

El petróleo y su impacto total en el precio de los alimentos. Un abordaje Insumo Producto para Estados Unidos en 2002 y 2007

Oil and its Total Impact on the Price of Food. An Input-Output Approach for the United States in 2002 and 2007

O Petróleo e seu impacto total no preço dos alimentos. Uma abordagem de Insumo-Produto para os Estados Unidos em 2002 e 2007

Hernán Alejandro Roitbarg

*IHUCSO- Instituto de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Litoral. CONICET, Argentina
E-mail: hernanroit@gmail.com*

Resumen

Fecha de recepción: 12/12/2018
Fecha de aceptación: 15/02/2019

Entender los determinantes del auge del siglo XXI en los precios de los commodities es vital para Latinoamérica. En particular, el movimiento conjunto del precio del petróleo y los alimentos ha generado una controversia sobre el tipo de relación entre ambos.

Más allá del reconocimiento del impacto de la estructura de insumos, pocos estudios han resaltado los vínculos directos e indirectos entre las importaciones de combustibles y el precio de los alimentos. En consecuencia, el objetivo de la presente investigación es describir la evolución del vínculo estructural entre el precio del petróleo crudo y el precio de los alimentos, en particular los productos agrícolas para el aumento desde 2002 hasta 2007 en Estados Unidos.

La metodología utiliza un modelo de índice de precios insumo–producto basado en Cuadros de Oferta y Utilización para la economía de Estados Unidos en los años 2002 y 2007. Los resultados indican que un 9 % del aumento en alimentos responde a causas exógenas vinculadas a los insumos energéticos. La parte de las importaciones indirectas incidió

Palabras Clave

- *Commodities*
- *Alimentos*
- *Petróleo*
- *Estados Unidos*

entre un 2,4 % y un 0,07 %, existiendo un claro proceso de sustitución inversa cuya principal consecuencia es la menor dependencia de la energía extranjera.

En conclusión, la metodología logra identificar una parte estructural del aumento del precio de los alimentos. No obstante, queda para otras instancias analizar otras hipótesis clásicas como el efecto de la restricción de capacidad en las zonas de menores costos, el impacto neto de los cambios técnicos en el cultivo y las transformaciones distributivas.

Abstract

Being able to understand the decisive features of the 21st century's boom regarding the price of commodities is vital for Latin America. The relationship between the prices of oil and food has become a controversial issue.

Although the impact of the structure of inputs has been acknowledged, the direct and indirect links between fuel imports and the price of food have not been addressed by most research. Thus the aim of this study is to describe the evolution of the structural link between the price of crude oil and the price of food, focusing on agricultural products for the increase from 2002 to 2007 in the United States.

In order to achieve it, an input-output price index model based on the Supply and Use Tables for the US economy in 2002 and 2007 was used. The results show that 9% of the food price increase is due to exogenous causes related to the energy inputs. Indirect imports had an incidence rate of between 2.4% and 0.07%. There was a clear process of reverse substitution whose main consequence is less dependence on foreign energy.

As a conclusion, a structural part of the food price increase is identified by the methodology used. However, other classic hypotheses such as the effect of the restriction of capacity in areas of lower costs, the net impact of technical changes in the crop and the distributive transformations are left for further research.

Keywords

- *Commodities*
 - *Food*
 - *Oil*
- *United States*

Resumo

Compreender os determinantes do auge do SXXI nos preços das commodities é de grande importância para a América Latina. Em particular, o movimento conjunto do preço do petróleo e os alimentos tem gerado uma controvérsia sobre o tipo de relação entre ambos.

Além do reconhecimento do impacto da estrutura de insumos, poucos estudos tem salientado os vínculos diretos e indiretos entre as importações de combustíveis e o preço dos alimentos. Assim, o objetivo desta pesquisa é descrever a evolução do vínculo estrutural entre o preço do petróleo bruto e o preço dos alimentos, principalmente os produtos agrícolas, em relação ao aumento produzido nos Estados Unidos entre 2002 e 2007.

A metodologia utiliza um modelo de índice de preços insumo-produto baseado em Tabelas de Oferta e Uso para a economia dos Estados Unidos nos anos 2002 e 2007. Os resultados indicam que 9 % do aumento em alimentos responde a causas exógenas relacionadas com os insumos energéticos. As importações indiretas influenciaram entre 2,4% e 0,07%, existindo um claro processo de substituição inversa cuja principal consequência é uma menor dependência da energia estrangeira.

Concluindo, a metodologia consegue identificar uma parte estrutural do aumento do preço dos alimentos. No entanto, resta para outras oportunidades analisar outras hipóteses clássicas como o efeito da restrição de capacidade nas zonas de menores custos, o impacto líquido das mudanças técnicas na cultura e as transformações distributivas.

Palavras-chave

- *Commodities*
- *Alimentos*
- *Petróleo*
- *Estados Unidos*

1. Introducción

Cuando los países en desarrollo tienen un período de crecimiento fuerte, su mercado interno e industria requieren mayor cantidad de divisas que las que ofrece su sector exportador. Esta característica tiene una naturaleza estructural ligada a la baja elasticidad de la oferta exportable y la insuficiente capacidad de abastecimiento de su sector de bienes de capital. El problema presenta dos formas de sostenimiento; contar con un superávit de la cuenta de capital o un superávit de cuenta corriente. Debido a la falta de certidumbre y sostenibilidad del endeudamiento a largo plazo, existe consenso que la segunda opción es la más apropiada para un crecimiento perdurable. Su dinámica puede favorecerse del control y sustitución de las importaciones o de un crecimiento de los volúmenes exportados y/o del precio relativo de las exportaciones. Ante esta realidad y dado que en Latinoamérica se exportan bienes primarios, sus países se enfrentan con barreras al crecimiento explicadas por cantidades exportadas inelásticas y precios exógenos dependientes de los mercados internacionales de commodities.

Ante este contexto queda claro que los precios internacionales de los bienes primarios son fundamentales para el crecimiento de los países en desarrollo y en particular de Latinoamérica. A razón de su auge desde 2003 a 2011, el estudio de sus determinantes ha vuelto a generar una vasta literatura. Incluso el movimiento conjunto del precio del petróleo y los alimentos ha generado una controversia sobre el tipo de relación que se establece entre el precio de ambos bienes.

La literatura especializada explica al aumento en el precio de los commodities por factores específicos a los bienes y factores comunes asociados a variables macroeconómicas y monetarias. Si nos atenemos a los factores específicos son causas ampliamente reconocidas el aumento de la demanda física de economías emergentes y el rol de los biocombustibles. Otros aspectos también señalados han sido las relaciones de causalidad o correlación entre varios precios, en particular se ha destacado el vínculo entre el aumento del precio de la energía y el precio de los commodities intensivos en energía.

Más allá del reconocimiento del impacto de la estructura de insumos, pocos estudios han resaltado los vínculos directos e indirectos entre las importaciones de combustibles y el precio de los alimentos. En consecuencia, el objetivo de la presente investigación es describir la evolución del vínculo estructural entre el precio del petróleo crudo y el precio de los alimentos, en particular los productos agrícolas para el aumento desde 2002 a 2007 en Estados Unidos.

La metodología parte de un modelo de índice de precios insumo–producto basado en las definiciones de Matrices Insumo Productos re–proporcionadas a partir de Cuadros de Oferta y Utilización para la economía de Estados Unidos en los años 2002 y 2007.

Los resultados indican que del 33 % de aumento en el precio de la Agricultura, caza y servicios relacionados, entre un 4 % y 3 % se debe a un aumento inducido por el costo de la energía en sus diferentes canales; petróleo crudo, fertilizantes y combustible. Lo cual indica que entre un 13 % y un 9 % los precios de los alimentos respondieron a causas exógenas vinculadas a los insumos energéticos, mientras que la mayor parte de su modificación provino de causas endógenas como los factores políticos, distributivos y técnicos que pueden haber incidido en la capacidad de reacción y los costos de las zonas más eficientes de Estados Unidos. La parte indirecta asociada a las importaciones incidió entre un 2,4 % y un 0,07 %, existiendo un claro proceso de sustitución inversa cuya principal consecuencia es la menor dependencia de la energía extranjera.

El artículo se compone de seis secciones más allá de esta primera sección de introducción. En la segunda sección se releva el estado del arte sobre el boom de commodities con foco particular en los estudios sobre petróleo, alimentos y su vínculo estructural. En la tercera sección se explicitan los métodos y bases de datos utilizados. En la cuarta sección se expone el análisis de simulaciones y se compara con resultados previos. En la quinta sección se soslayan algunas conclusiones. Por último, en la sexta sección se refiere a la bibliografía citada.

2. Estado del arte

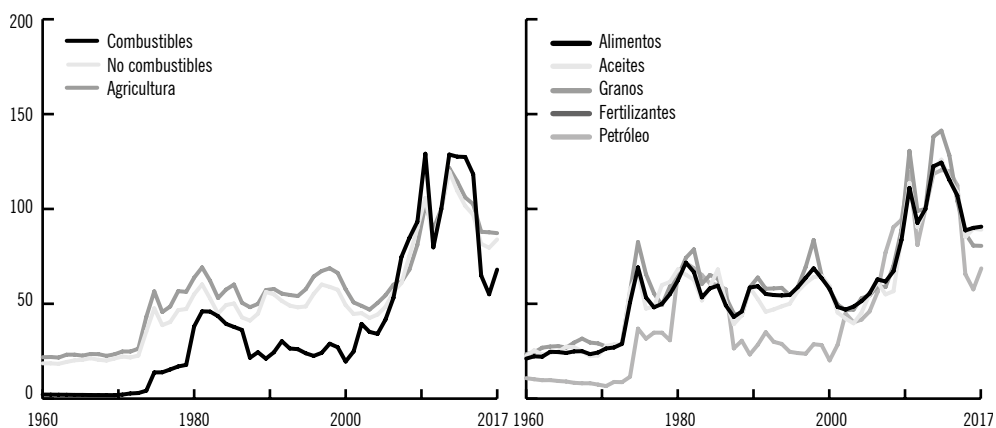
2.1. Los commodities en el siglo XXI

Dos elementos convierten en excepcional al último boom de commodities; su intensidad y duración. En primer lugar, teniendo en cuenta los últimos 80 años este hecho registró un crecimiento acelerado en términos absolutos y relativos. En concreto, tomando como año base el 2010 y los índices de precios deflactados por los precios de las manufacturas, desde comienzos de 2000 hasta finales de la primer década los precios triplicaron sus niveles vigentes en las década del 90. En segundo lugar, en relación a los aumentos de fines de la década de 1970 y mediados de 1990, este período fue más pronunciado y sostenido. Esta característica se registra por el aumento en años sucesivos desde 2000 hasta 2008 y luego su posterior recuperación en 2010 y 2011.

Por otra parte, teniendo en cuenta el Gráfico 1, si descomponemos el crecimiento del índice de commodities según los productos que intervienen en su elaboración este boom además se caracterizó por un aumento secuencial y jerarquizado entre al menos dos categorías de bienes; combustibles y no combustibles. En el lado a) se pueden observar las dos características; que los combustibles aumentaron desde inicios de los 2000 mientras que los bienes no combustibles comienzan a crecer en años posteriores y que los combustibles alcanzan niveles relativos superiores en ambos picos.

Si nos atenemos al lado b) es posible desagregar el análisis aún más. En principio desde los 2000 comienza a aumentar el precio del petróleo crudo, mientras que años más tarde reaccionan o también aumentan el precio de los fertilizantes y otros componentes químicos utilizados en el resto de commodities. En este segundo aumento es cuando se ubica el comienzo de la trayectoria alcista en alimentos, aceites y granos.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de características especiales del boom (intensidad, duración, secuencialidad y jerarquía), es de esperar que habilita una vasta e inabarcable literatura al respecto.

Gráfico 1. Evolución del índice nominal de commodities en dólares reales del 2010

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial (2018).

Con el fin de ser sintético, las explicaciones de este fenómeno se pueden dividir en dos grandes enfoques.

Por un lado, el *enfoque financiero* estudia a los precios de los commodities como una variable que responde al comportamiento no racional de inversionistas (Tang y Xiong W, 2012; Brooks y Prokopczuk, 2013; Kilian, Lutz y Lee, 2014). Por otro lado, el *enfoque económico* explica a los precios de los commodities como una variable de respuesta al comportamiento racional de compradores y vendedores. Dentro de este enfoque; la teoría de precios clásica y neoclásica han planteado explicaciones específicas plausibles del reciente período, aunque cabe aclarar que a priori ambas reconocen el impacto de las variables monetarias como la tasa de interés y el tipo de cambio¹ (Gilbert, 1989; Arango, Arias & Flórez, 2011).

Retomando los factores específicos que originaron el aumento, para la teoría neoclásica la explicación fundamental del período descansa en cambios de la *demanda* intermedia y final de las economías emergentes en contraposición a una *oferta rígida* caracterizada por un crecimiento bajo del stock de commodities en los productores principales. En contraposición, para la teoría clásica el aumento reciente se deriva del impacto de *cambios en la oferta* de productores principales y secundarios. Estas transformaciones se asocian a factores políticos, estructurales, distributivos y técnicos que inciden en los precios a los cuales los valores de mercado gravitan, modificando las condiciones de oferta en productores principales y de mayor costo (o marginales).

(1) Una primera aproximación viene por la relación entre apreciación del dólar, la respuesta del resto de monedas y el efecto en los precios domésticos del aumento de los commodities. Según Gilbert (1989) existe una relación inversa asimétrica explicada por la deuda entre el valor del dólar y el resto de monedas en países en desarrollo. Esta respuesta asimétrica afecta salarios reales y en consecuencia el precio de sus exportaciones. En otras palabras, tanto para la teoría neoclásica como clásica, la baja de la tasa de interés de Estados Unidos ha impactado positivamente debido a su efecto sobre el tipo de cambio. Al depreciar el dólar en relación a otras monedas, el precio de los alimentos norteamericanos se ve afectado en Estados Unidos y el resto de países. En el primero, debido a la ley de único precio que hace aumentar los precios en dólares. En el resto de países se ve un aumento de precio en dólares y una reducción de su tipo de cambio, por lo que el precio en moneda doméstica tiende a aumentar para mantener la igualdad de la ley de único precio.

En síntesis, la contraposición se divide entre la hipótesis neoclásica de una oferta rígida y la hipótesis clásica de una oferta cambiante según aspectos institucionales y técnicos. A continuación se analizan en profundidad factores específicos de forma desagregada, fundamentalmente se hace hincapié en aquellos relacionados con el mercado de alimentos y de petróleo.

2.2. Principales características del mercado de alimentos

Recientemente, el mercado de alimentos ha presentado cambios notables en sus precios. De 2005 a 2008 el precio de los alimentos se multiplicó por 1,4, creciendo en promedio 12 % anual en 2006, 2007 y 2008. Tras la breve caída en 2009, los precios vuelven a crecer registrando un aumento promedio del 9 % anual en 2010 y 2011. Este fenómeno ha sido de vital importancia tanto para los productores de granos como para los consumidores de alimentos. Los productores se beneficiaron de un contexto de mayores divisas; que en el caso de los países en desarrollo significó una menor restricción al crecimiento. Por otro lado, los consumidores tuvieron un impacto negativo a causa del encarecimiento de productos de primera necesidad. Esta situación derivó en menores ingresos reales y aproximadamente 2 mil millones de personas pobres afectadas (Tadasse, G. *et al*, 2016).

El esquema de causas que originaron el boom de precios en los alimentos repite la estructura identificada para los commodities en general. Según esta estructura existen influencias generalizadas idénticas referenciadas por el enfoque financiero (Tang & Xiong, 2012) y los aspectos generales del enfoque económico. Las diferencias provienen de los aspectos específicos del enfoque económico, particularmente significativos a partir de los estudios de la teoría neoclásica y clásica. Como con los commodities en general, la teoría neoclásica ha reconocido el efecto del incremento de la demanda en relación a una oferta relativamente rígida. En particular reconoce la influencia de dos elementos

en la dinámica de la demanda y cinco en la rigidez de la oferta.

En primer lugar, la demanda ha recibido el impacto del crecimiento económico de las economías emergentes como China e India. Según Von Braun (2011), el aumento del ingreso medio ha motivado el cambio de hábitos alimenticios y ha generado un mayor nivel de consumo por el paso de alimentos ricos en almidón a productos derivados de la carne y lácteos; ambos intensivos en el uso de granos.

Otro componente de la demanda han sido los requerimientos legales de biocombustibles y obligaciones de mezcla en Estados Unidos y Unión Europea. Esta política no sólo aumentó la demanda intermedia de granos específicos para biocombustibles, sino que también generó un incremento de costos en otros cultivos por el nuevo costo oportunidad de la tierra para la producción de granos con destino a biocombustibles (Mitchell, 2008; De Gorter & Just, 2009; Zilberman *et al*, 2012; Rosegrant *et al.*, 2008; Conley & George, 2008).

Para el enfoque neoclásico la oferta no ha reaccionado con mayor producción debido a cinco elementos. En primer lugar, debido a la dinámica de los períodos previos existían stocks disponibles que mantuvieron estable el ratio stock en uso (salvo en el caso del trigo). En segundo lugar, tras el bajo gasto en investigación y desarrollo la dinámica de la productividad fue en declive generando pocos cambios en los rindes (Abbott *et al.*, 2011). En tercer lugar el clima afectó la disponibilidad de producción en 2006 y 2007 generando una volatilidad mayor para el período previo al primer pico (Abbott, 2011). En cuarto lugar, el aumento del precio del petróleo impulsó mayores precios a través de su impacto en el costo de fertilizantes y transporte (Irz, Niemi & Liu, 2013; Tadasse *et al*, 2016). En quinto lugar, las políticas antiinflacionarias que restringieron las exportaciones y acumularon stocks exacerbaron los aumentos de precios al restringir aún más la oferta mundial de granos (Yang *et al.*, 2008; Headey, 2011; Martin & Anderson, 2012).

Por otra parte, la teoría clásica sostiene que el aumento menor en los alimentos se debe a la conjunción de cinco elementos. En primer lugar, se debe tener en cuenta que la demanda no ha sido tan fuerte como en el caso del petróleo y los minerales (con excepción en el caso de la soja), lo cual se observa por el ratio estable de stock en uso y las políticas de autoabastecimiento de China. En segundo lugar, se suma que la disponibilidad de stocks en zonas eficientes generó que no haga falta recurrir a zonas marginales con mayores costos. En tercer lugar, al contrario de lo que señala Abbott (2011), existen motivos más que suficientes para suponer que la revolución genética en semillas, y las nuevas técnicas de sembrado y control permitieron incluso rendimientos crecientes. En cuarto lugar, los costos del petróleo aumentaron en parte los precios al tiempo que el costo de oportunidad de los biocombustibles generó un piso por debajo del cual el precio de los cereales no puede bajar (Serrano, 2013).

2.3. Principales características del shock de precios en el mercado petrolero

A diferencia del precio de los alimentos, el precio de los combustibles comienza a crecer antes, desde 1999 hasta 2000 y desde 2003 hasta 2008. Fundamentalmente en este período su aumento fue exponencial, su nivel se multiplicó casi tres veces (2,78) y tuvo un ritmo de crecimiento acelerado del orden del 19,10 % anual (Banco Mundial, 2018). Debido a esta tendencia fuerte y distante de los niveles de la década de 1990 han surgido al menos dos explicaciones.

Para la teoría neoclásica el shock de precios del petróleo crudo se puede asociar a la conjunción de una fuerte demanda, en contraposición de una oferta escasa. En un principio la visión generalizada para explicar los shocks petroleros se basó en problemas de la oferta a raíz de conflictos políticos en los principales productores. Hamilton (2009), por ejemplo, señala la importancia de la crisis de Venezuela en 2001, la guerra de Irak en 2003 y la

guerra civil libia en 2011 como sucesos con probables efectos en los precios (Kilian, 2014:4).

Sin embargo, en la actualidad la literatura neoclásica empírica plantea consenso sobre el fuerte rol de la demanda agregada global, fundamentalmente a partir del crecimiento de economías emergentes de Asia (Kilian, 2014:6). A partir del trabajo de Kilian (2009) se reconocen empíricamente los efectos de la demanda. En particular, el autor ha desarrollado un Modelo Vectorial Autorregresivo que permite identificar y descomponer el cambio en el precio del petróleo crudo según se origine en un shock de demanda agregada, de demanda precautoria o de oferta. Al contrario de Hamilton (2009), la evidencia ha proporcionado importancia primordial a los shocks de demanda para los picos en los precios del petróleo desde 1973.

Por otro lado, para la teoría clásica el aumento del precio del petróleo no se debe sólo a la dinámica de la demanda sino a cambios geopolíticos en la oferta (Serrano, 2013; Silva, 2018). Tres elementos revisten importancia para comprender la evolución de los precios como respuestas ante cambios en los costos de producción pertinentes. En primer lugar ha sido vital el papel de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) en términos de su política de restricción de producción e inversiones desde 1999 como respuesta a los bajos niveles del precio del crudo en esa época. En consecuencia, ante la falta de petróleo a bajo costo, esta situación desencadenó el abastecimiento de petróleo más costoso proveniente de Estados Unidos y Canadá. En segundo lugar, desde 2003 la OPEP ha continuado restringiendo su producción ante un contexto de aumento en la demanda mundial; lo cual elevó los precios aún más ya que se debió recurrir a la producción en zonas marginales (más costosas) o incluso a técnicas de menor eficiencia. Un tercer elemento fue el aumento de costos en estas zonas marginales a raíz de una re-negociación de las regalías tras un contexto político interno favorable al «nacionalismo de recursos naturales» (Serrano, 2013).

2.4. La conexión estructural entre el petróleo y los alimentos

En síntesis en ambas explicaciones parece tener un rol preponderante la demanda de commodities, mientras que en la teoría neoclásica esta es fundamental para aumentar los costos en un mismo país, en la teoría clásica la demanda explica la participación de otras zonas o países con mayores costos (sin suponer a priori rendimientos decrecientes en un mismo país o zona).

Por otro lado, existe una fuerte diferencia en torno a la interpretación de la oferta. Mientras que para la teoría neoclásica la oferta relaciona cantidades físicas con costos y precios de venta; presentándose siempre una curva de oferta con pendiente positiva garantizada por la ley de rendimientos decrecientes. En la teoría clásica la oferta se refiere a precios de producción ante tecnología con rendimientos constantes e incidencia exógena de variables distributivas y de regalías. Por ello, las variables relevantes no son tanto la disponibilidad o dotación de recursos sino más bien las políticas públicas y los arreglos institucionales que afectan el costo de producción y la capacidad instalada de productores de menor costo.

A pesar de estas diferencias, ambas teorías reconocen el efecto del aumento del precio del petróleo en el precio de los alimentos. Aun así ha existido controversia si ambos aumentos refieren a una relación causal o una correlación en base a factores macroeconómicos comunes (Saghalian, 2010; Gilbert, 2010; Zhang *et al.*, 2010; Reboredo 2012). En virtud de señalar las principales explicaciones de la conexión entre ambos precios, a continuación se listan los principales canales identificados:

Canal causal:

- *Productivo*. El precio del petróleo ha incidido por ser un insumo para fertilizantes, irrigadores y el transporte (Mitchell, 2008; Ahn, Park & Park, 2016; Tadasse *et al.*, 2016; Auer, Levchenko & Sauré, 2017).

- *Costo de oportunidad*. El aumento exponencial en el precio del petróleo y las políticas energéticas de Estados Unidos y Unión Europea generó el incentivo para la aparición de nuevos combustibles que demandan granos como insumos. Esta dependencia industrial genera también un costo de oportunidad dado por el precio de los biocombustibles (Mitchell, 2008; Chen *et al.*, 2010; Chakravorty *et al.*, 2011).

Factores comunes:

- *Financieros*. Los precios de los commodities energéticos y no energéticos responden a estímulos idénticos asociados a las posibilidades de arbitraje (Tang y Xiong, 2012; Brooks & Prokopczuk, 2013).

- *Respuesta macroeconómica*. El precio del petróleo afecta la inflación (Manera y Cologni, 2005; Kilian, 2008; Teo, Wong & Sek, 2015) e incentiva un alza de la tasa de interés por parte de las autoridades monetarias (Cologni & Manera, 2008). Esta respuesta a su vez genera un aumento de precio en los alimentos, debido a que existe una relación negativa entre la tasa de interés real y el precio de los alimentos (Arango, Arias & Flórez, 2011). Más allá de esta posibilidad, esta explicación no fue operativa para el período reciente debido a que el aumento del precio del petróleo no generó inflación en la mayoría de países.

Si nos atenemos al canal productivo, la mayoría de estudios reportan fuertes vínculos entre el precio del combustible y los commodities no energéticos (Holtham, 1988; Gilbert, 1989; Borensztein & Reinhart, 1994; Chaudhuri, 2001; Baffes, 2007 y 2011; Mitchell, 2008; Tadasse *et al.*, 2016). Sin embargo, aún persiste un debate sobre el efecto de los biocombustibles como amplificador o debilitador del vínculo entre el precio del petróleo y los alimentos (de Gorter & Just, 2009). A continuación en la Tabla 1 se expone una comparación de los valores obtenidos para la elasticidad precio de los commodities no energéticos respecto del precio de los insumos energéticos.

Tabla 1. Elasticidad precio de no energéticos a partir del aumento de energéticos

AUTORES	BAFFES, J. (2007)	MITCHELL (2008)	BAFFES, J. (2011)	TADASSE. G. ET AL (2010)	ESTUDIO PRESENTE	
PRODUCTOS	1960–2005	2002–2007	1960–2008	2009–2009	2002	2007
No energéticos	0.16		0.28			
Agricultura			0.26		0.102	0.109
Alimentos	0.18	0.15–020	0.27			
No alimentos	0.33/0.04		0.11			
Cereales	0.18	0.134	0.28			
Grasas y Aceites	0.19		0.29			
Otros alimentos	0.17		0.22			
Materias primas	0.04		0.11			
Maíz	0.19	0.239		0.0958	0.305	0.319
Trigo	0.20	0.169		0.1277	0.100	0.082
Soja	0.18	0.196		0.1514	0.068	0.040

Fuente: *Elaboración propia*

Una primer conclusión que se desprende de Tabla 1 es que los trabajos difieren fuertemente en los valores obtenidos. No obstante, entre los commodities no energéticos existe una tendencia a un mayor nivel de impacto en el tiempo; lo cual va en contra de la hipótesis de menores lazos por los biocombustibles. En Baffes (2007) los commodities no energéticos aumentan un 16 % si el precio del petróleo aumenta el 100 %. Mientras que en Baffes (2011) para un período 3 años más actual (1960–2008) se registra un aporte mayor (del 28 %).

Las diferencias pueden señalar el impacto del uso de diferentes metodologías econométricas y períodos bajo análisis. Otra característica en común ha sido la falta de inclusión de los insumos petroleros importados. Al respecto sólo dos trabajos han incluido los efectos indirectos asociados a los vínculos interindustriales entre los sectores (Ahn, Park & Park, 2016; Auer *et al.*, 2017).

En Ahn, Park & Park (2016) se estima el impacto en precios domésticos de un aumento en el precio de los insumos importados. Si bien se realiza un análisis en economías industriales avanzadas y en

referencia a insumos industriales, la metodología aplicada resulta de buena comparación con la que se aplica en el presente trabajo. A partir de datos de Tablas de Insumo Producto y precios a nivel sectorial se estima que el *pass-through* entre la inflación importada y la inflación doméstica es del 70 % en Corea del Sur mientras que en Francia, Alemania y Holanda es del 100 %.

En Auer *et al.* (2017) también se observa un abordaje que utiliza una metodología con definiciones y fuentes comparables pero el problema se centra en otra cuestión. En particular se resalta cómo los encadenamientos interindustriales entre diferentes países acrecientan las posibilidades de procesos sincronizados de inflación.

Entonces, dado que el petróleo crudo forma parte de los insumos básicos de los alimentos, es notable que su importación como insumo (mediante sus diversas formas) también afecta los costos de producción y estos a su vez afectan a precios nacionales con dependencia mutua. Por lo cual, más allá de su incidencia directa materializada en el encarecimiento de fertilizantes y costos

de transporte nacional e importado, también existe una influencia indirecta dada por el encarecimiento del resto de insumos necesarios para la elaboración de alimentos.

2. Métodos y técnicas utilizadas

La metodología utilizada parte de las definiciones del Sistema Cuadro de Oferta y Utilización (COU). A continuación se expone un diagrama que define las principales relaciones entre las matrices que componen el sistema.

Tabla 2. Sistema COU

	PRODUCTOS	INDUSTRIAS	VBP
Productos		Ud U^m	f q
Industrias	V		x
VA		y	
VBP	q^t	xt	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 contiene matrices rectangulares (debido a la cantidad mayor de productos que industrias; captando la producción secundaria) expresadas en mayúscula; siendo U y V la matriz de Utilización y Oferta respectivamente. A su vez contiene vectores fila expresados en letra minúscula, los cuales representan el Valor Bruto de Producción de los productos (q), el Valor Bruto de Producción de las industrias (x), el valor agregado de las industrias (y) y la demanda final por producto (f). Por último, se aclara que los supraíndices refieren a vectores fila traspuestos (t) o al componente doméstico (d) e importado (m).

En conjunto el diagrama contiene cuatro definiciones como punto de partida. A continuación se presentan las mismas;

$$U^d e + f = q \tag{1}$$

$$V e = x \tag{2}$$

$$e^t V = q^t \tag{3}$$

$$e^t U^d + e^t U^m + y = x^t \tag{4}$$

A partir de la definición (1) y de las igualdades en (6) es posible lograr la definición (5), la cual vincula el comportamiento de la demanda final con la respuesta de la producción total por producto. La matriz que capta esta igualdad se denomina matriz inversa de Leontief y sirve para estudiar los vínculos directos e indirectos entre la demanda de determinados productos y la producción total requerida para abastecer tal demanda. En términos matemáticos, partiendo de (1) es posible llegar a (7) asumiendo (5), como se detalla a continuación;

Siendo;

$$\begin{aligned} B &= U^d x - I \\ B x e &= U^d e \\ B x &= U^d e \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} D &= V q^{-1} \\ D q &= V \\ D q e &= V e \\ D q &= x \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} U^d e + f &= q \\ B x + f &= q \\ B D q + f &= q \\ f &= q - B D q \\ f &= (I - B D) q \\ f (I - B D)^{-1} &= q \end{aligned} \tag{7}$$

2.1. Índice de precios Insumo Producto (IP)

Partiendo de un sistema de Insumo Producto donde X mayúscula representa una matriz cuadrada de transacciones intermedias domésticas de industria por industria y γ un vector fila que absorbe el componente de insumos intermedios importados, impuestos y Valor Agregado, se tiene la siguiente definición del Valor Bruto de Producción (VBP) por industria;

$$e^t A x + \gamma = x^t \tag{8}$$

A partir de la definición de coeficientes técnicos de Insumo Producto es posible volver a expresar (8) como la siguiente igualdad;²

$$\begin{aligned} e^t A \underline{x} \underline{x}^{-1} + \gamma \underline{x}^{-1} &= x^t \underline{x}^{-1} \\ e^t A + a_\gamma &= e^t I \\ a_\gamma &= e^t I - e^t A \\ a_\gamma &= e^t (I - A) \\ a_\gamma (I - A)^{-1} &= e^t \end{aligned} \tag{9}$$

Esta igualdad relaciona un vector fila a_γ (que representa el ratio γ y *VBPP*) con un vector fila compuesto por elementos unitarios. La matriz $(I - A)^{-1}$ es un elemento multiplicador que relaciona ambas variables; se denomina también matriz inversa de Leontief pero está definida en este caso para las industrias. El índice expresa que en el año base los precios se encuentran en los valores del punto de partida. Si se realizan modificaciones en a_γ provenientes de escenarios posibles para la participación las importaciones intermedias, impuestos o valor agregado respecto del *VBPP*, entonces este índice refleja cómo los precios varían respecto de ese año base contemplando las relaciones de interdependencia entre industrias. Para el caso Sistema COU, la inversa de Leontief se reemplaza por la expresión obtenida en (5) debido a la necesidad de trabajar con una matriz con desagregación por productos.

$$a_\gamma (I - BD)^{-1} = e^t \tag{10}$$

De este modo, a partir de la definición de (10) es posible tener una metodología apropiada para estimar la respuesta del precio de los alimentos a las modificaciones en el ratio de las importaciones intermedias de combustibles. En particular se analizará el comportamiento del precio de la categoría «Agricultura, caza y servicios relacionados» tras las variaciones en las importaciones intermedias en alimentos respecto de «Petróleo crudo», «Productos Químicos» y «Coque, petróleo refinado y energía nuclear».

Las matrices utilizadas parten de las bases de datos elaboradas por World Input Output Database (WIOD) para su lanzamiento de 2013 (Timmer *et al.*, 2015). En particular se utilizan los Cuadros de Oferta y Utilización de Estados Unidos para 2002 y 2007, y las cuentas económicas y sociales referidas a los índices de precios para las variables utilizadas;

- Products of agriculture, hunting and related services.
- Crude petroleum and natural gas; services incidental to oil and gas extraction excluding surveying.
- Coke, refined petroleum products and nuclear fuels.
- Chemicals, chemical products and man-made fibres

Las matrices siguen la forma del sistema COU y contienen información de 59 productos, 35 industrias y 41 regiones (contabilizando 40 países y una región denominada Restos del Mundo). Los escenarios de simulación parten de los siguientes aumentos de precios relativos reales entre 2007 y 2002 para el Petróleo crudo, el Coque, petróleo refinado y energía nuclear y los Productos químicos.

Tabla 3. Bases para los escenarios de la simulación

AUMENTOS REALES	PETRÓLEO CRUDO	COQUE, PETRÓLEO REFINADO Y ENERGÍA NUCLEAR	PRODUCTOS QUÍMICOS
2007/2002 WIOD	2,197	1.13	1.40

Fuente: *Petróleo crudo (BM, WTI)*, *Petróleo Refinado (US Energy Information Administration, New York Harbor Conventional Gasoline Regular Spot Price FOB)* y *Fertilizantes (BM)*.

(2) Se define a la matriz de coeficientes técnicos A como una matriz cuadrada que surge de posmultiplicar X por x-1, entendida como una matriz diagonal (representada son subrayado) de la inversa de x.

3. Análisis de simulaciones

3.1. Más allá de la conexión de insumos. Precios y la conexión estructural

Existen al menos dos factores de conexión entre el precio de los alimentos y el del petróleo, ambos relacionados a la estructura de costos. El primer elemento de conexión es la estructura de costos energéticos descrita en la Tabla 4. El segundo elemento, cuyo valor es la contribución del artículo se describe por el aumento del precio de otros insumos también intensivos en energía (Ver Tabla 5).

Si bien algunos estudios han señalado la importancia de esta dependencia de insumos, no se ha trabajado sobre el impacto de las importaciones intermedias; de hecho no se han realizado análisis estructurales que tengan en cuenta toda la malla productiva y sus impactos inter–conectados. De modo que no se ha tenido en cuenta el impacto del mayor costo de los insumos importados energéticos ni tampoco se han

captado los efectos indirectos de este impacto sobre el precio del resto de los insumos.

Con el fin de complementar los estudios previos y contribuir con una metodología que sí capte este elemento estructural, a continuación se realiza un ejercicio de simulación a partir de tres datos fundamentales; la estructura de costos de los principales cultivos (maíz, trigo y soja), los aumentos de los precios de la energía (petróleo crudo, refinado y fertilizantes) y el modelo de precios de insumo–producto con tecnología 2002 y 2007.

Como indica la Tabla 4, la estructura de costos de los alimentos varía según el cultivo y el año de análisis. No obstante, su configuración plantea al menos dos puntos en común. En principio reconoce la incidencia del costo del petróleo crudo por medio de dos canales; el costo de Fertilizantes y Químicos (FyQ) y el costo del Combustible. En segundo lugar reconoce una incidencia mayor del gasto en producción que el dedicado a los gastos de transporte y mantenimiento materializados en el Combustible.

Tabla 4. Estructura de costos de los principales cultivos en Estados Unidos, 2002 y 2007

PRODUCTO	MAÍZ		TRIGO		SOJA		AGRICULTURA, CAZA Y SERVICIOS RELACIONADOS	
	2002	2007	2002	2007	2002	2007	2002	2007
Fertilizantes y Químicos	0,22	0,25	0,06	0,06	0,04	0,03	0,05	0,06
Combustible	0,06	0,07	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,05
Otros costos y VA	0,72	0,68	0,92	0,92	0,95	0,96	0,92	0,89
VBP	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: USDA, *Costos y retornos (2018)* y elaboración propia en base a WIOD (2013)

El nivel de especificidad y desagregación de los primeros tres cultivos de la Tabla 4 no puede ser obtenido en los datos de las versiones más detalladas de los Cuadros de Oferta y Utilización. No obstante es posible analizar la incidencia del

petróleo en categorías más agregadas. En la última columna de la Tabla 4 se presenta la participación de los insumos³ en la categoría «Agricultura, caza y servicios relacionados». Estas últimas columnas presentan valores menores pero mantienen la jerar-

(3) Se presentan los datos para «Productos Químicos» como representativos de Fertilizantes y Químicos y los datos de «Coque, petróleo refinado y energía nuclear» como representativos de Combustible.

quía entre consumo de producción y transporte. No obstante se observan dos diferencias interesantes; por un lado existe un crecimiento del uso de insumos energéticos mientras que en la estructura detallada se observa mayor estabilidad en los cultivos principales (salvo el Trigo). Por otro lado este crecimiento está liderado por el aumento del combustible, mientras que en la categoría desagregada este componente se mantiene o aumenta en menor medida.

Otro nivel de análisis de los resultados es logrado a partir de la comparación de la elasticidad del precio de los alimentos respecto del precio del petróleo (Tabla 1). Este ejercicio permite el cotejo con otros estudios, en particular con aquellos que han trabajado una metodología, período y bienes compatibles. Entre los estudios de mayor compatibilidad para la comparación, el análisis de Mitchell (2008) es el más pertinente. Entre las ventajas de este estudio se encuentra en análisis de la producción y la identificación de los costos de producción y los costos de transporte como diferencia entre los precios de venta entre localidad al interior y los puertos. En esta investigación el autor también utiliza los datos de USDA para identificar cómo el aumento en el valor del petróleo afectó al precio de los alimentos. No obstante, si bien se comparte período y bienes, la metodología aplicada presenta una diferencia. Mientras que Mitchell (2008) calcula el efecto del cambio en el valor del gasto energía, aquí sólo nos concentramos en el efecto de un cambio en el precio de Fertilizantes, Químicos y Combustibles. En otras palabras, mientras que Mitchell (2008) contempla la influencia del cambio en precios relativos y cantidades relativas, el presente estudio asume una estructura de producción constante y evalúa sólo el cambio de precios relativos. Las diferencias entre la tecnología 2002 y la tecnología 2007 sirven para verificar que ante un mismo escenario de modificaciones exógenas, existen cambios asociados a una nueva estructura de costos.

Por último, en la Tabla 4 se describen los resultados de la participación del aumento de combustibles en el aumento de precios para el período 2002 a 2007. A diferencia de los resultados expuestos en la Tabla 1, aquí cada elasticidad se activa por el porcentaje de aumento de Petróleo crudo (Oil WTI), Productos Químicos (F&Q) y Coque, petróleo refinado y energía nuclear (Combustible). Entonces, por un lado se tiene que Maíz, Trigo, Soja y Agricultura, caza y otros servicios (Agro IP) aumentan 31 %, 41 %, 43 % y 33 % respectivamente al tiempo que el petróleo, los químicos y el combustible aumentan un 120 %, 13 % y 41 % respectivamente, ateniéndose a 2002 y 2007.

Según la metodología aplicada, el porcentaje de aumento en Maíz, Trigo, Soja y Agricultura asociado al aumento en el precio de los bienes energéticos es 8-6 %, 4-2 %, 3-1 % y 4-3 % según la tecnología que se asuma. En términos generales, la participación del aumento en los bienes de Agricultura es de 13 % con tecnología 2002 y un 9 % con tecnología 2007. Esto implica que han existido cambios en la tecnología referida al uso de bienes energéticos que han implicado que el aumento del precio de los bienes energéticos importados tenga una menor repercusión en los precios relativos domésticos. Este cambio se refleja en el menor valor de la simulación, cuyo nivel desciende un 2,3 %. Sin embargo, el resto de la pérdida de nivel (1,7 %) se debe a cambios en la estructura interna de los alimentos. Según la Tabla 4, este cambio seguramente estuvo asociada a la mayor incidencia del cultivo de Soja dado que es el único que baja el componente energético en su producción. Del análisis desagregado se desprende que todos disminuyen el uso de energía, no obstante existen diferencias entre los cultivos; siendo el Maíz el de mayor uso de los combustibles, seguido por el Trigo y por último la Soja.

Tabla 5. Resultados de participación del aumento inducido en el aumento de los alimentos 2007/2002

	MAÍZ	TRIGO	SOJA	AGRO IP	OIL WTI	F&Q	COMBUSTIBLE
PRECIOS							
2007/2002	1,307518	1,411415	1,432189	1,327433	2,17008	1,134624	1,405685
AUMENTO PRECIOS							
2007/2002	31 %	41 %	43 %	33 %	120 %	13 %	41 %
AUMENTO ALIMENTOS ASOCIADOS A COMBUSTIBLES							
TEC02	8 %	4 %	3 %	4 %			
TEC07	6 %	2 %	1 %	3 %			
PARTICIPACIÓN DEL AUMENTO INDUCIDO EN EL AUMENTO DE ALIMENTOS							
TEC02	25 %	10 %	8 %	13 %			
TEC07	20 %	5 %	2 %	9 %			
SIMULACIÓN EN AGRICULTURA, CAZA Y OTROS							
2002	102,38 %						
2007	100,07 %						
2007–2002	-2,30 %						

Fuente: *Elaboración propia en base a Modelo de precios Insumo Producto y datos WIOD (2018).*

4. Conclusiones

A grandes rasgos se puede afirmar que el precio de los alimentos tuvo un componente inducido referido al cambio en el precio de insumos energéticos utilizados. No obstante, se observa que también existe un proceso de cambio técnico cuya incidencia disminuye en parte el impacto indirecto de los insumos energéticos importados. En concreto, del 33 % de aumento en el precio de la Agricultura, caza y servicios relacionados, entre un 4 % y 3 % se debió a un aumento inducido por el costo de la energía en sus diferentes canales; petróleo crudo, fertilizantes y combustible. Lo cual indica que entre un 13 % y un 9 % los precios de los alimentos respondieron a causas exógenas referidas a la energía, mientras que la mayor parte de su modificación provino de otras causas como los factores políticos, distributivos y técnicos que pueden haber incidido en la capacidad de reacción y los costos de

las zonas más eficientes de Estados Unidos. La parte indirecta asociada a las importaciones incidió entre un 2,4 % y un 0,07 %, existiendo un claro proceso de sustitución inversa cuya principal consecuencia es la menor dependencia de la energía extranjera.

En conclusión, si bien se ha podido identificar una parte del aumento del precio de los alimentos, queda para otras instancias analizar otras hipótesis clásicas como el efecto de la restricción de capacidad en las zonas de menores costos, el impacto neto de los cambios técnicos en el cultivo y los efectos de las transformaciones distributivas asociadas al salario real y los impuestos directos. A futuro también queda comprobar el rol de los biocombustibles en la estructura técnica y continuar estudiando el modelo de simulación de precios con el fin de utilizar bases más actualizadas y brindar previsiones en base a los cambios del ratio valor agregado–producto total.

Referencias bibliográficas

- Abbott, P.C., Hurt, C. y Tyner, W.E. (2011) What's driving food prices in 2011? Farm Foundation.
- Ahn, J., Park, C.G. & Park, C. (2016). Pass-through of imported input prices to domestic producer prices: evidence from sector-level data. *The BE Journal of Macroeconomics*, 17(2).
- Arango, L.E., Arias, F. & Flórez, A. (2011). Determinants of commodity prices. *Applied Economics*, 44(2), 135–145.
- Auer, R., Levchenko, A. and Sauré, Ph. (2017). International Inflation Spillovers Through Input Linkages. NBER Working Paper No. 23246 <http://www.nber.org/papers/w23246>.
- Baffes, J. (2007). Oil spills on other commodities. *Resources Policy*, 32, 126–134.
- ——— (2011). The energy/non-energy price link: channels, issues and implications.
- Borensztein, E. y Reinhart, C.M. (1984). The Macroeconomic Determinants of Commodity Prices. *IMF Staff Papers*, vol. 41, pp. 236–261.
- Brooks, C. & Prokopczuk, M. (2013) The dynamics of commodity prices, *Quantitative Finance*.
- Chakravorty, U., Hubert, M., Moreaux, M. & Nøstbakken, L. (2011) Do biofuel mandates raise food prices? Working paper no. 2011–01, Department of Economics, University of Alberta
- Chaudhuri, K. (2001). Long-run prices of primary commodities and oil prices. *Applied Economics*, 33(4), 531–538.
- Chen, S.T., Kuo, H.I. & Chen, C.C. (2010) Modeling the relationship between the oil price and global food prices. *Appl Energy* 87(8):2517–2525
- Cologni, A. & Manera, M. (2008). Oil prices, inflation and interest rates in a structural cointegrated VAR model for the G–7 countries.
- Conley, D. M. & Adam, G. (2008) «Spatial marketing patterns for corn under the condition of increasing ethanol production in the US.» *International Food and Agribusiness Management Review* 11.1030-2016-82737, p.81.
- De Gorter, H. & Just, D.R. (2009). The economics of a blend mandate for biofuels. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(3), 738–750.
- Gilbert, C.L. (2010). How to understand high food prices. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 398–425.
- Gilbert, Ch.L. (1989). The Impact of Exchange Rates and Developing Country Debt on Commodity Prices. *Economic Journal*, vol. 99, pp. 773–783.
- Hamilton, J.D. (2009). Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007–08 (No. w15002). National Bureau of Economic Research.
- Headey, D.D. (2011) Rethinking the global food crisis: the role of trade shocks. *Food Policy* 36:136–146
- Holtham, G.H. (1988). Modeling Commodity Prices in a World Macroeconomic Model. In *International Commodity Market Models and Policy Analysis*, ed. Orhan Guvenen. Boston: Kluwer Academic Publishers
- Irz, X., Niemi, J. & Liu, X. (2013). Determinants of food price inflation in Finland. The role of energy. *Energy Policy*, 63, 656–663.
- Kilian, L. (2008). A comparison of the effects of exogenous oil supply shocks on output and inflation in the G7 countries.
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3).
- Kilian, L. (2014). Oil price shocks: Causes and consequences.
- Kilian, L. y Lee, T.K. (2014). Quantifying the speculative component in the real price of oil: The role of global oil inventories
- Manera, M., Cologni, A. (2005). Oil Prices, Inflation and Interest Rates in a Structural Cointegrated VAR Model for the G–7 Countries, *Nota di Lavoro*, No. 101.2005, Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Milan.
- Martin, W. & Anderson, K. (2012). Export restrictions and price insulation during commodity price booms. *Am J Agric Econ* 94, pp.422–427
- Mitchel, D. (2008). A note on rising food prices. Policy research working paper 4682. World Bank Development Prospect Group, Washington, DC

- Reboredo, J.C. (2012). Do food and oil prices co-move? *Energy Policy*, 49, 456–467.
- Rosegrant, M.W., Zhu, T., Msangi, S. and Sulser, T. Global scenarios for biofuels: Impacts and implications. *Review of Agricultural Economics*, Vol. 30 (2008) pp. 495–505.
- Saghaian, S. H. (2010). The impact of the oil sector on commodity prices: Correlation or causation? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 42(3), 477–485.
- Serrano, F. (2013). Continuity and change in the international economic order: Towards a raffian interpretation of the changing trend of commodity prices in the 2000s.
- Silva, S.F. (2018). Oferta, demanda e tendência do preço internacional do petróleo: uma interpretação à luz da abordagem clássica do excedente. *Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política*, 48.
- Tadasse, G., Algeri, B., Kalkuhl, M. & von Braun, J. (2016). Drivers and triggers of international food price spikes and volatility. In *Food Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy* (pp. 59–82). Springer, Cham.
- Tang, K. & Xiong, W. (2012) Index investment and the financialization of commodities. *Financ Anal J* 68, pp.54–74.
- Teo, X.Q., Wong, Y.N. & Sek, S.K. (2015). A Comparative Study on the Pass-Through Effects of External Shocks on Domestic Inflation. *Advanced Science Letters*, 21(5)
- Timmer, M.P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. and de Vries, G.J. (2015). An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production. *Review of International Economics*, 23, 575–605.
- USDA (2018). Economic Research Service using data from USDA's Agricultural Resource Management Survey and other sources.
- Von Braun, J. (2011). Increasing and more volatile food prices and the consumer. In *The Oxford Handbook of the Economics of Food Consumption and Policy*.
- World Bank. (2018). World Bank commodity price data (the Pink Sheet).
- Yang, J., Qiu, H., Huang, J. & Rozelle, S. (2008). Fighting global food price rises in the developing world: the response of China and its effect on domestic and world markets. *Agricultural Economics*, 39, 453–464.
- Zhang, Z., Lohr, C. Escalante, and M. Wetzstein. 2010. «Food versus fuel: What do prices tell us?» *Energy Policy*, 38, 445–451.
- Zilberman, D., Hochman, G., Rajagopal, D., Sexton, S. & Timilsina, G. (2012). The impact of biofuels on commodity food prices: Assessment of findings. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 275–281.

Registro bibliográfico

Roitbar, H.A. (2019). El petróleo y su impacto total en el precio de los alimentos. Un abordaje Insumo Producto para Estados Unidos en 2002 y 2007. *Revista Ciencias Económicas*, 15(02), 89–104.