponderados en mercados de origen (lonjas)

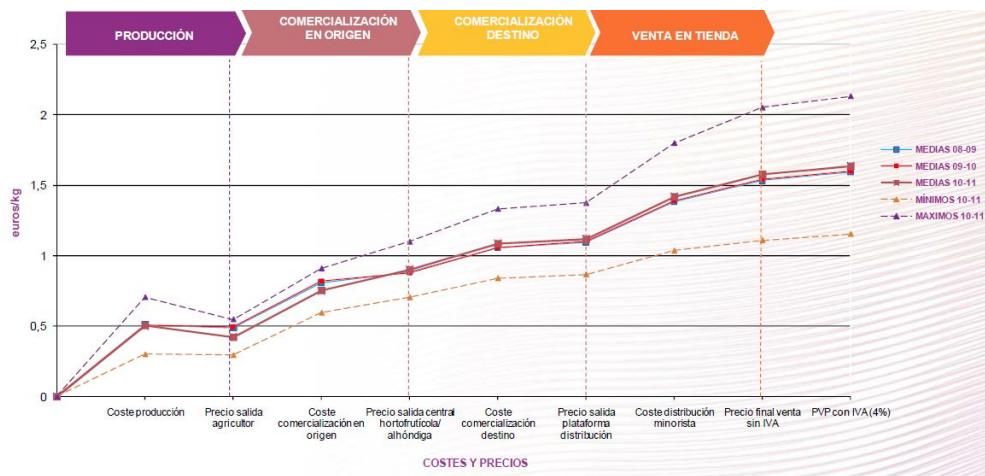
b- Precios medios nacionales ponderados de venta al público, en €/kg, Los precios se toman semanalmente, de aquellas variedades con mayor comercialización. Los puntos de toma de precios son mercados, tiendas tradicionales, supermercados, hipermercados y tiendas descuento, en capitales de provincia. El enlaces de la página web donde se ha recogidos los datos del observatorio de precios: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-alimentacion/observatorio-precios/>

Gráfico 5. Esquema de la estructura de costes y precios



Fuente: Magrama

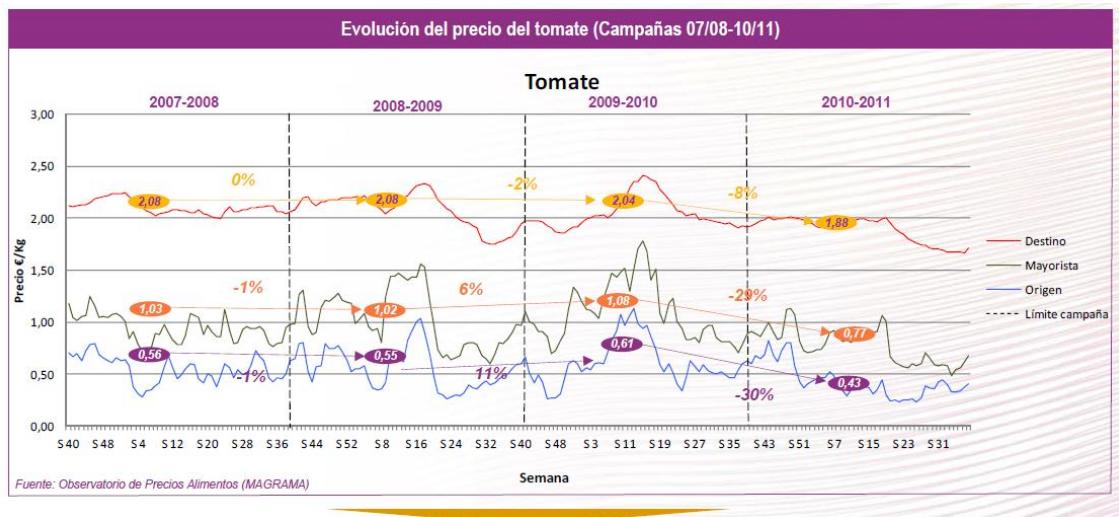
Gráfico 6. Precios cadena de valor tradicional del tomate. Costes y precios acumulados comparativa campañas 08-09, 09-10 y 10-11medias



Fuente: Magrama

Las grandes cadenas de supermercados merecen una atención especial en el proceso de comercialización del tomate. Ciertamente se están erigiendo en uno de los elementos centrales generadores de una progresiva transformación en los mecanismos de formación de los precios de tomate en origen, estableciendo, con creciente frecuencia, sus propios métodos directos de contratación a precio fijo con los agricultores. Además, estas grandes superficies, aprovechando la característica perecedera del tomate fresco, lo venden a precios muy bajos, utilizándolo como reclamo para la venta de otros bienes. Estas circunstancias (precios bajos y contrato fijo con los productores) están, sin lugar a duda, alterando los equilibrios tradicionales en el sector de la comercialización del tomate. Por una parte, están desplazando paulatinamente al comercio minorista tradicional y por la otra, están reorganizando la cadena de valor y, en consecuencia, la distribución de la renta generada en el sector.

Gráfico 7. Evolución del precio del tomate en los tres niveles: Origen, mayorista y destino



Fuente: Magrama

El precio del tomate liso alcanza su máximo en el periodo primaveral (durante los meses de marzo y abril). No obstante, en la última campaña estos precios máximos han sido inferiores a los de las campañas anteriores.

Asimismo, se observa que **el precio en destino ha descendido progresivamente a lo largo de estas cuatro campañas**, acentuándose este descenso especialmente en esta última campaña.

En las páginas siguientes se procederá a explicar la metodología econométrica que ha sido utilizada para llevar a cabo la aplicación empírica. Bajo tal pretexto se detallarán los modelos econométricos utilizados así como las diferentes técnicas que se han seguido para poder llegar a construirlos.

4.2 METODOLOGÍA ECONOMÉTRICA

Entre los factores que originen más a menudo un aumento en los precios en el mercado se encuentran los aumentos en los costes de las materias primas y en los costes laborales, mientras que en un descenso de los precios son más importantes los cambios en los precios de los competidores, un descenso del coste de la materia prima o los cambios en la demanda.

En varios trabajos empíricos se ha observado diferencias en el comportamiento de los precios, aunque se sigue manteniendo la hipótesis de que los costes de las materias primas son el principal factor que incide en los incrementos de los precios. Asimismo, algunos estudios señalan que los descensos en los precios están más relacionados con las condiciones del mercado, es decir la demanda y los precios de los competidores.

Todos los análisis para comprobar la integración vertical de precios se integran dentro del marco teórico de la Ley de Precio Único (LPU). La LPU establece que el precio de un producto debe ser el mismo en diferentes mercados una vez que se tienen en cuenta los costes de transporte y comercialización. Si bien, cabe destacar que la LPU se utiliza habitualmente para analizar las relaciones de precios entre los mercados internacionales de un mismo producto. Sin embargo, al utilizar las variables en logaritmos (como es habitual en el análisis econométrico de series de tiempo), la transmisión de precios estaría expresada en términos de elasticidades y no de niveles, evitando el problema de las unidades de medida². Esto permite utilizar este marco conceptual para el análisis de la transmisión vertical de precios entre los diferentes segmentos de una misma cadena. De hecho, el cumplimiento de una transmisión de precios cercana a la LPU estricta (elasticidad de transmisión de precios igual a la unidad) entre los distintos segmentos de un sector, estaría indicando la ausencia de poder de mercado (Lloyds et al, 2004).

Una forma sencilla de analizar la integración vertical de precios a lo largo de la cadena comercial parte de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de la siguiente regresión:

$$\ln(P_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_{j,t}) + u_t \quad (1)$$

Donde:

$P_{1,t}$ y $P_{2,t}$ representan los precios del tomate entre dos eslabones seguidos i y j.

β_0 y β_1 son los parámetros a estimar y que van a determinar el grado de transmisión de precios entre los dos eslabones i y j. Dado que el modelo especificado en (1) adopta una forma funcional doblemente logarítmica, el parámetro β_1 representa la elasticidad de transmisión de precios entre los dos eslabones. Así por ejemplo, $\beta_1 = 1$ significa que

2 Esto implica que se evaluará como cambia proporcionalmente un precio ante la variación de un 1% en el otro precio.

una variación de un 1% en el precio del eslabón i se transmite íntegramente al precio en el eslabón comercial j, el cual variará en la misma proporción. Es decir, la transmisión de la variación en un precio se manifiesta en una variación en el otro de la misma intensidad ($\beta_2 = 1$). Éste es lo que se conoce como la perfecta integración vertical de mercados.

Un la perturbación aleatoria del modelo que debe cumplir todos los supuestos básicos de cualquier modelo econométrico: Esperanza cero; homoscedasticidad o varianza constante σ^2 ; no autocorrelación o covarianzas cero y distribución normal

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Someter los residuos del modelo (ecuación 1) a una batería de contrastes con el objetivo de comprobar que el modelo especificado cumple los cuatro supuestos básicos.
- 2) Si el modelo supera la etapa anterior de chequeo, contrastar la teoría de perfecta transmisión de precios entre dos eslabones comerciales distintos (i y j) equivale a realizar el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0 : \beta_2 = 1 \quad \text{frente} \quad \begin{cases} H_a : \beta_2 < 1 \\ H_a : \beta_2 > 1 \end{cases} ; \text{ este equivale a contrastar:}$$

$$H_0 : \text{elasticidad de transmisión} = 1 \quad \text{frente} \quad \begin{cases} H_a : \text{lasticidad de transmisión} < 1 \\ H_a : \text{lasticidad de transmisión} > 1 \end{cases}$$

$$\text{El estadístico de contraste}^3: t = \frac{\hat{\beta}_2 - 1}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_2}} \quad (2)$$

Aceptar H_0 implica una perfecta transmisión entre los eslabones i y j. sin embargo, rechazar la hipótesis nula en favor de la alternativa implica el incumplimiento de la perfecta integración de los mercados a nivel vertical.

Varios autores alertan que la estimación de la regresión expuesta en 1 adolece de varios problemas: i) En primer lugar, la existencia de tendencias y componentes estacionales en las series de precios y el carácter estático impuesto pueden ocasionar problemas de

³ Donde $\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_2}$ es la desviación típica estimada de $\hat{\beta}_2$

autocorrelación, invalidando, por tanto, cualquier inferencia realizada sobre los parámetros del modelo. ii) En segundo lugar, debido a que los datos utilizados son de tipo de series temporales, la inferencia estadística sobre los parámetros del modelo exige el cumplimiento de un supuesto adicional que es la estacionariedad de las series de precios. La crítica más importante de la contrastación de la integración de mercados en base a la estimación de la regresión 1 es la no consideración de la no estacionariedad de las series de precios. Aunque hasta principios de los años ochenta se consideraba que las series económicas podían caracterizarse como estacionarias alrededor de una tendencia determinista, sin embargo, este consenso fue fuertemente cuestionado por Nelson y Plosser (1982) quienes argumentaban que buena parte de las series temporales debían caracterizarse como no estacionarias al menos en media.

A partir del trabajo de **Nelson y Plosser (1982)** se empezaba a cuestionar los trabajos aplicados anteriormente ya que demostraron que la mayor parte de las series económicas no eran estacionarias, lo que planteaba serios problemas tanto de índole económico (relaciones espúreas) como de inferencia estadística. Con el fin de solucionar estos problemas se han venido desarrollando toda una serie de métodos econométricos que han tratado de evaluar la integración tanto espacial como vertical de mercados. En este contexto, desde el pionero trabajo de **Ardeni (1989)** el análisis de cointegración se ha convertido en el método más utilizado (**Baffes, 1991; Zanias, 1993**). El análisis de cointegración recoge la posibilidad de que dos series de precios que no son estacionarias por separado, mantengan una relación estable si se consideran conjuntamente. Por este motivo, los contrastes de cointegración se han convertido en una herramienta fundamental para investigar la transmisión de precios.

El análisis de transmisión de precios requiere la aplicación de la metodología de cointegración para evaluar si ambas series comparten un mismo patrón de comportamiento a largo plazo, surgiendo a su vez dos posibilidades: i) Existencia de cointegración (hay una combinación lineal de ambas series que es estacionaria, o sea, el término de perturbación de la misma es una serie integrada de orden cero), indicando la presencia de una o varias relaciones de equilibrio de largo plazo entre los precios. Esto significa que a pesar de que puedan ocurrir desviaciones de dicho equilibrio en el corto plazo, éstas no son permanentes, desapareciendo en el largo plazo. ii) Ausencia de cointegración (el término de perturbación no es estacionario), indicando que los precios

se caracterizan por desviaciones significativas y persistente con respecto a sus niveles de equilibrio.

4.3 ANÁLISIS DEL ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LAS SERIES.

Una serie estacionaria $I(0)$ se caracteriza por: i) tener una varianza que no depende del tiempo; ii) poseer una memoria limitada de su comportamiento pasado, es decir, cualquier shock tiene únicamente un efecto transitorio; iii) fluctuar alrededor de su media, la cual puede incluir una tendencia determinista; y iv) tener autocorrelaciones que decaen rápidamente conforme aumenta el lapso temporal de separación (Dolado et al. , 1990, p.251).

Generalmente, la estacionariedad de las series se puede analizar desde diferentes puntos de vista: i) inspección gráfica de las series originales y diferenciadas; ii) observación de las Funciones de Autocorrelación (FAC); y iii) contrastes de raíces unitarias. Antes de estimar los contrastes de raíces unitarias nos ha parecido conveniente analizar los gráficos de las series (en niveles y primeras diferencias) y los de las FAC.

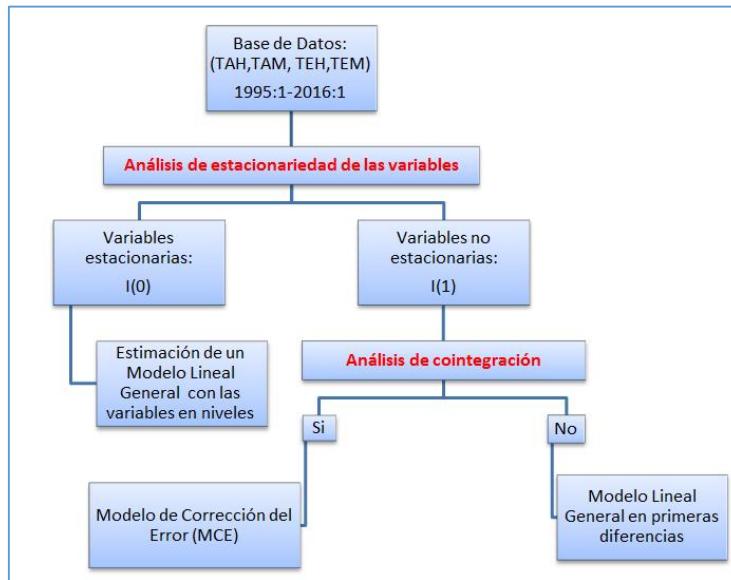
Los precios de mercados integrados deben de seguir pautas de comportamientos semejantes, guiados por una relación de equilibrio a largo plazo entre ellos. Teniendo en cuenta que desde una perspectiva econométrica, el concepto de estacionariedad encaja perfectamente con la idea de equilibrio a largo plazo⁴, de ambas consideraciones se sigue que hay una identificación entre el concepto económico de integración de mercados y el concepto estadístico de cointegración entre las correspondientes series de precios.

De lo anterior se deduce que el estudio de cointegración entre precios va a ser la piedra angular en los análisis de integración de mercados. De todas formas, debe tenerse en cuenta que la cointegración no es un fin en sí misma y, su mayor aportación al análisis aplicado se concreta en el hecho de que permite la estimación de un Modelo de Corrección del Error (MCE) desde donde se puede obtener una interpretación más completa del comportamiento de las series (Granger 1994). Ciñéndonos a nuestro caso, la formulación del MCE nos va a permitir estudiar la causalidad entre los precios de los

⁴ La estacionariedad de una variable garantiza que ésta fluctúa en torno a una media constante, valor que representa el equilibrio al que es atraído el sistema tras sufrir un *shock*.

diferentes mercados, las descomposiciones de la varianza del error de predicción para las diferentes variables (DVEP) así como las funciones impulso respuesta (FIR).

Gráfico 8. El esquema propuesto para especificar el modelo econométrico

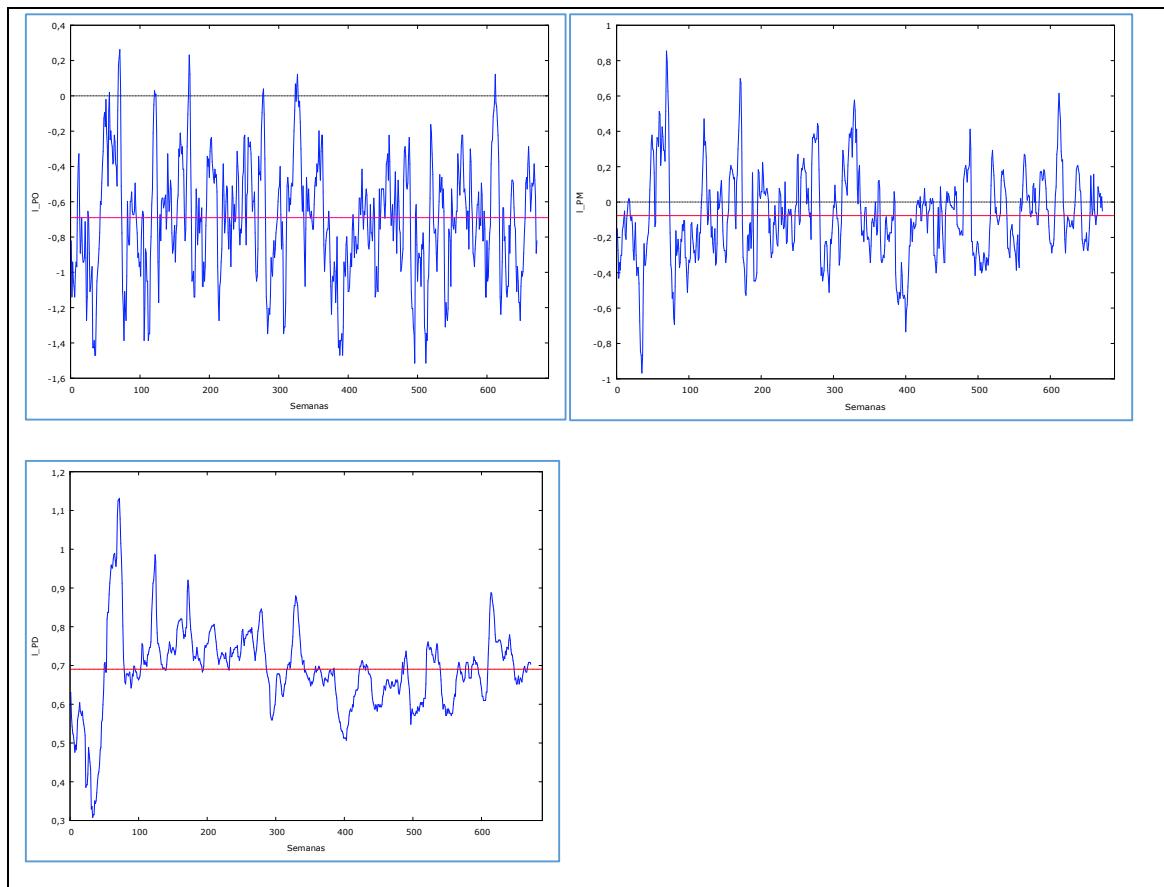


Como se puede observar en el esquema presentado anteriormente, el primer requisito para los contrastes de cointegración y de causalidad es la determinación del orden de integración de las dos variables, resultante del *análisis de estacionariedad*. Este análisis se realiza en tres pasos: primero se analiza la tendencia para cada una de las series, después se realizan los gráficos de correlogramas y por último se realizan los contrastes de raíces unitarias de DFA (ver Anexo I).

a) *Gráfico de las serie:*

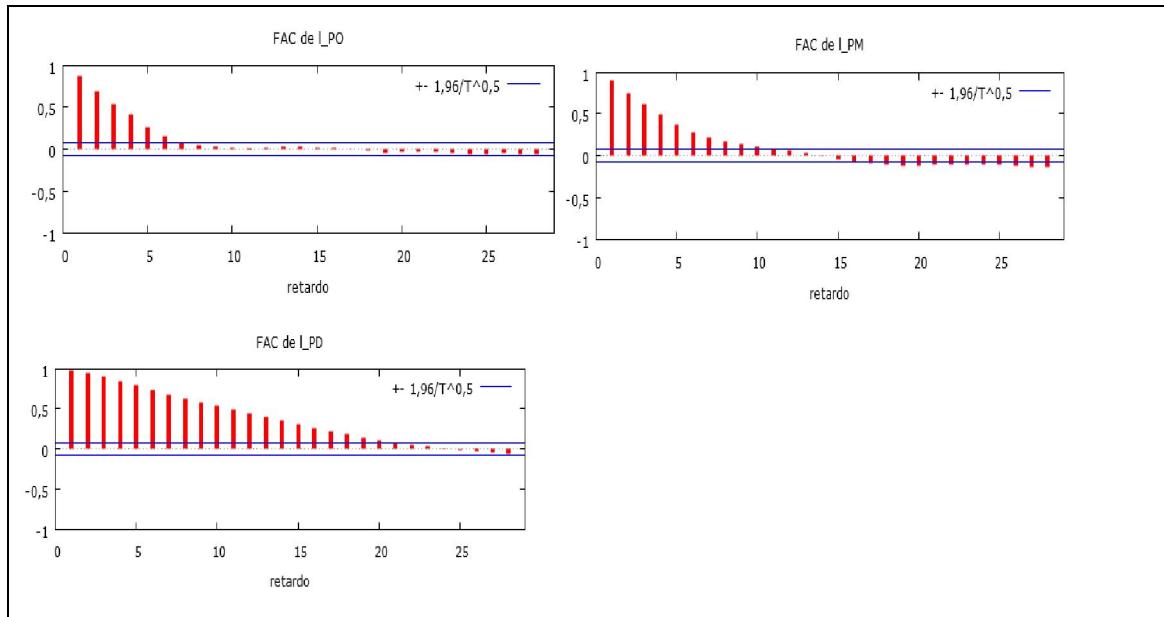
- *En niveles:* observando el gráfico 4.4.1 se puede apreciar que los logaritmos de los precios presentan un comportamiento estable, oscilando entorno a una media constante a lo largo de todo el periodo muestral. En consecuencia, parece que los precios son estacionarios.
- *Correlogramas:* En el gráfico 4.4.3 se recogen las Funciones de Autocorrelación (FAC). A partir de dichos gráficos se observa que para los tres precios las FAC muestran un decrecimiento rápido, anulándose tras un periodo corto de tiempo. Estos resultados unidos a que el primer valor de las Funciones de Autocorrelación Parcial muestral resulta bastante alejados de la unidad, nos están indicando el carácter estacionario de los precios.

Gráfico 9. Evolución de logaritmo de los precios



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos utilizando para ello el programa econométrico Gretl.

Gráfico 10. Correlograma (FAC) de los logaritmos de los precios en niveles



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos utilizando para ello el programa econométrico Gretl, siendo FAC la Función de Autocorrelación Muestral.

b) *Contrastes de Raíz Unitaria (Contraste de DFA)*

El primer requisito para llevar a cabo la aplicación de los contrastes de raíz unitaria consiste en especificar la estructura del PGD (componentes deterministas) y determinar el retardo óptimo que asegure que los residuos son ruido blanco. Respecto al primer problema, se han realizado todos los contrastes considerando los dos tipos de modelos: modelo con constante (modelo B), y modelo con constante y tendencia (modelo C).

En cuanto a la determinación del orden óptimo de retardo (k) se ha utilizado el Criterio Informativo de Akaike (AIC) que trata de encontrar el retardo k que minimiza dicho criterio de selección de modelos.

Cuadro 3. Resultados de los contrastes de raíces unitarias a partir del estadístico de DFA^a

Estadístico	L_PO	L_PM	L_PD	Valor crítico (5%) ^c
τ_τ	-6,524	-7,66	-5,207	-3,42
ϕ_3	21,26	26,70	19,30	6,49
τ_μ	-8,702	-7,65	-5,137	-2,87
ϕ_1	31,63	16,87	23,43	4,62
τ	-1,657	-7,25	-0,398	3,02
BG(1) ^b	0,0128	0,235	0,04 (0,82)	3,84
BG(6) ^b	4,071	4,531	6,02 (0,02)	14,1
BG(12) ^b	11,909	9,404	15,08 (0,01)	21,0
Retardo óptimo	4	3	6	

b. BG es el contraste de Breusch-Godfrey de autocorrelación de orden i y los valores entre paréntesis corresponden a los P-valores

c. Los valores críticos se han tomado de MacKinnon(1991)

Fuente: Elaboración propia utilizando para ello el programa econométrico Gretl.

*Los valores entre paréntesis son los retardos seleccionados por el criterio AIC y utilizados para la estimación de la regresión de DFA

El Cuadro 3 muestra los diferentes resultados de los contrastes de DFA, considerando modelos sin elementos determinista, con constante y con constante y tendencia. En todos los casos se rechaza la hipótesis nula de presencia de una raíz unitaria, ya que los

valores del estadístico de DFA para dichas variables son menores que su correspondiente valor crítico (mayores en valores absolutos) al 5% de nivel de significación. Por tanto, llegamos a la conclusión que los tres series de precios son estacionarios en torno a una constante dado que la tendencia en los tres modelos no resultó estadísticamente significativa al 5% de nivel de significación.

Dado que los tres precios son estacionarios no tendríamos que realizar los contrastes de cointegración ya que dicho análisis requiere que las series de precios deben ser no estacionarios e integrados del mismo orden.

A la vista de estos primeros resultados, el siguiente paso sería estimar por MCO el siguiente modelo:

$$\ln(P_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_{j,t}) + u_t \quad (3)$$

Y contrastar si la elasticidad de transmisión es igual a 1. Sin embargo, la especificación del modelo en la ecuación 3, presenta varios problemas:

- Cálculos de elasticidades a partir de regresiones simples y que han sido ampliamente criticados tanto por motivos económicos como conceptuales. Una de las principales limitaciones de estos modelos es que no se considera conjuntamente los precios de las diferentes cadenas y la existencia de fenómenos de retroalimentación entre las distintas cadenas de comercialización.
- Modelos estructurales imponiendo un número de restricciones a priori sobre las variables endógenas, que implican una sobreidentificación de ciertas ecuaciones. Estas restricciones son derivadas del supuesto de exogeneidad de algunas variables del sistema. Dichas restricciones, en muchas ocasiones, son arbitrarias ya que no son sujetas a contrastes estadísticos.

De hecho, en base a estas dos críticas principales nuevas propuestas metodológicas han ido surgiendo con el paso del tiempo, permitiendo no sólo paliar las limitaciones del procedimiento propuesto inicialmente, sino además enriquecer el conocimiento de las relaciones estudiadas. Entre estas nuevas propuestas metodológicas, se puede mencionar los modelos dinámicos tanto en su versión univariante como en su versión multivariante de Vectores Autorregresivos (VAR). Estos últimos han sido ampliamente utilizados en la literatura dada su flexibilidad y su propio carácter multivariante. En este tipo de

modelos cada variable viene explicada por sus propios retardos y los del resto de las variables del sistema permitiendo así, la endogeneidad de cada una de las variables sin imponer restricciones a priori (Blanchard y Quah, 1989). Los modelos dinámicos resultan interesantes en el sentido que permiten captar el carácter parsimonioso del ajuste de las variables y la inercia en el comportamiento de las mismas.

Teniendo en cuenta estas dos críticas principales, en el presente trabajo se ha optado por generalizar el planteamiento, contrastando directamente en los datos la relación dinámica entre los tres precios de la cadena comercial utilizando el modelo de vectores autorregresivos (VAR). Para desarrollar los aspectos teóricos del marco metodológico utilizado en este trabajo he consultado varios libros de econometría, entre los cuales podemos citar el libro de Greene (1998) y el de Wooldridge (2001). Para algunos aspectos concretos del desarrollo he recurrido al libro de Lutkepohl (1993). Todos ellos están disponibles en la biblioteca de la Facultad de Economía y Empresa de Zaragoza.

El modelo de Vectores Autorregresivos fue propuesto por Sims (1980) y se trata de un sistema de k ecuaciones donde en cada ecuación aparece despejada una variable diferente en función de los retardos de todas y cada una de las variables del sistema y de sus propios retardos. Sims (1980) en su artículo “macroeconomic and reality” critica la forma tradicional de elaboración de los modelos macroeconómicos (al estilo de la Cowles Comisión), afirmando que la mayor parte de las restricciones que aparecen en los modelos estructurales son falsas y establece las siguientes bases, en las que se asienta la modelización de los Vectores Autorregresivos (VAR):

- (a) No hay conocimientos teóricos suficientes para clasificar a las variables en endógenas y exógenas y por tanto no hay necesidad de establecer a priori el sentido de la relación causal entre los diferentes eslabones de la cadena.
- (b) Adicionalmente, Sims se plantea la importancia de las relaciones dinámicas en los fenómenos económicos y la escasa información que la Teoría Económica, en la que habitualmente se basan los modelos estructurales, aporta sobre estas relaciones dinámicas.

La gran aportación de Sims fue, precisamente, considerar conjuntamente todas estas limitaciones, lo que le llevó a desarrollar un marco alternativo de especificación y

análisis con modelos econométricos, tratando de solventar los problemas que, a su juicio, presentaban las aproximaciones estructurales clásicas.

La propuesta de Sims consistía en el planteamiento de un modelo débilmente restringido, en el que no hubiera que imponer a priori ninguna condición sobre las características de exogeneidad o endogeneidad de las variables del sistema (todas las variables son consideradas como endógenas) ni, por supuesto, sobre los efectos concretos de una variable sobre otras.

En cuanto a la dinamicidad del modelo, y en la misma línea de restringirlo en la menor medida posible, Sims (1980) propone determinar únicamente el número máximo de retardos con el que intervienen las variables y dejar que sean los propios datos o, más bien, su caracterización estadística los que determinan finalmente la longitud temporal del modelo.

En definitiva, el modelo propuesto por Sims (1980) consiste en la especificación de un sistema de ecuaciones (tantas como variables incluidas en el modelo) en el que cada variable depende de su pasado (retardos) y del pasado del resto de las variables del sistema. Se trata, por tanto, de un conjunto de ecuaciones autorregresivas por lo que a este tipo de modelos se les denomina Vectores Autorregresivos (VAR).

4.4 ESPECIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR

La expresión de un modelo VAR con P retardos viene dada por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 PO_t &= \sum_{i=1}^p \alpha_i^1 PO_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i^1 PM_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i^1 PD_{t-i} + u_{1t} \\
 PM_t &= \sum_{i=1}^p \alpha_i^2 PO_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i^2 PM_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i^2 PD_{t-i} + u_{2t} \\
 PD_t &= \sum_{i=1}^p \alpha_i^3 PO_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i^3 PM_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i^3 PD_{t-i} + u_{3t}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Donde:

- p es el número de retardos considerados en la especificación del modelo y que será determinado de acuerdo a la estructura de los datos

- α_i^j , β_i^j y γ_i^j ($i=1,2,\dots,p$) ($j=1,2,3$) son los parámetros del modelo correspondientes al retardo i -ésimo en la ecuación j -ésima que acompañan a los precios PO, PM y PD, respectivamente:
- u_{it} representa la perturbación de la variable y_{it} en el momento t . Ambas innovaciones tiene valor esperado igual a cero y se cumple que:

$$E(u_{it}u_{is}) = \begin{cases} 0 & \text{si } t \neq s \\ \sigma_i^2 & \text{si } t = s \end{cases} \text{ y, además: } E(u_{1t}u_{2s}) = \begin{cases} 0 & \text{si } t \neq s \\ \sigma_{12} & \text{si } t = s \end{cases}$$

lo que implica que puede existir correlación contemporánea entre ambas perturbaciones, pero no correlación en distintos momentos del tiempo. Para simplificar se suele añadir el supuesto de que las perturbaciones se comportan como un ruido blanco (no autocorrelación serial, homoscedasticidad y distribución normal).

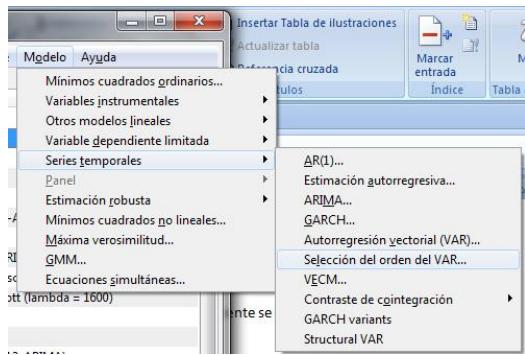
Para la estimación del modelo tenemos que determinar primero el orden óptimo de retardo (p) en la especificación del modelo VAR. Dado que en la práctica, el orden de retardo (p) es desconocido y debería ser determinado. Esta determinación debe realizarse, en general, de forma cuantitativa, analizando los propios resultados de estimación y comparando los resultados obtenidos en modelos con órdenes de retardos alternativos, ya que como decíamos, no es frecuente encontrar evidencias teóricas al respecto. En la práctica: el valor de p debe ser: i) lo suficientemente pequeño para que sea operativo y evitar una sobreparametrización y ii) lo suficientemente grande para garantizar que los residuos resultantes sean compatibles con la hipótesis de ruido blanco (ver Lutkepohl, 1993). Asimismo, cabe mencionar que la selección inadecuada del orden del retardo en la especificación de un modelo VAR puede generar diversas consecuencias entre las cuales podemos destacar que la utilización de p innecesariamente grande reduciría la precisión de las predicciones generalizadas por el correspondiente modelo VAR.

En definitiva, resulta de gran importancia definir una serie de criterios para elegir el orden adecuado del retardo. En la literatura se han desarrollado diversos criterios y contrastes para seleccionar el orden del retardo en un modelo VAR.

Los criterios habitualmente utilizados para la selección entre modelos alternativos con diferentes órdenes de retardos son el Criterio de Información de Akaike (AIC), el

Criterio de Schwarz (SC) y el criterio de Hannan y Quinn (HQ) entre otros. Una descripción detallada de estos criterios está en el Anexo 2.

Los diferentes criterios mencionados anteriormente se han calculado mediante el uso del programa estadístico Gretl⁵:



Partiendo de un retardo máximo de 241 períodos, los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 3.

⁵ He utilizado este programa estadístico dado que a lo largo de las asignaturas de econometría cursadas en la carrera se ha utilizado dicho programa. No sólo es fácil de utilizar sino además es un programa gratuito.

Cuadro 4. Selección del orden de retardo del modelo VAR

retardos	log.veros	p (RV)	AIC	BIC	HQC
1	2641,95052		-8,117131	-8,034281	-8,084991
2	2715,55732	0,00000	-8,316535	-8,171548*	-8,260290*
3	2726,83118	0,00730	-8,323553	-8,116428	-8,243203
4	2735,69114	0,03857	-8,323121	-8,053859	-8,218666
5	2740,77870	0,33650	-8,311045	-7,979646	-8,182486
6	2755,11997	0,00073	-8,327531*	-7,933994	-8,174866
7	2764,04204	0,03703	-8,327290	-7,871616	-8,150521
8	2768,02167	0,53826	-8,311795	-7,793984	-8,110921
9	2772,67308	0,40980	-8,298374	-7,718425	-8,073394
10	2781,58108	0,03737	-8,298090	-7,656004	-8,049006
11	2787,52835	0,21932	-8,288668	-7,584444	-8,015479
12	2791,77294	0,48570	-8,273991	-7,507630	-7,976696
13	2798,06023	0,18282	-8,265618	-7,437120	-7,944219
14	2805,91012	0,07342	-8,262068	-7,371433	-7,916564
15	2812,13015	0,18962	-8,253488	-7,300715	-7,883879
16	2817,10202	0,35506	-8,241056	-7,226145	-7,847342
17	2819,10058	0,91160	-8,219446	-7,142398	-7,801628
18	2825,62658	0,16027	-8,211810	-7,072625	-7,769887
19	2828,27359	0,80796	-8,192202	-6,990880	-7,726174
20	2832,63329	0,46357	-8,177881	-6,914421	-7,687747
21	2834,68899	0,90393	-8,156447	-6,830850	-7,642209
22	2839,11676	0,45071	-8,142336	-6,754601	-7,603992
23	2846,36233	0,10590	-8,136921	-6,687049	-7,574473
24	2853,61265	0,10560	-8,131521	-6,619511	-7,544967

Los asteriscos indican los mejores (es decir, los mínimos) valores de cada criterio de información, AIC = criterio de Akaike, BIC = criterio bayesiano de Schwarz y HQC = criterio de Hannan-Quinn

Partiendo de un retardo máximo de 24 retardos (24 semanas, lo que equivale a 5 meses aproximadamente), los valores mínimos de los BIC y HQC se obtienen para el segundo retardo. En cuanto al criterio AIC, el valor mínimo se obtiene para el sexto retardo.

A la vista de estos resultados, la especificación del modelo se realiza en tres etapas. En primer lugar, se estima el modelo con el mayor número de retardos seleccionados. En segundo lugar, el modelo estimado será sometido a una batería de contrastes con el objetivo de verificar si los residuos de dicho modelo se comportan como un ruido blanco. Finalmente, si el modelo estimado supera la etapa de chequeo se procede a la eliminación de aquellos retardos que no resultan estadísticamente significativos.

Para verificar la correcta especificación del modelo VAR con los 6 retardos y los tres precios, se ha contrastado la posibilidad de autocorrelación, fenómeno bastante común

en los trabajos con datos y series temporales. Asimismo, se ha de contrastar la posibilidad de existencia de heteroscedasticidad autorregresiva condicionada (Efecto ARCH) y por último se ha verificado si los residuos se comportan como un ruido blanco. Para contrastar la existencia de autocorrelación se ha utilizado el estadístico de Breusch-Godfrey (1978). Este estadístico es asintóticamente válido en presencia de variables dependientes retardadas y lo suficientemente flexible como para considerar órdenes de correlación serial alternativos. Para comprobar la homoscedasticidad y tratándose de series temporales, se ha realizado los contrastes de ausencia de heteroscedasticidad autorregresiva condicionada (efectos ARCH) utilizando el procedimiento propuesto por Engle (1982). Finalmente, la normalidad de los residuos se ha contrastado utilizando el estadístico de Jarque Bera. Una descripción detallada de los diferentes contrastes se puede consultar en el Anexo 3. Todos los contrastes se han realizado estimando el modelo ecuación por ecuación. Los resultados obtenidos se recogen en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Contrastos de validación del modelo VAR seleccionado

	PO	PM	PD	Valor crítico
Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación: Hipótesis nula: no hay autocorrelación				
LMBG(1)	0,948	3,282	3,002	3,84
LMBG(4)	2,382	8,7699	5,496	9,38
Contraste de homoscedasticidad: Hipótesis nula: no hay efecto ARCH				
ARCH (1)	0,0031	3,34123	0,4320	3,84
ARCH(4)	1,1842	5,95083	11,14*	9,38
Contraste de normalidad: Hipótesis nula: el error se distribuye normalmente				
Jarque-Bera	51,312 *	42,402*	43,371*	5,99

Fuente: elaboración propia a partir de los diferentes contrastes realizados sobre cada una de las ecuaciones
 Nota: en todos los contrastes, un valor del estadístico mayor que su correspondiente valor crítico, implica el rechazo de la hipótesis nula. Por el contrario, un valor menor que su correspondiente valor crítico nos lleva a no rechazar la hipótesis nula.

Un * implica el rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significación.

El modelo VAR estimado con 6 retardos no presenta problemas de autocorrelación de primer orden y cuarto orden dado que todos los valores obtenidos del contraste están por debajo de valor crítico al 5% de nivel de significación. En cuanto al problema de

heteroscedasticidad condicionada sólo se detectan problemas en la ecuación del precio detallista debido sobre todo a las altas fluctuaciones de dicho precio durante el primer año de la muestra (2005). En las tres ecuaciones del modelo se rechaza la hipótesis nula de normalidad que creemos que son consecuencia de la inestabilidad de los precios a lo largo del año 2005 y parte del 2006. De hecho si reestimamos el modelo, eliminando las primeras 60 observaciones los resultados del chequeo mejoran sensiblemente. Finalmente, hemos decidido continuar todos los análisis restringiendo la muestra eliminando las primeras 60 observaciones.

Una vez determinado el orden óptimo de retardo del modelo VAR, el siguiente paso consiste en estimar el modelo. El procedimiento de estimación utilizado para la estimación de los dos modelos VAR seleccionado en la etapa anterior ha sido el de Mínimos Cuadros Ordinarios (MCO) Ecuación por Ecuación y considerando las Desviaciones típicas robustas ante heteroscedasticidad para evitar los problemas de las inferencias estadísticas sobre los parámetros del modelo. Los resultados de la estimación de las diferentes ecuaciones se muestran en los Cuadros 6, 7 y 8.

Cuadro 6. Estimación MCO del modelo VAR con 6 retardos: Ecuación precio en origen (PO)

Ecuación 1: 1_PO Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-0,104152	0,100126	-1,040	0,2987
1_PO_1	0,993762	0,0520066	19,11	6,70e-063 ***
1_PO_2	-0,291892	0,0645865	-4,519	7,59e-06 ***
1_PO_3	0,0978106	0,0645658	1,515	0,1304
1_PO_4	0,0695656	0,0647348	1,075	0,2830
1_PO_5	-0,148089	0,0635151	-2,332	0,0201 **
1_PO_6	0,0929540	0,0466312	1,993	0,0467 **
1_PM_1	0,385251	0,0889951	4,329	1,78e-05 ***
1_PM_2	-0,404591	0,104946	-3,855	0,0001 ***
1_PM_3	0,220386	0,101898	2,163	0,0310 **
1_PM_4	-0,0944372	0,0966204	-0,9774	0,3288
1_PM_5	0,0206044	0,0983804	0,2094	0,8342
1_PM_6	-0,117640	0,0756148	-1,556	0,1203
1_PD_1	-0,410238	0,599952	-0,6838	0,4944
1_PD_2	0,767588	0,837350	0,9167	0,3597
1_PD_3	-1,05961	0,821107	-1,290	0,1974
1_PD_4	0,934703	0,704800	1,326	0,1853
1_PD_5	-0,725560	0,751707	-0,9652	0,3349
1_PD_6	0,457459	0,449105	1,019	0,3088
Media de la vble. dep.	-0,696281	D.T. de la vble. dep.	0,320559	
Suma de cuad. residuos	13,26408	D.T. de la regresión	0,154733	
R-cuadrado	0,774334	R-cuadrado corregido	0,767002	
F(18, 554)	104,4466	Valor p (de F)	1,1e-164	
rho	0,004517	Durbin-Watson	1,990728	

Cuadro 7. Estimación MCO del modelo VAR con 6 retardos: Ecuación precio mayorista (PM)

Ecuación 2: l_PM Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-0,0604919	0,0488776	-1,238	0,2163
l_PO_1	0,230921	0,0320815	7,198	1,70e-012 ***
l_PO_2	-0,219933	0,0369724	-5,949	4,43e-09 ***
l_PO_3	0,0446844	0,0368399	1,213	0,2256
l_PO_4	0,0334300	0,0353107	0,9467	0,3441
l_PO_5	-0,107734	0,0373878	-2,882	0,0041 ***
l_PO_6	0,0488409	0,0273770	1,784	0,0749 *
l_PM_1	0,966235	0,0505028	19,13	5,28e-065 ***
l_PM_2	-0,305993	0,0685735	-4,462	9,56e-06 ***
l_PM_3	0,181255	0,0643129	2,818	0,0050 ***
l_PM_4	-0,0536926	0,0595962	-0,9009	0,3680
l_PM_5	-0,0859517	0,0579295	-1,484	0,1384
l_PM_6	0,0818072	0,0452723	1,807	0,0712 *
l_PD_1	0,670303	0,325316	2,060	0,0398 **
l_PD_2	-0,218668	0,408393	-0,5354	0,5925
l_PD_3	-0,616710	0,392045	-1,573	0,1162
l_PD_4	0,432105	0,411592	1,050	0,2942
l_PD_5	0,383822	0,389307	0,9859	0,3245
l_PD_6	-0,556585	0,238800	-2,331	0,0201 **
Media de la vble. dep.	-0,074672	D.T. de la vble. dep.	0,250579	
Suma de cuad. residuos	6,431527	D.T. de la regresión	0,099702	
R-cuadrado	0,845971	R-cuadrado corregido	0,841686	
F(18, 647)	186,8063	Valor p (de F)	4,4e-242	
rho	-0,011327	Durbin-Watson	2,022485	

Cuadro 8. Estimación MCO del modelo VAR con 6 retardos: Ecuación precio detallista (PD)

Ecuación 3: l_PD Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	0,0370012	0,0114518	3,231	0,0013 ***
l_PO_1	0,0292449	0,00427668	6,838	2,12e-011 ***
l_PO_2	-0,0175872	0,00498728	-3,526	0,0005 ***
l_PO_3	0,00121089	0,00526627	0,2299	0,8182
l_PO_4	0,00228263	0,00529026	0,4315	0,6663
l_PO_5	-0,00208714	0,00571930	-0,3649	0,7153
l_PO_6	-0,00215864	0,00422791	-0,5106	0,6099
l_PM_1	0,0397684	0,00721250	5,514	5,39e-08 ***
l_PM_2	-0,0244603	0,00799144	-3,061	0,0023 ***
l_PM_3	0,00411542	0,00882090	0,4666	0,6410
l_PM_4	-0,00713307	0,00974560	-0,7319	0,4645
l_PM_5	-0,00548082	0,0112356	-0,4878	0,6259
l_PM_6	-0,00530936	0,00861979	-0,6159	0,5382
l_PD_1	1,09417	0,0444271	24,63	5,12e-091 ***
l_PD_2	-0,142968	0,0800041	-1,787	0,0745 *
l_PD_3	-0,0130521	0,0689812	-0,1892	0,8500
l_PD_4	0,0787017	0,0729974	1,078	0,2814
l_PD_5	-0,0412899	0,0696768	-0,5926	0,5537
l_PD_6	-0,0176115	0,0419970	-0,4194	0,6751
Media de la vble. dep.	0,697335	D.T. de la vble. dep.	0,077386	
Suma de cuad. residuos	0,102956	D.T. de la regresión	0,013632	
R-cuadrado	0,969944	R-cuadrado corregido	0,968968	
F(18, 554)	819,1321	Valor p (de F)	0,000000	
rho	-0,001762	Durbin-Watson	2,003507	

4.5 ANÁLISIS DE LA CAUSALIDAD

A lo largo del apartado anterior se ha analizado la especificación, la estimación y verificación de los diferentes modelos VAR. Un modelo VAR, generalmente, no se

estima para hacer inferencia acerca de coeficientes de variables individuales. Por un lado, la baja precisión en su estimación, desaconseja cualquier análisis de coeficientes individuales. Tiene mucho sentido, por el contrario, el análisis conjunto de los coeficientes asociados a un bloque de retardos en una determinada ecuación. Por otro lado, los parámetros estimados del modelo VAR son difíciles de interpretar desde el punto de vista económico.

Para superar estas dos limitaciones existen dos herramientas alternativas que ofrece el modelo VAR que resultan interesantes para analizar las relaciones dinámicas entre las diferentes variables del modelo. Estas dos herramientas son: i) El análisis de Causalidad en el sentido de Granger y ii) Las funciones impulso respuesta.

Ambos procedimientos permiten interpretar económicamente los resultados obtenidos de la estimación ya en este tipo de modelos, una interpretación individual de cada parámetro estimado resulta muy difícil, además de tediosa, conforme aumenta el número de variables y retardos incluidos en la especificación del mismo.

En este apartado nos centraremos en el análisis de causalidad entre los precios de los tres eslabones comerciales. El tema del análisis de causalidad será abordado desde dos perspectivas: el análisis de causalidad en el sentido de Granger y el análisis de causalidad instantánea.

El tema de causalidad había sido ya tratado en la literatura con anterioridad al trabajo de Granger (1969), pero fue éste último quien hace por primera vez el concepto de causalidad operativo, susceptible de ser contrastado empíricamente. Granger establece que su definición de no causalidad sólo podrá aplicarse a variables estocásticas, no deterministas. En concreto, supone procesos estocásticos estacionarios.

Definición operacional de causalidad en el sentido de Granger: Se dice que una variable P_i no causa a la variable P_j si al añadir el pasado de P_i a la ecuación anterior no añade capacidad explicativa. El contraste consiste en analizar la significación estadística conjunta del bloque de retardos de P_i en la ecuación mencionada, y la hipótesis nula es que la variable P_i no causa, en el sentido de Granger, a la variable P_j . En realidad, la propuesta inicial de Granger hacía referencia a que la predicción basada en el pasado de las dos variables P_i y P_j , sea estrictamente mejor (es decir, con menos error) que la predicción de P_j basada exclusivamente en su propio pasado.

H_0 : PO no causa a PM en el sentido de Granger ($PO \not\rightarrow PM$)

H_a : PO causa a PM en el sentido de Granger ($PO \rightarrow PM$)

\Updownarrow

$$H_0: \alpha_1^2 = \alpha_2^2 = \dots = \alpha_p^2 = 0$$

$$H_a: \text{al menos } \exists \alpha_i^2 \neq 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, p$$

(5)

El contraste puede llevarse a cabo utilizando el estadístico F habitual en el contraste de significación de un bloque de retardos en el que el modelo restringido excluye un grupo de retardos de una ecuación:

$$F_c = \left(\frac{SR_r - SR_{nr}}{SR_{nr}} \right) * \left(\frac{T - kp}{p} \right) \square F(p, T - kp) \quad (6)$$

donde: SR_r Suma residual del modelo restringido que consiste en la estimación por MCO de la regresión sin incluir los retardos de la variable PO, SR_{nr} : suma residual del modelo no restringido que consiste en estimar la regresión de PM en función de sus valores retardados y los retardos del resto de las variables (PO y PD), K es el número de variable incluidas en el modelo (en nuestro caso $k=3$), y p es el orden de retardo considerado en la especificación del modelo VAR.

Rechazar la hipótesis nula para un determinado nivel de significación ε (es decir $F_c > F_{\varepsilon}^C(p, T - kp)$) indica que la variable PO causa en el sentido de Granger a la variable PM. Al contrario, el no rechazar la hipótesis nula implica que la variable PM no vienen causadas en el sentido de Granger por la variable PO. En este caso, la variable PM se considera débilmente exógena con respecto a la variable PO.

Asimismo se puede contrastar la causalidad en el sentido de Granger por bloque de variables:

H_0 : PO y PM no causan a PD en el sentido de Granger ($PO \text{ y } PM \not\rightarrow PM$)

H_a : PO y PM causa a PD en el sentido de Granger ($PO \text{ y } PM \rightarrow PM$)

\Updownarrow

$$H_0: \begin{cases} \alpha_1^3 = \alpha_2^3 = \dots = \alpha_p^3 = 0 \\ \beta_1^3 = \beta_2^3 = \dots = \beta_p^3 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$H_a: \text{al menos } \exists \alpha_i^3 \text{ y/o } \beta_i^3 \neq 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, p$$

En la tabla 9 se recogen los resultados obtenidos de los diferentes contrastes de causalidad en el sentido de Granger realizados sobre el modelo VAR(6) estimado anteriormente. Los resultados obtenidos en dichos cuadros permiten sacar las siguientes conclusiones:

Se produce causalidad de Granger en todos los casos y en todas las direcciones. Este comportamiento parece tener relación con la afirmación hecha por Ward (1982) para los productos agrarios, en el sentido de que los vínculos entre los precios de los diferentes niveles de comercialización van a ser mayores cuanto menor sea el grado de transformación requerida y menor el grado de perdurabilidad de los productos. En la comercialización del tomate fresco se cumplen las dos condiciones: son productos muy perecederos y el grado de transformación requerido en el proceso es muy pequeño.

El análisis de causalidad ha corroborado la fuerte interconexión existente entre los precios y al mismo tiempo nos ha permitido matizarla. Aunque en ningún caso se puede rechazar la causalidad de Granger (se produce en todos los casos y en todas las direcciones), el análisis bivariante nos permite clarificar los diferentes casos. Mientras el precio mayorista y en origen se causan mutuamente y ambos causan al precio detallista, éste no causa en el corto plazo a los precios mayorista y en origen. Dichos resultados indican la evidencia en favor de la hipótesis de teoría del “empuje del coste”. Es decir, cualquier variación en el precio de origen se repercute en el precio mayorista y este último en el precio detallista.

Este resultado creemos que va a ser la norma cuando se trate de analizar integración vertical en el mercado nacional de los productos frescos. La causalidad de Granger, que resulta una herramienta muy útil en los estudios de integración de mercados, puede resultar insuficiente a la hora de analizar la integración vertical de los mercados. En este caso puede ser necesario profundizar en la relación, detectando las fuentes que originan la causalidad de Granger (corto plazo, largo plazo o ambas).

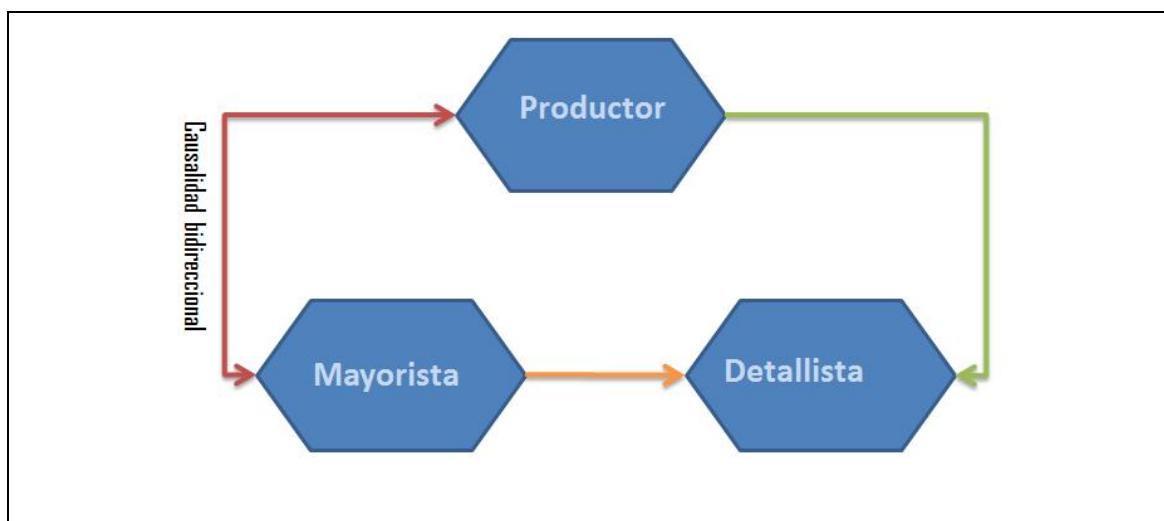
La hipótesis nula de ausencia de causalidad se rechaza en todos los casos salvo en el del precio de destino que no causa al precio merca y origen destino. Por lo que se afirma la existencia de causalidad en el sentido de Granger para los otros dos casos (el precio merca y el precio destino). Si bien se puede concluir que la relación de causalidad del

precio origen hacia los precios merca y destino es más fuerte que la causalidad del precio destino sobre el precio origen y merca.

Cuadro 9. Resultados de los contrastes de Causalidad en el sentido de Granger

	Estadístico	P-valor	Conclusión
$PO \not\rightarrow PM$	$F(6, 588) = 9,64902$	$P=0,000$	$PO \xrightarrow{\text{Causa}} PM$
$PO \not\rightarrow PD$	$F(6, 588) = 7,41872$	$P=0,000$	$PO \xrightarrow{\text{Causa}} PD$
$PM \not\rightarrow PO$	$F(6, 588) = 4,705$	$P=0,000$	$PM \xrightarrow{\text{Causa}} PO$
$PM \not\rightarrow PD$	$F(6, 588) = 6,94186$	$P=0,0000$	$PM \xrightarrow{\text{Causa}} PD$
$PD \not\rightarrow PO$	$F(6, 588) = 0,848$	$p = 0,533$	$PD \xrightarrow{\text{NO Causa}} PO$
$PD \not\rightarrow PM$	$F(6, 588) = 1,36261$	$p = 0,227$	$PD \xrightarrow{\text{NO Causa}} PM$
$PO \text{ y } PM \not\rightarrow PD$	$F=14,04$	$P=0,0001$	$PO \text{ y } PM \xrightarrow{\text{Causan}} PD$
$PO \not\rightarrow PM \text{ y } PD$	$F=8,638$	$P=0,000$	$PO \xrightarrow{\text{Causa}} PM \text{ y } PD$
$PM \text{ y } PD \not\rightarrow PO$	$F=3,416$	$P=0,000$	$PM \text{ y } PD \xrightarrow{\text{Causan}} PO$
$PD \not\rightarrow PM \text{ y } PO$	$F=2,5398$	$P=0,002$	$PD \xrightarrow{\text{Causa}} PM \text{ y } PO$
$PM \not\rightarrow PO \text{ y } PD$	$F=3,864$	$P=0,000$	$PM \xrightarrow{\text{Causa}} PO \text{ y } PD$
$PO \text{ y } PD \not\rightarrow PM$	$F=7,741$	$P=0,000$	$PO \text{ y } PD \xrightarrow{\text{Causan}} PM$

Gráfico 11. Esquema de la transmisión de precios a partir del análisis de causalidad



A continuación, se han estimado las elasticidades de transmisión a largo plazo a lo largo de la cadena de comercialización estableciendo una estructura causal:
ORIGEN→MAYORISTA→DETALLISTA

Cuadro 10. Estimación de elasticidad de transmisión de precios

Relación	Elasticidad de transmisión	Contraste de perfecta transmisión: $H_0: \beta_1 = 1$ $H_a: \beta_1 < 1$
Oigen→mayorista $\ln(PO_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(PM_t) + u_t$	$\hat{\beta}_1 = 0,58$	$t = \frac{0,58 - 1}{0,018} = -23,33$ Se rechaza al 5%
Mayorista→detallista $\ln(PM_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(PD_t) + u_t$	$\hat{\beta}_1 = 0,22$	$t = \frac{0,22 - 1}{0,012} = -65,01$ Se rechaza al 5%

Estos resultados indican que tanto en el primer eslabón comercial como en el segundo no parece existir una perfecta transmisión de la información entre los tres eslabones comerciales, por lo que la información se transmite con distorsiones. La elasticidad de transmisión entre el origen y el mayorista es sensiblemente mayor que la que se obtiene para el segundo eslabón (mayorista-detallista), indicando una mayor distorsión en la transmisión de información debido tal vez al poder de mercado a nivel detallista.

4.6 FUNCIONES IMPULSO-RESPUESTAS

Los contrastes de causalidad expuestos en la sección anterior permiten analizar si una variable responde ante variaciones en otra variable y esto para el conjunto de períodos incluidos en el sistema. Por el contrario, las Funciones Impulso-Respuesta (FIR) permiten trazar la respuesta de una variable ante un impulso en otra variable del sistema en cada momento del tiempo. Dicha reacción se puede interpretar en términos de causalidad, de manera que si una variable responde significativamente ante el impulso o shock sufrido por otra, implica que la segunda causa a la primera.

Una vez analizadas las relaciones de equilibrio existentes en la cadena de valor del tomate, en este apartado lo que se pretende es analizar las relaciones dinámicas a corto plazo existentes entre los diferentes eslabones de la cadena de valor. Es decir, se trata de

determinar cuál es el impacto en los precios de cada eslabón de un cambio en el precio en un eslabón determinado. Se trata, por tanto, de determinar cómo el resto de eslabones responden ante este incremento imprevisto de los precios. Para realizar este análisis se parte del modelo VAR previamente estimado y se calculan las FIR y la descomposición de las Varianza del Error de Predicción (VEP).

Comenzando con las funciones de impulso-respuesta. Las Funciones Impulso Respuesta describen la respuesta de una variable en el periodo $t+s$ ante un shock inesperado en otra variable del sistema (o sobre ella misma), acaecido en el periodo t , manteniendo el resto de las variables constantes en t y en periodos anteriores. La secuencia de los valores de la función Impulso-Respuesta, en un lapso temporal que se expande a partir del momento en que se produce el shock, proporciona información sobre la duración, sentido y magnitud de las respuestas.

Una explicación en profundidad sobre los modelos VAR y sus herramientas asociadas, el análisis de causalidad y las funciones impulso respuesta (FIR), se encuentran en Lütkepohl (1993, pp 43-55) y el Greene (1998, pp 593-595).

Las FIR se han calculado únicamente para la segunda mitad de muestra a partir del modelo VAR estimado en el apartado anterior, incluyendo 7 retardos. Para interpretar los resultados, es preciso indicar que las funciones impulso-respuesta, recogen el efecto de una variable de un incremento inesperado en otra, de magnitud igual a su desviación típica. Dividiendo cada una de las respuestas por su correspondiente desviación típica, se obtienen las respuestas estandarizadas, lo que permite comparar la magnitud de las respuestas de todas las variables ante un shock inesperado en una de ellas.

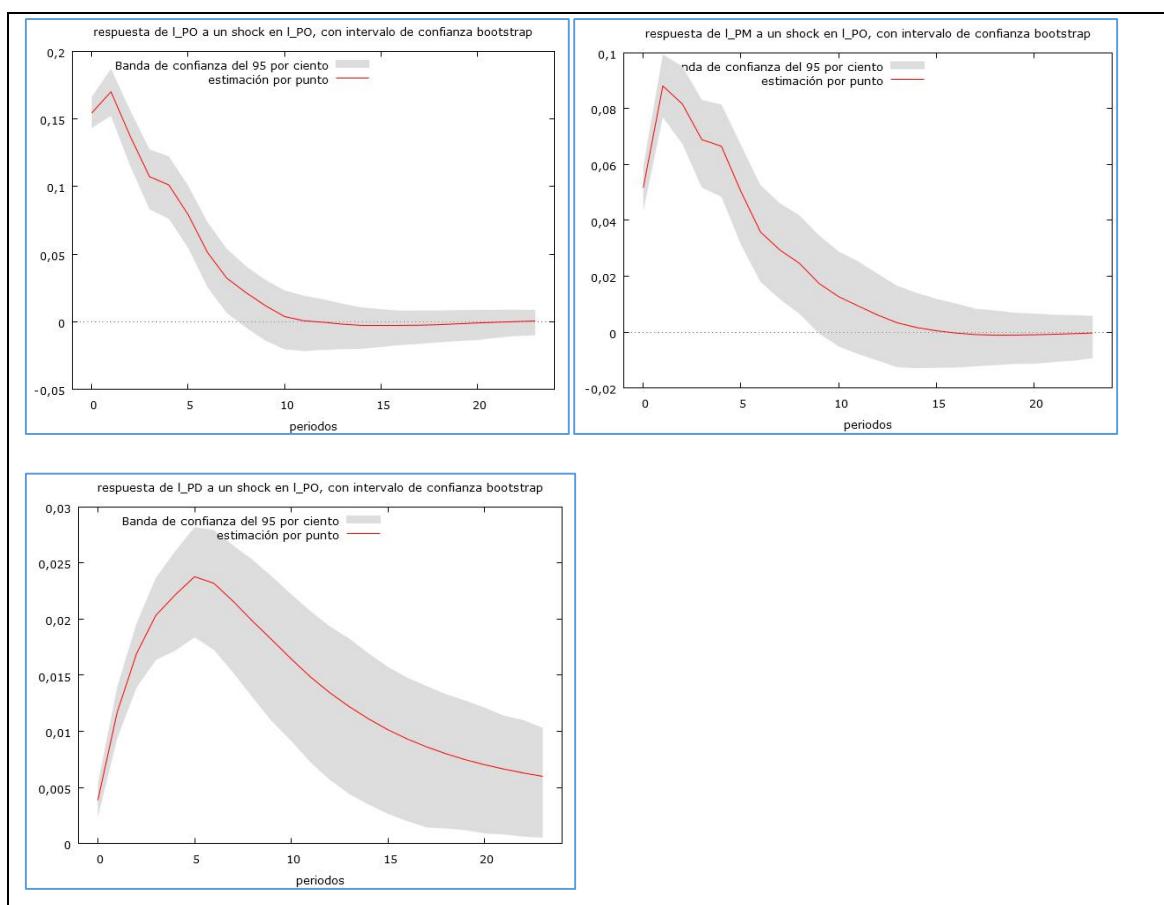
En el gráfico 8 se representan las sendas de la función impulso-respuesta durante un período de 24 semanas ante un shock inesperado del 1% en cada uno de los precios. A partir de dicho Gráfico cabe destacar los siguientes resultados:

La matriz de varianzas y covarianzas de los residuos de los modelos VAR se ha diagonalizado utilizando la descomposición de Choleski. Previamente ha sido necesario decidir una ordenación de causalidad instantánea entre las variables, puesto que ordenaciones diferentes pueden dar lugar a descomposiciones diferentes. En este caso, las implicaciones de las respuestas de las FIR y las proporciones de la VEP son muy similares, aun así, tan solo se muestran los resultados obtenidos de las variables

ordenadas de mayor a menor exogeneidad: Precio Origen \rightarrow precio Mayorista \rightarrow precio Detallista.

Para interpretar los resultados, es preciso recordar previamente que las Funciones Impulso-Respuesta, obtenidos mediante la descomposición de Sholeski, recogen el efecto en una variable de un incremento inesperado en otra, de magnitud igual a su desviación típica. Dividiendo cada una de las respuestas por su correspondiente desviación típica, se obtienen las respuestas estandarizadas, lo que permite comparar las magnitudes de las diferentes respuestas de todas las variables ante un shock inesperado en una de ellas. Si además, tal y como es nuestro caso, los precios están expresados en logaritmos, se pueden interpretar las respuestas como el porcentaje de variación sobre la desviación típica de la variable que ha sufrido el shock.

Gráfico 12. Funciones Impulso-Respuestas ante un shock en Precio en origen (PO)



En los Gráficos 1, 13 y 14 se representan las sendas de la función impulso-respuesta durante un periodo de 24 semanas. Este periodo tan dilatado permite recoger los efectos que sobre los precios tienen las decisiones de aumentar la oferta y/o la demanda.

Vamos a centrarnos, en primer lugar, en la descripción de la reacción esperada de un precio ante un shock en sí mismo, guiándonos exclusivamente por factores de oferta. Un incremento inesperado en el precio en el periodo t tiene dos efectos sobre la oferta. En primer lugar, este hecho hace que los productores almacenen durante un periodo corto (especulación de precios) la producción, y a medio plazo estimula el aumento de la producción en periodos sucesivos. En segundo lugar, los productores animados por la subida de precios, adelantan la recogida del producto para ponerlo a la venta en el mercado. Ambos hechos tienen como resultado una disminución en la cantidad ofertada que, manteniendo la demanda constante, puede repercutir en un incremento en el precio. Este incremento puede ser a muy corto plazo, una o dos semanas, e incluso de una magnitud superior al shock (una sobre reacción del precio), dependiendo de cuál sea el exceso de demanda en el mercado.

Las funciones impulso-respuesta de un precio ante un shock en sí mismo reflejan de una manera relativamente precisa el comportamiento esperado. No obstante, hay que recordar que el comportamiento esperado descrito únicamente ha tenido en cuenta los factores determinantes del precio del lado de la oferta. La consideración explícita de factores de demanda y flujos comerciales que pueden crear o contrarrestar los excesos de oferta y demanda existentes dentro de un mercado.

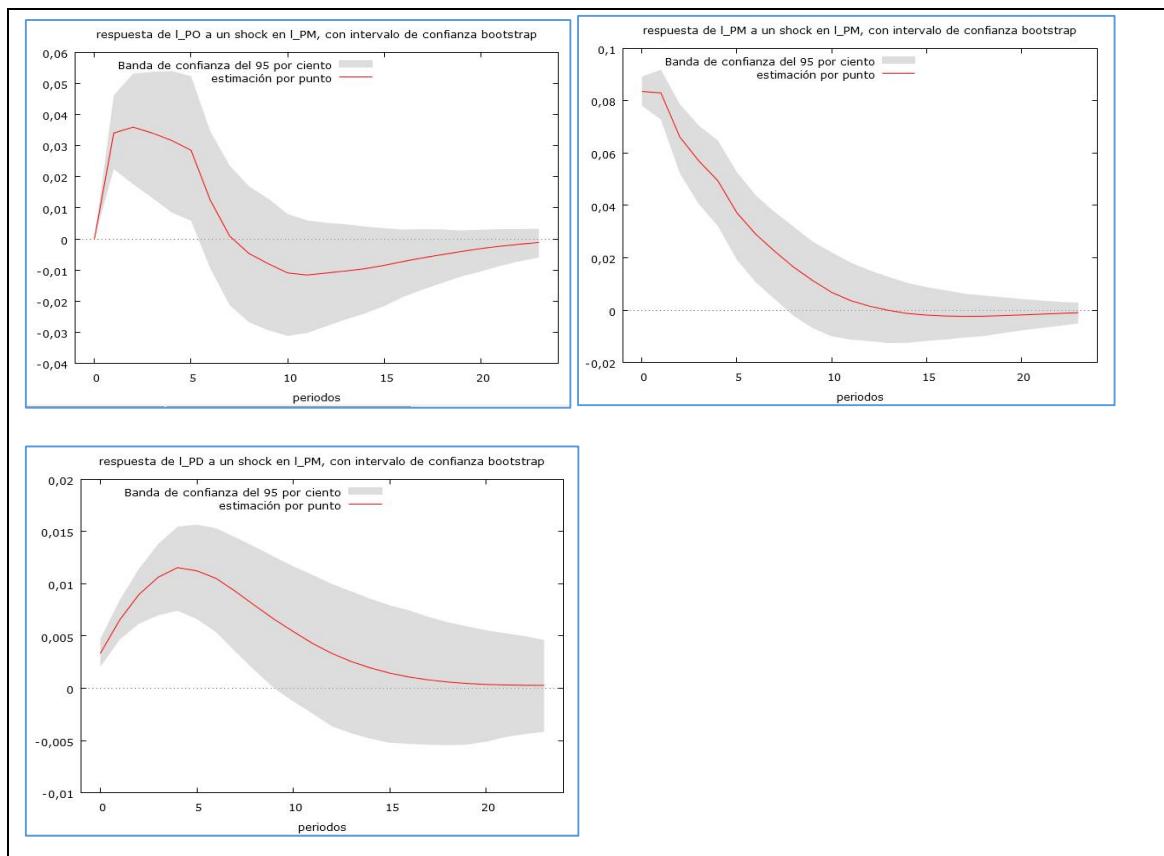
El efecto positivo sobre los precios se puede prolongar durante unas semanas, los necesarios para que la decisión adoptada sea que los productores de tomate aumenten la producción o bien sea que los grandes distribuidores deciden importar el producto de los países productores. Sea cual sea la decisión tomada, el resultado es un incremento en la oferta en el mercado. Este lapso de tiempo puede oscilar entorno a las 10 a 12 semanas. Este incremento en la oferta amortiguará, e incluso anulará, el efecto positivo inicial como consecuencia del aumento en el precio.

Como se observa en el Gráfico 12, las respuestas de PM y PD ante shocks en PO (precio en origen) son muy significativas e inmediatas, especialmente en el caso de PM. La respuesta de PM alcanza su máximo en la segunda semana tras haberse producido el

shock, y a partir de entonces va disminuyendo paulatinamente, convirtiéndose en no significativa 10 semanas tras haberse producido el shock en PO. Es decir, la absorción completa de una variación en el precio en origen tiene una duración de 10 semanas, aproximadamente. Sin embargo, la respuesta del Precio detallista (PD) ante un shock en el precio en origen es más lenta que en el caso del precio mayorista. Se observa una respuesta positiva y significativa durante más de 24 semanas. Alcanza su respuesta máxima en la quinta semana, y a partir de entonces la respuesta va disminuyendo gradualmente. Si comparamos la magnitud de las dos respuestas, cabe destacar que aunque la respuesta del precio mayorista es mucho más corta en duración, resulta ser mucho más grande en magnitud, llegando a alcanzar en determinadas ocasiones más del doble. Esto es probablemente debido a la mayor integración vertical del mercado de tomate entre el agricultor y el mayorista.

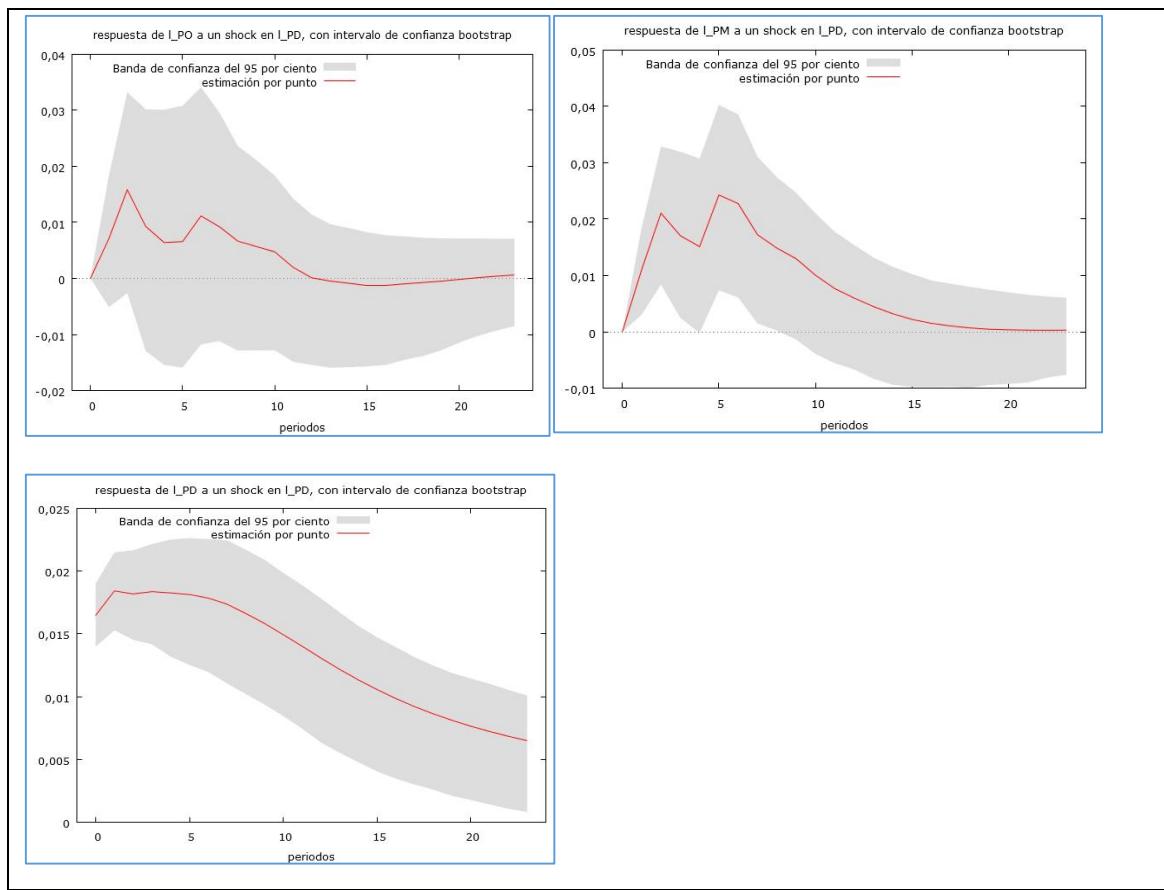
En el Gráfico 13, se observan las respuestas de los tres precios ante un shock inesperado en el precio mayorista (PM). Las respuestas del precio en origen (PO) ante shocks en el precio mayorista (PM) son positivas y significativas en las primeras 5 semanas. Dichas respuestas alcanzan su máximo en la segunda semana tras haberse producido el shock y a partir de entonces convergen hacia cero para dejar de ser no significativas 5 semanas más tarde. Algo similar ocurre en las respuestas del precio detallista ante un shock en el precio mayorista. Las principales diferencias en las respuestas de ambos precios se manifiestan en la duración y la magnitud de las respuestas. En cuanto a la duración de las respuestas, éstas resultan ser más duraderas en el caso del precio minorista que en el caso del precio en origen. Sin embargo, atendiendo a sus magnitudes, se observa que la intensidad de las respuestas es más alta en el caso del precio en origen (del orden del 40% del shock en el PM se transmite al precio en origen) que en el caso del precio detallista (solo el 16% del shock en Pm se transmite al precio a nivel detallista). Pese a ello, Pd responde más ante shocks de PO que ante shocks de PM.

Gráfico 13. Funciones Impulso-Respuestas ante un shock en el Precio Mayorista (PM)



Finalmente, en el Gráfico 14 se puede observar las respuestas de PM y PO ante un shock inesperado en el precio detallista durante un lapso temporal de 24 semanas. Las respuestas del precio en origen no resultan ser estadísticamente significativas, resultado que concuerda con las características de este precio como débilmente exógeno ya que la exogeneidad implica que el precio en origen no se ajusta en el corto plazo ante variaciones en el precio detallista. El precio Pm responde con más intensidad que PO, volviendo al equilibrio de forma más rápida que en los casos anteriores. Con respecto al peso específico de los precios, en cuanto a la influencia que ejercen sobre el resto de los precios del sistema, se podría decir que las relaciones más estrechas se configuran entre los precios de merca y destino, y los precios origen y destino, ya que provocan respuestas más significativas y responden significativamente ante shocks sufridos por éstos.

Gráfico 14. Funciones Impulso-Respuestas ante un shock en Precio Detallista (PD)



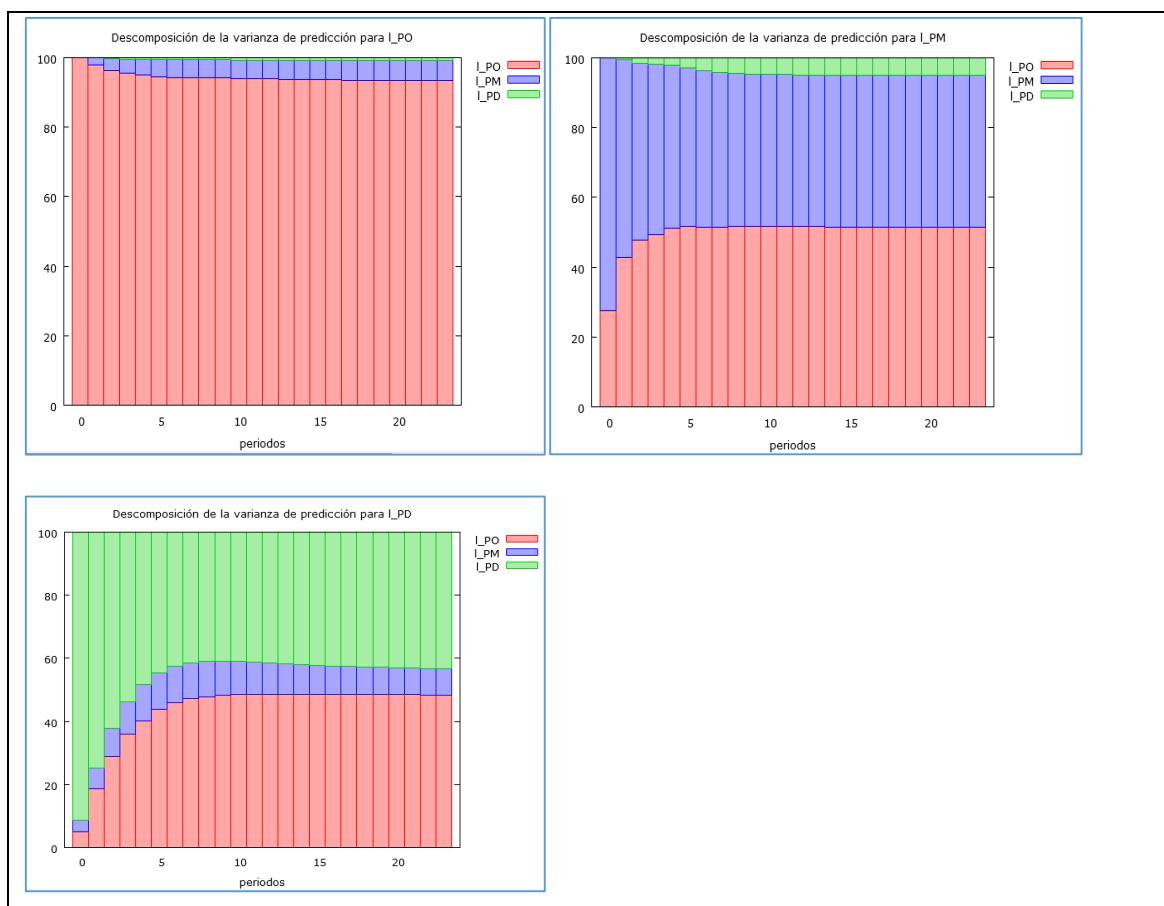
4.7 DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA

Finalmente, y para concluir con el análisis del corto plazo, en el Gráfico 15 se presenta la descomposición de la VEP para cada una de las variables, en un horizonte de predicción máximo de 24 semanas. En todos los casos, conforme aumenta el horizonte temporal disminuye la importancia relativa de las innovaciones en la propia variable para explicar su VEP, permitiendo que el resto de variables aumente su cuota explicativa. Este comportamiento, común a todas las variables, es característico de los modelos VAR estacionarios (Lütkepohl, 1993).

Atendiendo a la proporción del VEP explicada por las innovaciones propias en horizontes temporales largos, se observa que el precio más exógeno es el de origen, puesto que en los doce primeros periodos, las innovaciones del precio de origen explican el 94%, en tanto que las del precio mayorista contribuyen un 44% y las del precio detallista un 41%. Este porcentaje más elevado del precio en origen indica que

las variaciones de este precio vienen explicadas por su propio pasado más que por el pasado del resto de variables. En el periodo 24, el precio en destino es explicado en un 8,3% por el precio de merca y en un 48,38% por el precio en origen. Como ya se ha comentado anteriormente, PO es el precio más exógeno, ya que solo es explicado en un 5,8% por el precio mayorista y en un 0,7% por el precio detallista. Finalmente, destaca la elevada capacidad explicativa de los shocks del precio en origen a la explicación de la VEP del precio detallista. En el caso de Pm, conforme avanza el horizonte temporal aumenta la contribución del precio en origen, alcanzando en el periodo 24 un 51,5% y tan solo un 4,9% del precio en destino. Por lo tanto, se observa que en el corto plazo los precios en origen afectan en gran medida a los precios en destino y en menor medida también a los precios en destino, mientras que los precios en destino y merca apenas influyen de forma determinante en los precios en origen.

Gráfico 15. Descomposición de la Varianza del Error de Predicción de cada uno de los precios



5 CONCLUSIONES

Finalmente para concluir, vamos a recordar cuál era el propósito de este trabajo. Con el mismo tratábamos de realizar un análisis de la transmisión de precios del sector español del tomate, lo que se concreta en las siguientes preguntas: ¿una variación del precio de origen afecta al resto de precios de los distintos eslabones de la cadena de valor? ¿dicha variación en el precio genera una variación de la misma magnitud sobre el resto? ¿es lo mismo una variación de PO que de PM o de PD? ¿cuánto tiempo duran los efectos de dicha variación en uno de los precios sobre el resto de los precios de los eslabones de la cadena comercial?

Para dar respuesta a todas estas cuestiones hemos hecho uso de herramientas econométricas. Se ha hecho uso del análisis del orden de integración que ha permitido la estimación de un Modelo de Corrección del Error estudiando a través de ello la causalidad entre los precios de los diferentes mercados, las descomposiciones de la varianza del error de predicción para las diferentes variables así como las funciones impulso respuesta. Pero este ha generado una serie de problemas que se han podido solucionar a través de la introducción de modelos multivariantes de Vectores Autorregresivos (VAR) propuesto por Sims (1980). Mediante el análisis de causalidad de Granger se desprende que variaciones en el precio de origen generan variaciones en el resto de precios (PM y PD), no generándose en el sentido contrario (PD sobre PM y PO), lo que favorece la hipótesis de la teoría del “empuje del coste”. Haciendo uso de las Funciones Impulso-Respuesta se trata de determinar cómo el resto de eslabones responden ante un incremento imprevisto de los precios, lo que nos va a dar información sobre la duración, sentido y magnitud de las respuestas. De dicho análisis (shock en PO) se desprende que la respuesta del precio mayorista es mucho más corta en duración que la del precio detallista, pero es mucho más grande en magnitud, llegando incluso a ser más del doble, lo cual puede deberse a una mayor integración vertical del mercado de tomate entre el agricultor y el mayorista. Un shock en PM genera una respuesta de mayor duración en PD que en PO, pero en cuanto a la magnitud es de mayor cuantía en PO que en PD. Por lo que PD se ve más afectado por shocks en PO que en PM. Por el contrario, un shock inesperado en PD no genera cambios significativos sobre el resto de precios de los eslabones de la cadena de valor.

Para finalizar, de la descomposición de la Varianza se obtiene que en el corto plazo los precios del agricultor afectan en gran medida a los precios de los intermediarios y de destino, mientras que los precios de destino y de intermediario apenas influyen sobre los precios de origen.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asche, F., Flaaten, O., Isaksen, J.R. y Vassdal, T. (2002): Derived Demand and Relationships Between Prices at Different Levels in the Value Chain: A Note, *Journal of Agricultural Economics*, Núm. 53, Pág. 101-107.
- Asche, F.; Jaffry, S. y Hartmann, J. (2007): Price transmission and market integration: vertical and horizontal price linkages for salmon, *Applied Economics*, Vol. 39, Núm. 19, Pág. 2535-2545.
- Bhuyan, S., and R.A. Lopez. (1995). Welfare Losses under Alternative Oligopoly Regimes: The U.S. Food and Tobacco Manufacturing industries. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 27(2):577-87.
- Blinder, A. S., E. R. Canetti, D. E. Lebow, and J. B. Rudd, (1998). Asking About Prices: A New Approach to Understanding Price Stickiness. New York: Sage Foundation.
- BOLETIN AGRARIO: Observatorio de precios. Disponible en: <https://boletinagrario.com/ap-39.precio-merluza,7.html>.
http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/observatorio-de-precios-origen-destino-en-alimentacion/Estudio_Merluza_tcm7-182788.pdf
- Dickey, D. and W.A. Fuller, (1979). Distribution of the Estimates for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Journal of the American Statistical Association*, 74: 427-431.
- Engle, R.F. y Granger, C.W.J. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica* 55:251-276.
- Gardner, B.L. (1975). The Farm-Retail Price Spread in a Competitive Food Industry, *American Journal of Agricultural Economics* 57, 383-406.
- MAGRAMA: Informe sobre la merluza (2015). Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/informememerluzaabril2015_tcm7-401358.pdf
- MAGRAMA: Informe sobre la merluza febrero (2014). Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/10_INFORME_MERLUZA_FEBRERO_2014_tcm7-336344.pdf
- MAGRAMA: Mercado de la merluza en España Abril 2016. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/mercados-economia-pesquera/informememerluzaabril2016_tcm7-443895.pdf
- McCorriston, S. and Sheldon, I.M. (1996). "Trade Policy in Vertically-Related Markets", *Oxford Economic Papers* 48: 664-672.
- Sanjuán, A.I. y Gil, J.M. (2001): Price transmission analysis: A flexible methodological approach applied to European pork and lamb markets, *Applied Economics*, Núm. 33, Pág. 123-131.
- Suriñach, I.; Artís, M.; López, E. y Sansó, A. (1995): Análisis Económico Regional Nociones Básicas de la Teoría de la Cointegración, Antoni Bosch Editor, Barcelona.

https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_lycopersicum

<http://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/5897-inf-tomate-2017>

<http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/SITUACION%20ACTUAL%20TOMATE.pdf>

<http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/Docs/WPTC-TOMATE%20PARA%20INDUSTRIA%20EN%20ESPAÑA.pdf>

7 ANEXOS

Anexo 1. Determinación del orden de integración de las variables

1. Estacionariedad versus integrabilidad

Las series temporales no estacionarias pueden transformarse en estacionarias tomando sus diferencias un adecuado número de veces. En general, se dice que un proceso estocástico es integrado de orden d (y se denota como $I(d)$) si el proceso se vuelve estacionario después de tomar sus primeras d diferencias. Si la variable tiene una raíz unitaria, entonces es integrada de orden 1 ($I(1)$).

Series estacionaria o denominada I(0)	Series no estacionaria o integrada de orden 1 I(1)
Presenta varianza finita e independiente del tiempo	Su varianza depende del tiempo, y tiende a infinito a medida que lo hace el tiempo
Tienen memoria limitada	Cualquier innovación afecta de manera permanente al proceso
Tienden a fluctuar alrededor de la media (que puede incluir una tendencia determinista)	Oscilan ampliamente
Presentan autocorrelaciones que tienden a disminuir rápidamente a medida que incrementa el retardo.	Su autocorrelación tiende a uno para cualquier orden del retardo.

2. Determinación del orden de integración de las variables

A partir de los años 80 se han ido desarrollando una serie de contrastes para determinar la existencia de raíces unitarias en las series objeto de estudio. Estos nuevos procedimientos se han desarrollado dentro de una gran corriente asociada con el tratamiento de modelos o variables no estacionarias. Toda esta literatura arranca a partir de los trabajos de **Granger y Newbold (1974, 1977)**, **Fuller (1976)**, **Dickey y Fuller (1979, 1981)** y **Nelson y Plosser (1982)**. A partir de estos trabajos se ha ido desarrollando una extensa literatura sobre el tema, muchas veces condicionada a las limitaciones encontradas en los contrastes anteriores. Entre dichos trabajos se pueden citar, entre otros, los de **Phillips (1987)**; **Phillips y Perron (1988)**; **Perron (1989)** y **Kwiatkowski et al. (1992)**.

El contraste de la hipótesis de raíz unitaria se ha convertido en una práctica necesaria a la hora de modelizar relaciones macroeconómicas debido a que los estadísticos de contraste tienen asociadas diferentes propiedades según si el proceso generador de datos (PGD) que se supone para las variables sigue un modelo integrado o un modelo estacionario. Dos son las principales razones por las que es importante realizar una correcta discriminación. En primer lugar, y desde una vertiente económica, las repercusiones que tiene la distinción entre procesos integrados y estacionarios para los modelos postulados por la teoría económica son relevantes. En el caso de los procesos integrados, las perturbaciones tienen un efecto permanente que provoca que la trayectoria de la variable a lo largo del tiempo sea errática [ver **Dickey y Fuller (1979)**]. En segundo lugar, desde un punto de vista estadístico, los instrumentos de inferencia estadística clásica sólo son válidos cuando las variables pueden ser clasificadas como estacionarias, pero no cuando el PGD de la variable es integrado. El uso de las distribuciones estándar de los estadísticos de contraste en la etapa de inferencia puede conducir hacia la obtención de conclusiones erróneas al verse éstas afectadas por la presencia de raíces unitarias.

Dentro de los contrastes de raíces unitarias los más utilizados en las aplicaciones empíricas son los contrastes de Dickey y Fuller Aumentado (DFA)

3. Contraste de Dickey y Fuller Aumentado (DFA)

El contraste DF y ADF son los contrastes de raíces unitarias mas empleado en la práctica, fue originalmente propuesto por Dickey y Fuller y ha sido objeto de sucesivas mejoras y modificaciones a lo largo de los últimos años.

Contrastar la presencia de raíces unitarias suponiendo que la serie en cuestión sigue un proceso AR(1) (caso del contraste de DF), cuando el verdadero PGD viene determinado por un AR(k), hace que los residuos del modelo estén correlacionados con el fin de compensar la mala especificación de la estructura dinámica del PGD (contraste de DF). La forma de solucionar este problema consiste en añadir a la regresión auxiliar del contraste de Dickey-Fuller tantos retardos de la variable endógena como sean necesarios para conseguir la correcta especificación del modelo y para que, por tanto, los contrastes de raíces unitarias tengan validez:

$$\Delta Z_t = f(t) + \rho Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Siendo k (retardo óptimo de ΔZ_t) suficientemente largo para asegurar que los residuos ε_t sean ruido blanco y $f(t)$ es la parte determinista del modelo. Existen tres posibles especificaciones de $f(t)$ de la parte determinista:

$$\begin{aligned} \text{Modelo A: } & f(t) = 0 \Rightarrow \text{Modelo sin componentes deterministas} \\ \text{Modelo B: } & f(t) = \mu \text{ siendo } \mu = (1-\rho)\mu' \Rightarrow \text{Modelo con constante} \\ \text{Modelo C: } & f(t) = \mu + \beta t \text{ siendo } \mu = (1-\rho)\mu' \text{ y } \beta = (1-\rho)\beta' \\ & \Rightarrow \text{Modelo con constante y tendencia} \end{aligned} \quad (2)$$

Contrastar la presencia de una raíz unitaria equivale a contrastar:

$$\begin{aligned} H_0: & \rho = 0, \text{ la serie presenta raíz unitaria} \\ H_a: & \rho < 0, \text{ la serie no presenta raíz unitaria} \end{aligned} \quad (3)$$

Se utiliza un modelo u otro en función del tipo de proceso que estás analizando:

- ✓ Modelo A: se asume que la serie Z_t tiene media cero bajo la hipótesis nula de una raíz unitaria.

- ✓ Modelo B: se asume que la serie Z_t tiene media diferente de cero bajo la hipótesis nula.
- ✓ Modelo C: este planteamiento vale para situaciones en las que se asume que bajo H_0 el proceso Z_t tiene derivada.

A partir de la regresión (6) se estima, $\hat{\rho}$ por MCO y se calcula su correspondientes pseudo t-ratios (definidos como τ_τ , τ_μ y τ dependiendo si se utiliza el modelo C, B o A, respectivamente) para contrastar la hipótesis nula de una raíz unitaria. Las distribuciones de estos estadísticos (τ_τ , τ_μ y τ), bajo la hipótesis nula convergen, hacia combinaciones de procesos Wiener y sus valores críticos se encuentran tabulados en **Dickey y Fuller (1979)**⁶.

Anexo II. Criterios de selección de modelos

Con respecto al orden óptimo de retardo se han seguido tres criterios:

- El Criterio de Información de Akaike (AIC):

$$AIC(p) = \ln|\tilde{\Sigma}_u(p)| + \frac{2}{T}(pk^2 + k)$$

- Criterios de Hannan-Quinn (HQ) y, cuyas expresiones son las siguientes:

$$HQ(p) = \ln|\tilde{\Sigma}_u(p)| + \frac{2\ln\ln T}{T}(pk^2 + k)$$

- Criterio de Schwarz (SC)⁷

$$SC(p) = \ln|\tilde{\Sigma}_u(p)| + \frac{2\ln T}{T}(pk^2 + k)$$

⁶ En Mackinnon (1991) se presenta la formulación que permite calcular los valores críticos para cualquier tamaño muestral.

⁷ A diferencia del criterio anterior, éstos se fundamentan en criterios de consistencia, es decir se constituyen con el fin de seleccionar un número de retardos que se aproxima asintóticamente, al verdadero orden del proceso generador de los datos. Esta cualidad es especialmente deseable si el fin último con el que se estima el modelo no es la predicción sino la descripción de las relaciones entre las variables.

donde $|\tilde{\Sigma}_u(p)|$ es el determinante de la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos del modelo estimado con p retardos, k es el número de variables endógenas utilizadas en la especificación del MCE.

Considerando un retardo máximo M , se trata de estimar el modelo para los diferentes órdenes de retardos $p = 0, 1, \dots, M$ y se calcula para cada uno de los criterios. El orden de retardo óptimo es aquél para el que se minimizan las expresiones anteriores.

Anexo III. Estimación y chequeo del modelo

1) Contraste de Breusch – Godfrey (1978) de ausencia de autocorrelación.

En primer lugar, se estima el modelo de regresión:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

y se guardan los residuos, $\hat{\varepsilon}_t$. A continuación, se estima por MCO la ecuación de los residuos en función de una constante, las variables explicativas del modelo y los q retardos de los residuos:

$$\hat{\varepsilon}_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \alpha_0 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \dots + \alpha_p \hat{\varepsilon}_{t-p} + \zeta_t$$

La hipótesis nula es la ausencia de autocorrelación serial de orden (q):

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_p = 0, \text{ mientras que la alternativa es que el proceso sigue un AR}(q).$$

Bajo la hipótesis nula de que ζ_t es $iidN(0, \sigma^2)$, el estadístico de contraste $LM = TR^2$, donde T es el tamaño muestral y R^2 el coeficiente de determinación de la regresión anterior, tiene una distribución χ^2 con p grados de libertad.

2) Contrastes de ausencia de heterocedasticidad autorregresiva condicionada, efectos ARCH

En primer lugar, se estima el modelo de regresión:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

y se guardan los residuos, $\hat{\varepsilon}_t$. A continuación, se estima por MCO la ecuación de los cuadrados de los residuos en función de sus q primeros retardos (un modelo AR(q)):

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}_{t-q}^2 + \zeta_t$$

La hipótesis nula es la ausencia de heteroscedasticidad condicionada (Ausencia de efecto ARCH) de orden (q): $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_p = 0$, mientras que la alternativa es que el proceso sigue un AR(q). Bajo la hipótesis nula de que ζ_t es $iidN(0, \sigma^2)$, el estadístico de contraste

$LM=TR^2$, donde T es el tamaño muestral y R^2 el coeficiente de determinación de la regresión anterior, tiene una distribución χ^2 con p grados de libertad.