

Regímenes de Precipitaciones, Dinámica de Precios y Actividad del Sector Agropecuario de la República Dominicana

Ariadne M. Checo de los Santos Mariam Mejía Mínguez Francisco A. Ramírez de León¹

Este borrador

Junio 2018

Resumen*

Se cuantifica el impacto de las variaciones extremas en los niveles de precipitaciones sobre los precios al consumidor y la actividad económica del sector agropecuario durante el período 2000–2016. Utilizando información histórica de precipitaciones a nivel nacional y técnicas de series de tiempo, los resultados sugieren efectos importantes de las sequías sobre la dinámica de precios y efectos moderados sobre el valor agregado agropecuario. Relativo a los eventos de exceso de precipitaciones, se encuentra evidencia de un efecto negativo relevante sobre el valor agregado sectorial, más no evidencia sobre una influencia importante en los precios de los alimentos.

Abstract

We assess the impact of extreme variations in rainfalls on consumer prices and agricultural economic activity during the period of 2000 - 2016. Using historical records on rainfall at national level and time series techniques, we identify important effects of droughts over price dynamics and moderate effects on agricultural value added growth. Relative to the events of rainfall excess, we find evidence of a relevant negative effect on sectorial value added, nevertheless we do not observe any significant influence on food prices.

Palabras Claves: Ciclos económicos, inflación, precipitaciones.

Key Words: Business cycles, inflation, rainfall.

JEL Classification: C32, E31, E32, Q54.

¹Subdirección de Estudios Económicos, Departamento de Programación Monetaria y Estudios y Económicos.

Para preguntas y comentarios escribir a f.ramirez@bancentral.gov.do. El resultado de esta investigación no representa la visión del Banco Central de la República Dominicana. Cualquier error u omisión es estricta responsabilidad de los autores.

*Los puntos de vista y conclusiones de este estudio no representan necesariamente la opinión del Banco Central de la República Dominicana (BCRD). Cualquier error es de exclusiva responsabilidad del autor.

I. Introducción

El presente artículo contribuye a la literatura sobre el impacto macroeconómico de las variaciones en las condiciones climáticas. En particular, se estima el impacto sobre la dinámica de precios al consumidor y actividad económica en el sector agropecuario de variaciones extremas en los niveles de precipitaciones, tales como períodos prolongados de sequías y eventos en los que el nivel de precipitaciones excede las condiciones normales.

La literatura sobre los efectos macroeconómicos de variaciones importantes en el nivel de precipitaciones se enmarca en la literatura del impacto socioeconómico del clima y el cambio climático (Tol, 2009; Dell, et al., 2014). Esta línea de investigación evalúa el impacto de este tipo de fenómenos sobre la inflación de precios de *commodities* (Loosuthi y Selover, 2007; Ubilava, 2012, 2016; Brunner, 2002; Cashin et al., 2015), los efectos sobre el crecimiento y la productividad agrícola (Dell et al., 2012; Hsiang y Meng, 2015; Iizumi, et al., 2014; Tack y Ubilava, 2015), así como en epidemias de enfermedades (Kovats et al., 2008) y conflictos civiles (Hsiang et al., 2011). En general, la evidencia en este campo muestra que el impacto socioeconómico de variaciones importantes en los factores climáticos, o fenómenos eventuales, es estadística y económicamente significativo, principalmente en los países en desarrollo (Cashin et al., 2015).

Para cuantificar la influencia de este tipo de fenómenos sobre los agregados económicos de interés, es necesario disponer de indicadores cuantitativos que caractericen estos eventos. En ese sentido, se computan índices que evidencian los períodos durante los cuales el nivel de precipitaciones estuvo por debajo o por encima del nivel promedio normal durante un período de tiempo seleccionado. Siguiendo a Avella (2001), se define un ciclo de sequía cuando el nivel de precipitaciones está por debajo del 80% de la precipitación promedio para el período.

Asimismo, se define un período de exceso de precipitaciones cuando el nivel de estas se ubica por encima del 120% de la precipitación promedio.

Se utilizan vectores auto-regresivos para cuantificar el impacto de ambos fenómenos. Las variables que se consideran son, además del indicador de precipitaciones, un indicador de actividad económica del sector agropecuario, la inflación de alimentos, la inflación sin alimentos, el crecimiento de la demanda de dinero y el tipo de cambio nominal. Los modelos se estiman para datos mensuales correspondientes al período 2000 - 2016. La identificación del *shock* de precipitaciones se realiza a través de la descomposición de Cholesky, en la cual se consideran las innovaciones del indicador de precipitaciones como exógenas, sobre la base que, en frecuencia mensual, se supone ausencia de retroalimentación entre la actividad económica y las condiciones climáticas.

Los resultados sugieren que las sequías tienen efectos persistentes sobre los precios de los alimentos y moderados sobre el valor agregado del sector agropecuario. Por su parte, los fenómenos asociados a períodos de exceso de precipitaciones, aunque menos frecuentes y persistentes, tienen efectos importantes sobre el crecimiento del valor agregado agropecuario, mientras que no se identifican efectos persistentes sobre los precios de los alimentos.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección dos se describen algunas de las metodologías empleadas para medir estos fenómenos de caída o aumento significativo de los niveles de precipitaciones. En las secciones tres y cuatro se describen la estrategia empírica y los datos utilizados en las estimaciones, respectivamente. Por último, en la sección cinco se presentan los principales resultados y la sección seis concluye.

II. Metodologías de medición de sequías e inundaciones

En esta sección se presenta la metodología para el cómputo de índices con información relativa a los episodios de variaciones en los niveles normales de precipitaciones.

En el caso de la medición de períodos e importancia de sequías y/o exceso de precipitaciones, en la literatura se identifican varias metodologías, tales como el Índice de Severidad de Palmer, Índice de Precipitación Estandarizado y el Porcentaje de la Precipitación Normal. Una breve descripción de estos indicadores se muestra a continuación:

- 1) El índice de severidad de Palmer considera el suministro y demanda de agua dentro de una ecuación de balance hídrico², además de tomar en cuenta el déficit entre la precipitación observada y la precipitación normal. Los valores de este índice se obtienen de las medidas de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo local.
- 2) El índice de precipitación estandarizado (SPI por sus siglas en inglés), desarrollado por Mckee et al. (1993, 1995), mide la probabilidad de precipitación para cualquier período de tiempo y, a diferencia del índice de Palmer, la precipitación es el único insumo para su cálculo. Las probabilidades están estandarizadas por lo que cuando el índice toma el valor de 0, indica la media normal de precipitación. El índice negativo implica sequía y positivo indica períodos de lluvia. Una de las limitaciones en el cálculo de este índice es que requiere de un mínimo de entre 20 y 30 años de valores mensuales para su cálculo.
- 3) Por último, el porcentaje de la precipitación normal, es uno de los más utilizados debido a su simplicidad de cálculo e interpretación. Se define como el cociente entre la precipitación efectiva y el valor normal correspondiente a ese mismo período de tiempo e indica, de

² Los índices de balance hídrico son utilizados para evaluar la sequía agrícola.

forma porcentual, si la precipitación ocurrida en el período bajo estudio es superior (exceso de lluvias) o inferior (déficit de lluvias) a la precipitación normal.

En relación al cálculo de indicadores de inundaciones, la literatura sobre índices sistemáticos de este tipo de fenómenos es más escasa, principalmente, debido a que por lo general este tipo de fenómenos son de corta duración, tales como huracanes o tormentas tropicales, y asociados más bien a indicadores de impulso.

En este estudio se utilizan índices basados en el porcentaje de la precipitación normal, al igual que Avella (2001). Éste considera como período de sequía aquel durante el cual las precipitaciones caen por debajo del 80% del valor promedio histórico. De esta manera, el indicador de sequías construido toma el valor de 0 si el logaritmo del nivel de precipitación efectivo es mayor al logaritmo del 80% del valor promedio de precipitación en cada período, mientras que toma el valor resultante de la diferencia entre el logaritmo de la precipitación efectiva y el logaritmo del 80% de la precipitación promedio si es negativa.³ Matemáticamente, se representa de la siguiente manera:

$$seq_t = \begin{cases} ll_t^0 - ll_t^{80}, & ll_t^0 - ll_t^{80} \leq 0 \\ 0, & ll_t^0 - ll_t^{80} > 0, \end{cases}$$

donde: ll_t^0 es el logaritmo del nivel de precipitación efectivo y ll_t^{80} es el logaritmo del 80% del valor promedio de precipitación de cada trimestre en todo el período.

Asimismo, se define un período de exceso de precipitaciones, como el nivel de éstas por encima del 120% del valor promedio histórico, es decir:

$$exc_t = \begin{cases} ll_t^0 - ll_t^{120}, & ll_t^0 - ll_t^{120} \geq 0 \\ 0, & ll_t^0 - ll_t^{120} < 0. \end{cases}$$

³ Tomando en cuenta que, en el caso de Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) considera que los valores de las precipitaciones entre el 80% y el 120% del promedio son normales.

La figura siguiente resume la intuición de los indicadores descritos:

FIGURA 1

III. Estrategia empírica

Para estimar el impacto de los fenómenos de sequías y exceso de precipitaciones sobre la dinámica del índice de precios y la actividad económica, se utilizan técnicas de series de tiempo. En particular, se estima un vector autorregresivo (VAR) que incluye, además del índice de precipitaciones (sequía o exceso de precipitaciones, según sea el caso), un índice de precios internacional de *commodities*, así como un indicador de actividad económica asociado al sector agropecuario, el componente de alimentos del IPC y el componente sin alimentos. Finalmente, se incluyen la demanda de dinero y el tipo de cambio nominal. Dado que es un modelo para procesos estacionarios, con excepción de los índices de precipitaciones, las variables son consideradas en variaciones mensuales desestacionalizadas. Es decir,

$$(1) \quad Y_t = [IS_t, f_t, y_t, \pi_t^a, \pi_t^{sa}, m_t, e_t]'$$

$$(2) \quad Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + u_t,$$

donde Y_t es el vector de variables en el VAR, IS_t es el índice de sequías, f_t es la inflación del índice de *commodities* de alimentos, y_t es el indicador de actividad económica agropecuaria, π_t^a es la inflación del componente de alimentos del IPC, π_t^{sa} es la inflación del componente del IPC que excluye los alimentos, m_t es la demanda de dinero y e_t es la variación del tipo de cambio nominal. Finalmente, u_t es un vector que contiene los residuos en forma reducida.

3.1 Especificación

En cuanto a la selección del orden del VAR, en la primera fase se utiliza el criterio de información de Schwartz (SC) para estimar consistentemente el orden del VAR si el proceso generador del VAR tiene rezagos finitos (Lütkepohl y Kratzig, 2004):

$$SC(m) = \log \det(\tilde{\Sigma}_u(m)) + \frac{\log T}{T} mK^2,$$

donde m es el número de rezagos, $\tilde{\Sigma}_u(m)$ es la matriz de covarianzas de los residuos del VAR de orden m , T es el tamaño de muestra y K es el número de parámetros del modelo. Para el diagnóstico del modelo estimado se emplea el contraste de autocorrelación LM (Breusch, 1978; Godfrey, 1978), el cual es adecuado para evaluar autocorrelación de orden bajo:

$$LM_h = T[K - Tr(\tilde{\Sigma}_e \tilde{\Sigma}_R^{-1})] \sim \chi^2(hK^2),$$

donde:

$\tilde{\Sigma}_e = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t \hat{e}_t'$; $\tilde{\Sigma}_R = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t^R \hat{e}_t^{R'}$ y los residuos estimados (\hat{e} y \hat{e}^R) provienen de las siguientes regresiones auxiliares:

$$\hat{u}_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + CD_t + B_1 \hat{u}_{t-1} + \dots + B_h \hat{u}_{t-h} + e_t,$$

siendo h el orden de autocorrelación a evaluar para un VAR(p) estimado. A partir de este modelo se obtienen los \hat{e}_t . El modelo restringido impone $B_1 = \dots = B_h = 0$, de donde se obtienen \hat{e}_t^R .

3.2 Identificación

Dada la naturaleza exógena de los choques climáticos, en frecuencia mensual, la estrategia de identificación se basa en la descomposición de Cholesky. El impacto del choque es mapeado a

las variables de interés a través de la función impulso respuesta. Considere la versión VAR(1) del modelo estimado:

$$\mathbf{Y}_t = A\mathbf{Y}_{t-1} + u_t,$$

donde A contiene el resto de las matrices de parámetros de forma reducida para los rezagos relevantes, y donde $\mathbf{Y}_t = [Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p+1}]$. Condicional a que A tenga todos sus valores propios dentro del círculo unitario, la versión vectorial de media móvil de orden infinito (VMA(∞), por sus siglas en inglés) es:

$$Y_t = u_t + Au_{t-1} + A^2u_{t-2} + \dots$$

La relación entre los residuos de forma reducida u_t y los choques “estructurales” ϵ_t , es

$$\epsilon_t = Bu_t,$$

donde B es la matriz que contiene la información relevante para la identificación. En la descomposición de Cholesky a implementar, se asume que el residuo de la ecuación relativa al indicador climático son innovaciones exógenas. Por lo que la respuesta del vector de variables a un *shock* de sequía o de exceso de precipitaciones es:

$$\frac{\partial Y_{t+s}}{\partial \epsilon_t^u} = A^s(l)B^{-1}(l), \quad \text{para } s = 0, 1, \dots$$

donde $A(l)$ y $B(l)$ son los coeficientes relevantes para observar la respuesta de interés.

IV. Descripción de datos

En esta sección se describen las fuentes de los datos utilizados, las transformaciones aplicadas y las principales propiedades estadísticas de los mismos. La frecuencia de los datos es mensual y corresponden al período enero 2000 – noviembre 2016. Este período es seleccionado debido a la

disponibilidad de los datos de precios por componentes y los registros históricos de precipitaciones.

4.1 Datos de precipitaciones

Los índices de sequías y exceso de precipitaciones son elaborados con información sobre precipitaciones (en milímetros de lluvia acumulada durante un mes) por estación⁴ a nivel nacional, suministrados por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET). La Figura 1 muestra el índice de sequías construido bajo los criterios antes mencionados. Las barras indican el porcentaje de la caída en las precipitaciones por debajo del 80% del nivel promedio (normal).

En la muestra considerada, se verifican 49 episodios de sequías que se extienden por 2 meses, en promedio. El episodio más prolongado ocurrió en 2015, con una duración de 8 meses, seguidos por los observados en 2000 y 2009, con duración de 5 y 4 meses, respectivamente. Durante los períodos de sequías más severos, el nivel de precipitaciones cayó hasta un 80% respecto al umbral inferior del nivel normal de precipitaciones, siendo estos eventos extremos observados en enero de 2000, mediados de 2005 y principios de 2015.

En el caso del índice de exceso de precipitaciones, como se puede ver en la Figura 2, estos episodios son menos frecuentes que los casos de sequías y los valores extremos suelen estar vinculados al paso de fenómenos de mayor escala, como huracanes y tormentas tropicales. En los períodos extremos, el nivel de precipitaciones puede escalar hasta cerca de 160% del límite superior del nivel promedio normal en el año.

⁴ De acuerdo a ONAMET, una estación es un equipo de adquisición de datos meteorológicos en el que los sensores, almacenan y transmiten las observaciones meteorológicas de forma automática.

4.2 Variables macroeconómicas

Para el indicador de precios de alimentos, se considera el componente de alimentos y bebidas no alcohólicas del Índice de Precios al Consumidor (IPC). Asimismo, el resto de los componentes corresponde al índice de precios sin alimentos. El IPC es elaborado por el Banco Central de la República Dominicana, cuya base más reciente es diciembre de 2010.

En cuanto a la variable de actividad económica, se estima un indicador de actividad económica del sector agropecuario en frecuencia mensual, utilizando la información proveniente del componente agropecuario del Índice Mensual de Actividad Económica (IMAE), donde la misma está disponible desde enero 2007. Este indicador tiene la característica de que el promedio del índice en los meses pertenecientes a un trimestre, es equivalente al índice del valor agregado del sector agropecuario. Para obtener los valores mensuales del indicador agropecuario en el período 2000 - 2006, se utiliza el filtro de Kalman en un modelo estado-espacio para inferir los valores faltantes en base a la información compartida con el IMAE agropecuario (ver anexo para una descripción detallada del procedimiento).

La demanda de dinero es aproximada a través del agregado monetario M1, el cual incluye el efectivo en poder del público. El tipo de cambio nominal, corresponde al de venta en el mercado extrabancario promedio mensual, mientras que el índice de *commodities* de alimentos es aproximado utilizando el índice de precios de alimentos del Fondo Monetario Internacional, el cual resume la dinámica de los principales alimentos comercializados a nivel mundial.

Las variables son incorporadas en el modelo VAR descrito en la sección anterior, en variaciones porcentuales mensuales, pues en niveles muestran un comportamiento no estacionario (Tabla

2). La Figura 3 muestra la evolución de dichas variables y la Tabla 3, los estadísticos descriptivos. En el anexo se presentan las tablas y figuras de las variables trimestrales.

V. Resultados

En esta sección se presentan los resultados estimados para las variables macroeconómicas mencionadas, en especial, de la actividad económica agropecuaria, la dinámica de los precios y la demanda de dinero.

El VAR que considera el indicador de eventos de sequías y con datos mensuales fue estimado con nueve rezagos. La Tabla 4 muestra los resultados de contraste LM de correlación serial de los residuos.

5.1 Impacto de las sequías

La Figura 4 muestra la respuesta de los precios, la actividad económica agropecuaria y la demanda de dinero, a un choque en el indicador de sequías, que representa una caída en las precipitaciones de aproximadamente 20% respecto al límite inferior del promedio de precipitaciones normales. Los intervalos de confianza alrededor de cada una de las respuestas fueron computados utilizando métodos de *Bootstrap* (Efron et al., 1993), y se reportan para distintos niveles de significancia.

En términos generales, un choque en el indicador de sequía se traduce como un choque negativo de oferta en el corto plazo, donde el valor agregado disminuye debido a una menor producción en el sector agropecuario. Esto tiene un efecto al alza en los precios de los alimentos asociados al sector, aumentando *ceteris paribus* el nivel general de precios. De esta forma, la demanda de dinero de parte de los agentes disminuye debido a una menor demanda agregada.

De acuerdo a las estimaciones, los precios del grupo de alimentos del IPC reaccionan positivamente con un rezago de 1 a 5 meses, con un efecto máximo acumulado a los 24 meses, antes de que se empiece a disminuir, alcanzando un traspaso de alrededor 1.5% de inflación adicional comparado con un escenario ausente de *shocks*. El efecto al alza en los precios de los alimentos viene dado por la escasez de los alimentos de consumo final correspondientes al sector y los insumos intermedios que pueden repercutir en la estructura de costos de producción de otros bienes y sectores. Este mecanismo puede agregar mayor persistencia en la respuesta observada en los precios, la cual, según este estudio, influye hasta dos años después de ocurrido el choque. En otro aspecto, puede influir también la desacumulación de inventario de los productos menos perecederos.

El componente de precios que excluye el grupo de alimentos, reacciona aproximadamente 16 meses después de ocurrido el evento, agregando en su nivel máximo 1.0% más de inflación al escenario sin *shocks*. Si bien la inflación sin alimentos no refleja los efectos directos del choque de sequía, la dinámica de este componente puede asociarse a los efectos de segunda vuelta, donde la escasez relativa de los bienes agropecuarios se traduce en incrementos en los insumos intermedios de las empresas y, por ende, en sus costos de producción. Por el lado de los agentes, los efectos de segunda vuelta pueden reflejar correcciones al alza en las expectativas de inflación.⁵

En cuanto a la actividad económica en el sector agropecuario, el *shock* de sequía reduce el crecimiento en aproximadamente 30 puntos básicos, desapareciendo dicho efecto entre el quinto y el séptimo mes después de ocurrido el *shock*. El choque de sequía ejerce un efecto directo sobre la actividad agropecuaria, ya que las condiciones climáticas inhiben la producción de estos bienes, reduciendo la oferta en el corto plazo. Debido a la naturaleza transitoria de este choque,

⁵ FMI (octubre, 2008).

el efecto acumulado en la producción es nulo, lo que implica que el choque de sequía no afecta la capacidad productiva, esto es, los factores de producción en el sector, y por ende no se observan efectos en horizontes más largos. Finalmente, la demanda de dinero reacciona positivamente, pero dicha reacción no es significativa a partir del tercer mes de observada la innovación.

5.1 Impacto de los excesos de precipitaciones

Por otra parte, cuando se evalúa el impacto de los eventos en los que el nivel de precipitaciones excede el umbral superior del nivel promedio de precipitaciones, en frecuencia mensual no se encuentra evidencia de impacto positivo en los precios tanto del componente de alimentos como del componente sin alimentos.

Esto puede deberse a la persistencia del choque de exceso de lluvia con respecto al choque de sequía. En efecto, cuando se observa la dinámica del primero, se evidencia una menor persistencia relativa. Esto se debe a que los choques de exceso de precipitaciones son de menor duración.

Otra razón puede ser que, en general, los choques de exceso de lluvia son más heterogéneos entre las distintas provincias del país. Por ejemplo, las lluvias evidenciadas en los últimos meses del 2016 se registraron principalmente en la zona norte del país. Esto implica que la escasez relativa de productos agropecuarios puede observarse solo en algunas provincias del país, lo cual reduce el efecto al alza de los precios en forma agregada.

Por último, este efecto puede estar reflejando un balance de efectos positivos y negativos entre los precios considerados dentro de la canasta de bienes del IPC, lo cual puede compensar los efectos negativos en la inflación de alimentos provenientes de este choque.

Se observa un impacto negativo en la actividad económica que se extiende hasta un año. En términos cuantitativos un exceso de precipitaciones de 30% del nivel normal reduce el crecimiento en 0.30% de manera significativa durante 12 meses. Esta respuesta persistente es de esperarse, debido a que el exceso de precipitaciones puede afectar la capacidad productiva del sector y por ende aminorar la producción en horizontes de hasta un año. Finalmente, no se encuentra evidencia de impacto significativo en la demanda de dinero en términos de lo que se espera para este tipo de choques.

VI. Conclusión

Los fenómenos climáticos, específicamente las sequías y las inundaciones implican consecuencias significativas para una sociedad en distintos aspectos como la agricultura, el medio ambiente, la economía, entre otros. Esta investigación se centró en el impacto económico de dichos fenómenos sobre el nivel de precios y el crecimiento de la actividad agropecuaria.

En particular, se cuantificó el impacto de los períodos de variaciones dramáticas de las precipitaciones (sequías o exceso de lluvia) sobre el grupo de alimentos que componen el Índice de Precios al Consumidor y el valor agregado del sector agropecuario utilizando vectores autorregresivos. También se consideraron otras variables, como el crecimiento de la demanda de dinero y el tipo de cambio nominal.

Para medir la incidencia de este tipo de fenómenos sobre las variables económicas antes mencionadas, se computó un índice basado en la metodología de porcentaje de precipitación normal, el cual determina si el nivel de precipitaciones estuvo por debajo (80%) o sobre el nivel (120%) del promedio normal del mes durante un período de tiempo determinado.

Los resultados sugieren que las sequías tienen efectos persistentes sobre los precios de los alimentos y efectos moderados sobre el valor agregado del sector agropecuario. De acuerdo con las estimaciones, los precios de los alimentos reaccionan en un período de 1 a 5 meses una vez iniciado el fenómeno y conlleva un aumento adicional de 1.5% en la inflación de alimentos. En cuanto al valor agregado agropecuario, las sequías reducen el crecimiento del sector, en promedio, 30 puntos básicos en los primeros 7 meses.

Por su parte, las inundaciones tienen efectos importantes sobre el crecimiento de la actividad agropecuaria, mientras que no se evidencian efectos significativos sobre los precios de los alimentos. Se observa que el impacto negativo sobre la actividad económica agropecuaria es una reducción del crecimiento de 0.30% durante un año.

Estos resultados tienen implicancias importantes:

1. Dado que la agropecuaria es uno de los sectores más importantes en República Dominicana, es indispensable desarrollar tecnologías para la adaptación al cambio climático o fortalecer las estrategias que ayuden a mitigar los efectos evidenciados de estos fenómenos.
2. Es necesario para los hacedores de política conocer los mecanismos de propagación de este tipo de *shocks*, así como su efecto y duración promedio ya que, a menos que se produzca un cambio permanente en la función de producción del sector agropecuario (i.e. adaptación al cambio climático), la incidencia de *shocks* climáticos sobre la dinámica de la inflación de alimentos (y por ende la inflación general) es de carácter transitorio y el alcance de la política monetaria es limitado. En ese sentido, en un marco de metas de inflación, la respuesta adecuada es comunicar a los agentes sobre la naturaleza transitoria del *shock* para limitar la erosión de la credibilidad del Banco Central y el desanclaje de las expectativas.

Por último, los resultados arrojados en esta investigación están condicionados a la medida de sequía/exceso de lluvia construida para las estimaciones, por lo que una extensión interesante sería comparar resultados utilizando distintas metodologías para la elaboración de índices de precipitaciones. Adicionalmente, se podría analizar el impacto de estos fenómenos de manera desagregada, es decir, tomando en cuenta aquellos alimentos de la canasta que sean más vulnerables a las condiciones climáticas.

VII. Referencias

- Avella, R. (2001). "Efecto de las Sequías sobre la Inflación en Colombia" Borradores de Economía 183. Banco de la República de Colombia.
- Banco Mundial. Estudio de Factibilidad de Seguro Agrícola por índices para República Dominicana. Informe de Avance: Seguro de Índices a nivel macro, abril 2013.
- Breusch, T. (1978). "Testing for autocorrelation in dynamic linear models". Australian Economic Papers 17: 334-355.
- Brunner, A. D. (2002). El Niño and World Primary Commodity Prices: Warm Water or Hot Air? Review of Economics and Statistics 84(1), 176-183.
- Cashin, P.; K. Mohaddes y M. Raissi. (2015). "Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño" IMF Working Paper WP/15/89. Fondo Monetario Internacional.
- Centella A, et al. (2006). La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana. Proyecto PNUD/ACDI y Proyecto PNUD/GEF.
- Dell, Melissa, B. F. Jones, y B. A. Olken. (2012). "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century." American Economic Journal: Macroeconomics 4 (3): 66-95.
- Dell, M., B. F. Jones, y B. A. Olken (2014). "What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature". Journal of Economic Literature 52(3), 740-98.
- Efron, B. y R.J. Tibshirani. (1993). "An Introduction to the Bootstrap", Chapman & Hall, New York.
- Gathara, S. et al. (2006). World Meteorological Organization. Impacts of desertification and drought and other extreme meteorological events. World Meteorological Organization.
- Godfrey, L. G. (1978). "Testing against general autoregressive and moving average error models when the regressors include lagged dependent variables", Econometrica 46: 1293-1302.
- Hsiang, S. M., K. C. Meng, y M. A. Cane (2011). "Civil Conflicts are Associated with the Global Climate". Nature 476, 438-441.
- Hsiang, S.M., K.C. Meng. (2015). "Tropical Economics". American Economic Review, Papers & Proceedings, 105(5): 257-261.

Iizumi, T., J.-J. Luo, A. J. Challinor, G. Sakurai, M. Yokozawa, H. Sakuma, M. E. Brown, y T. Yamagata (2014). "Impacts of El Niño Southern Oscillation on the Global Yields of Major Crops". *Nature Communications*, Vol. 5.

Kovats, R.S. y S. Hajat (2008). "Heat stress and public health: a critical review" *Annual Review of Public Health*.; 29:41-55.

Mariano, R.S. y Murasawa, Y. (2003). "A New Coincident Index of Business Cycles Based on Monthly and Quarterly Series" *Journal of Applied Econometrics* , Vol. 18, No. 4, 427-443.

Mayorga, R. Márquez y Hurtado, G. (2006). La sequía en Colombia. Nota Técnica del IDEAM. IDEAM-METEO/004-2006. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

McKee, T. B., N. J. Doesken, y J. Kleist, (1993). "The relationship of drought frequency and duration of time scales". Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186

McKee, T. B., N. J. Doesken, y J. Kleist, (1995). "Drought monitoring with multiple time scales". Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan15-20, 1995, Dallas TX, pp.233-236.

Lutkepohl, H. y M. Kratzig,(Editores) (2004). "Applied Time Series Econometrics" Themes in Modern Econometrics. Cambridge University Press.

Podestá, G et al. (2016). Descripción de índices para el monitoreo de sequía meteorológica implementados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur. Serie Reportes Técnicos - Reporte Técnico CRC-SAS-2015-001.

Tack, J., y D. Ubilava. (2015). "Climate and agricultural risk: measuring the effect of ENSO on U.S. crop insurance. *Agricultural Economics*". 46(2), 245-257.

Tol, R. S. J. (2009). "The Economic Effects of Climate Change". *Journal of Economic Perspectives* 23(2), 29-5

Ubilava, D. (2012). "El Niño, La Niña, and World Coffee Price Dynamics". *Agricultural Economics* 43(1), 17-26.

Fondo Monetario Internacional, "¿Ha vuelto la inflación? Precios de las materias primas e inflación", *World Economic Outlook*, octubre 2008.

World Meteorological Organization. Standardized Precipitation Index, user guide. WMO-No. 1090. 2012.

Figura 1. Lógica del indicador de precipitaciones

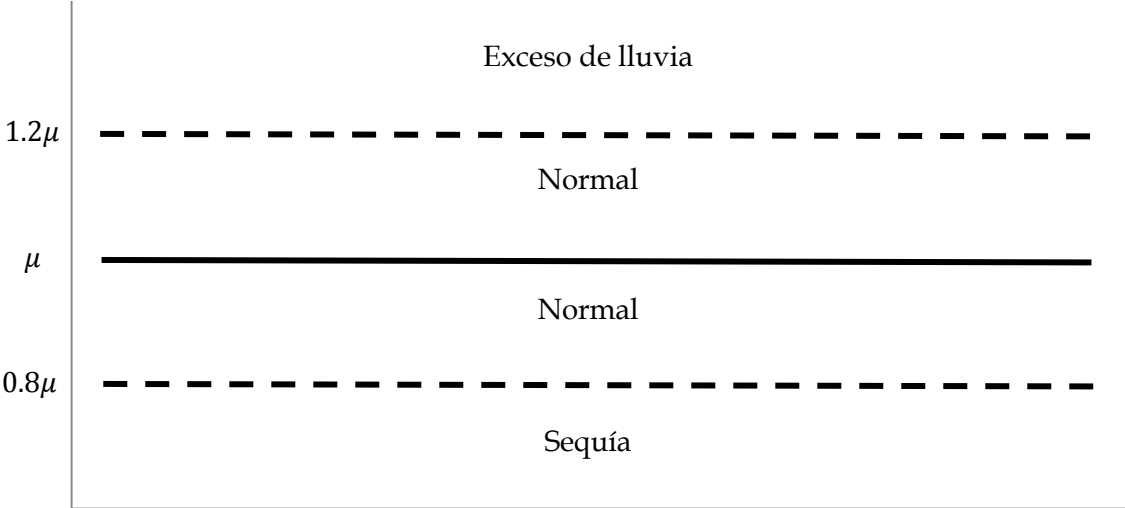
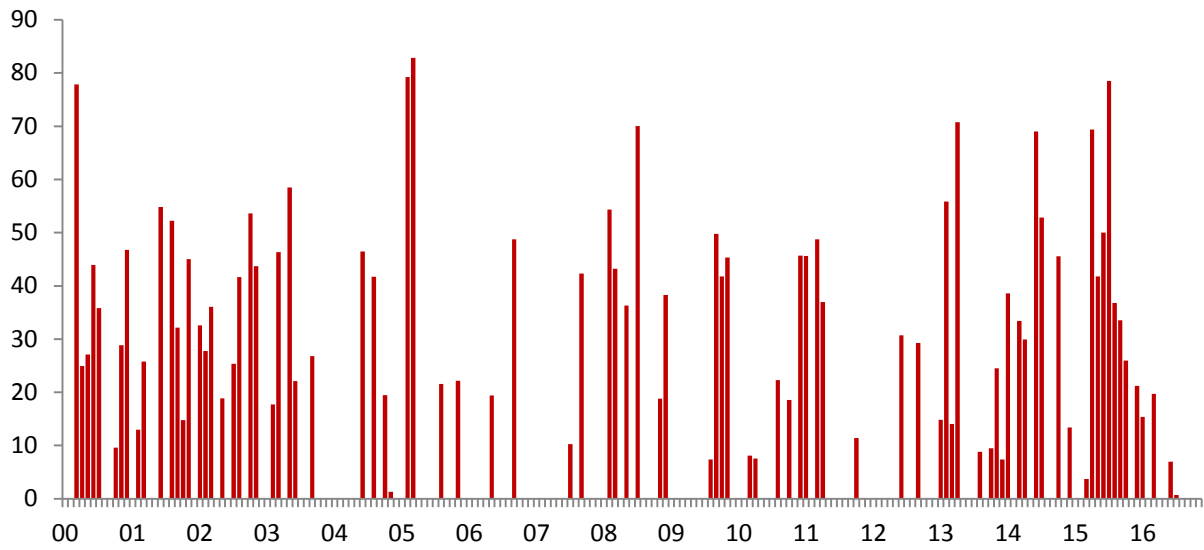
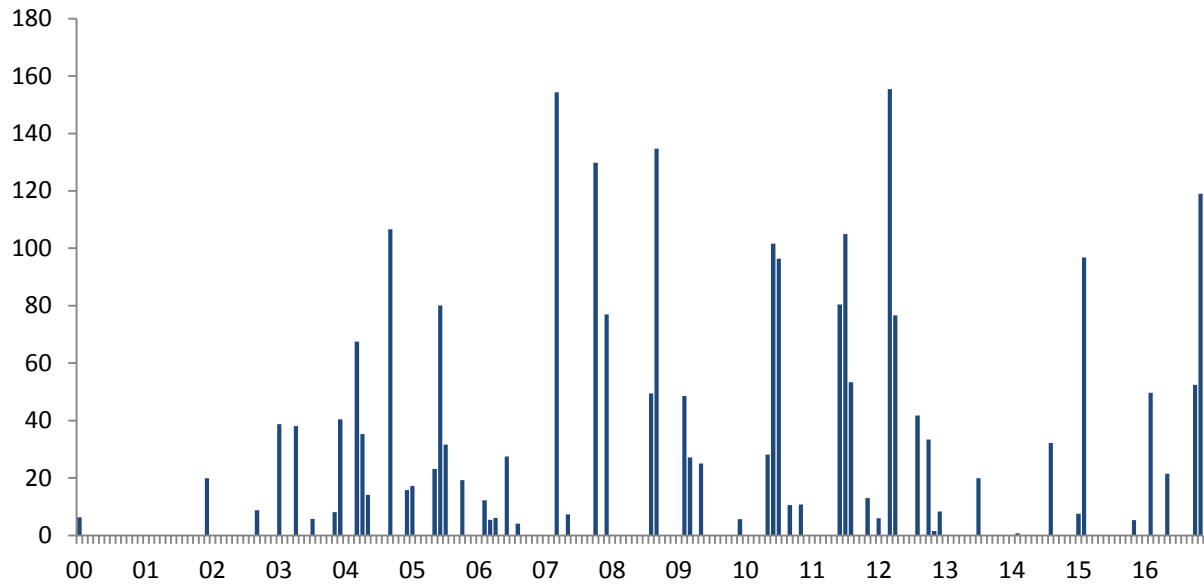


Figura 1. Índice de sequías 2000-2016 (En porcentajes)



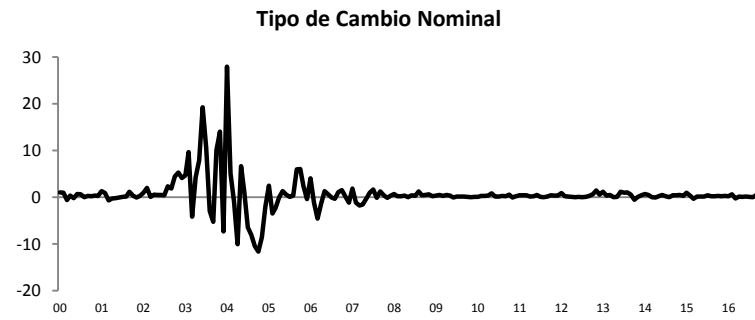
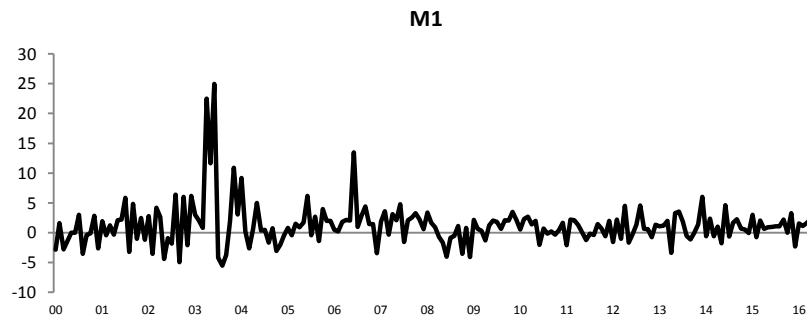
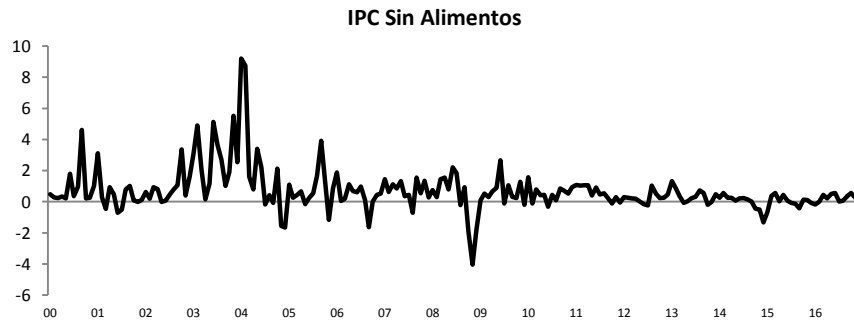
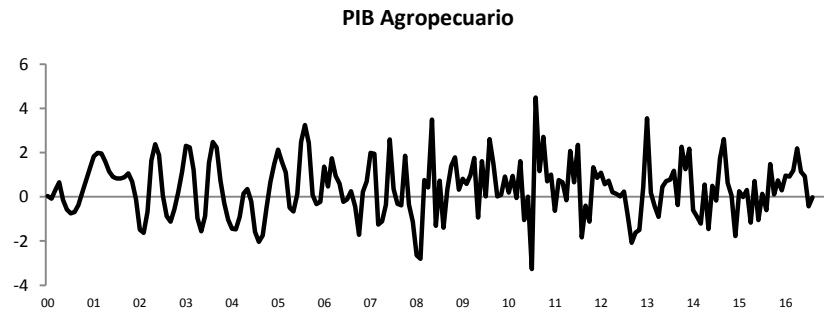
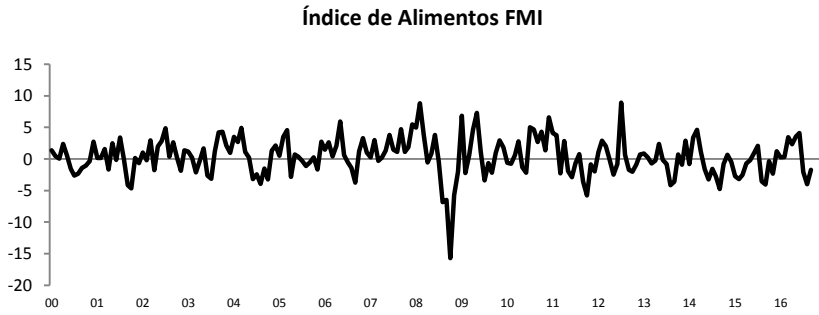
Fuente: Elaborado por los autores con información de ONAMET.

Figura 2. Índice de exceso de precipitaciones 2000-2016 (En porcentajes)



Fuente: Elaborado por los autores con información de ONAMET.

Figura 3. Variables macroeconómicas consideradas



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 4. Respuesta acumulada de los precios y la actividad económica a una caída del nivel de precipitaciones por debajo del nivel normal histórico.

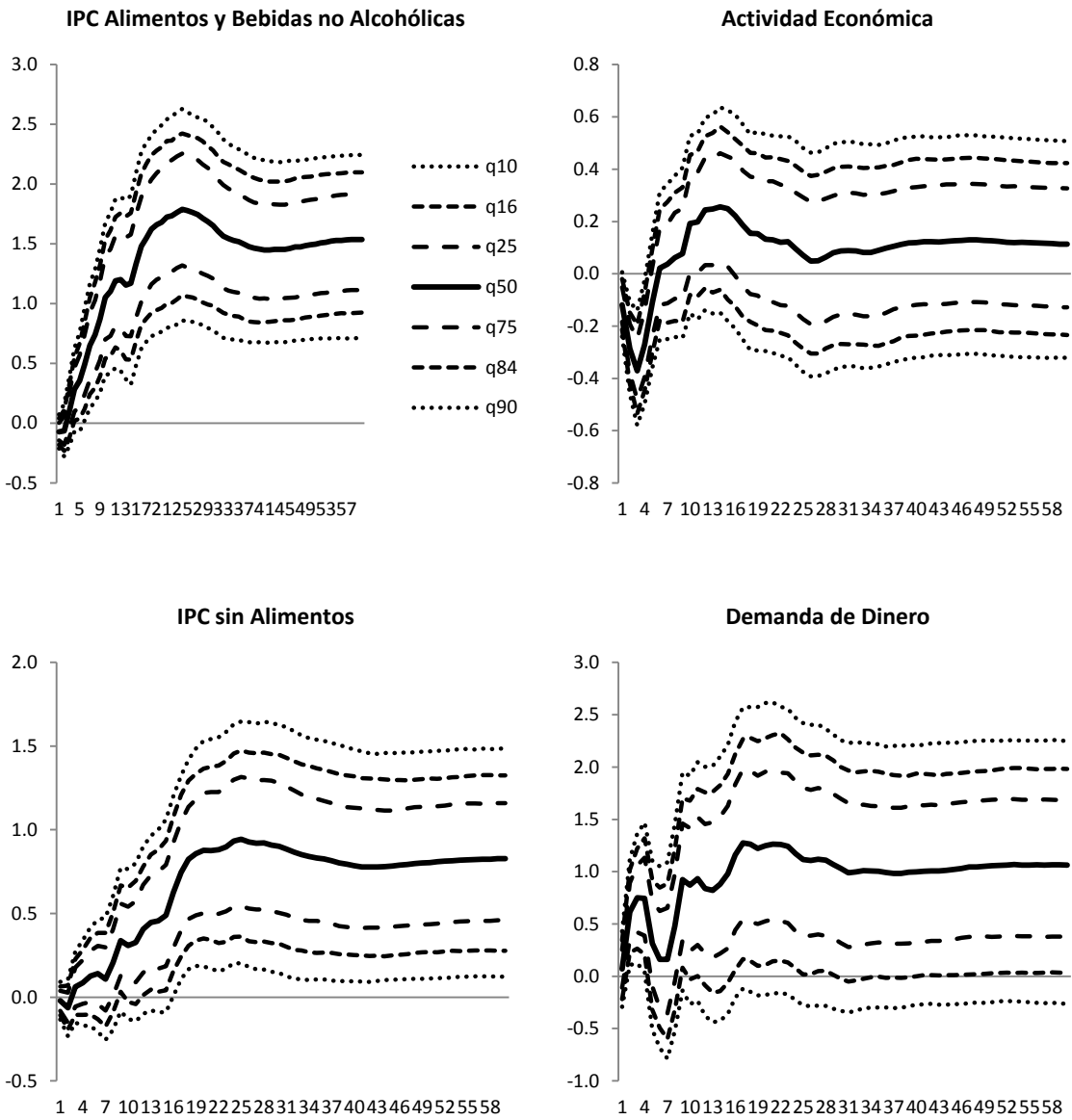


Figura 5. Respuesta acumulada de los precios y la actividad económica a un aumento del nivel de precipitaciones por encima del nivel normal histórico.

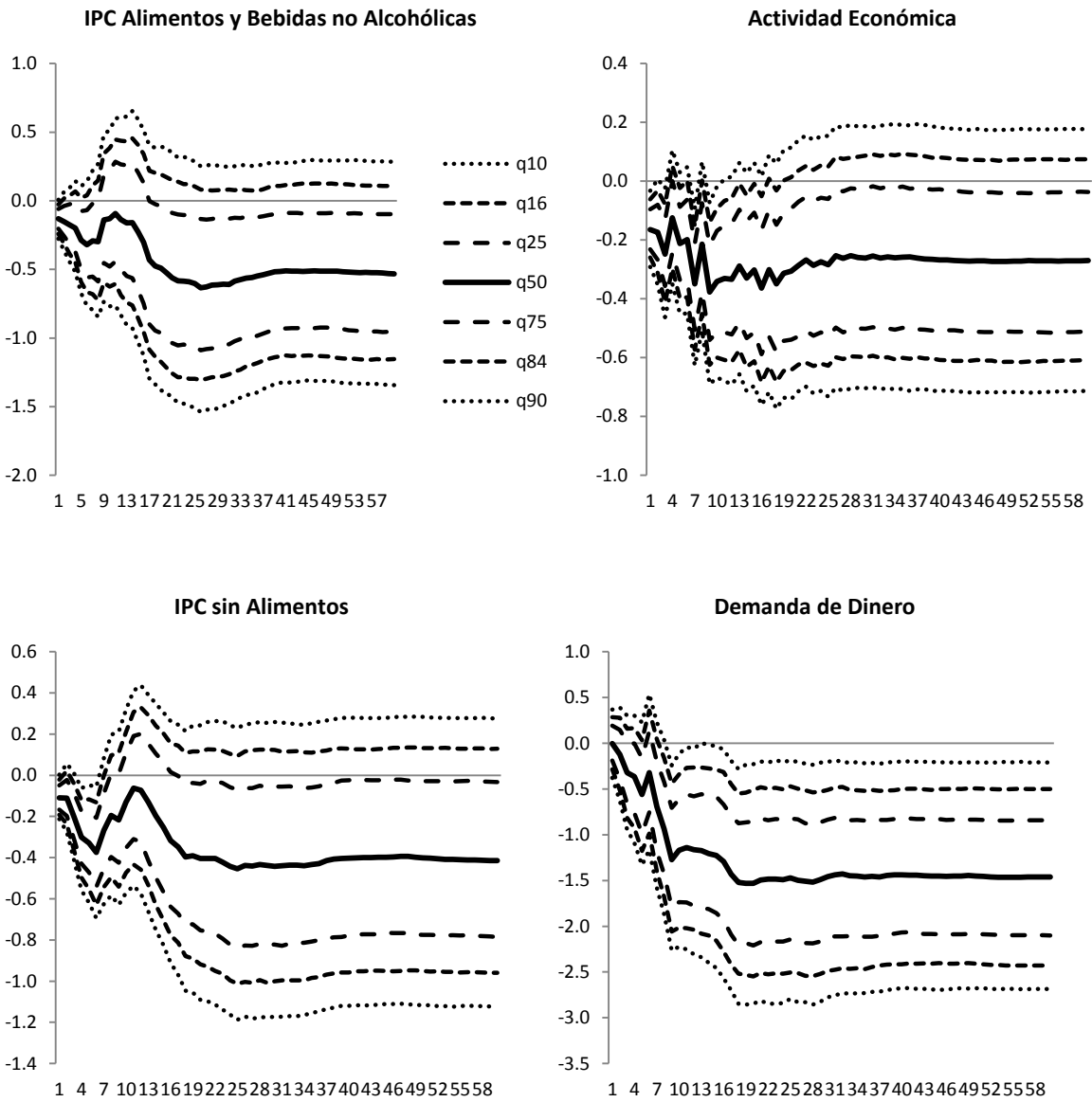


Tabla 1. Estadísticas descriptivas eventos de sequías

Año	Número de Eventos	Duración Meses		
		Promedio	Máx	Mín
2000	2	4.0	5	3
2001	3	2.3	4	1
2002	4	2.0	3	1
2003	3	1.7	2	1
2004	3	1.0	1	1
2005	3	1.3	2	1
2006	2	1.0	1	1
2007	2	1.0	1	1
2008	4	1.5	2	1
2009	1	4.0	4	4
2010	4	1.5	2	1
2011	3	1.7	2	1
2012	2	1.0	1	1
2013	3	2.7	3	1
2014	5	1.4	2	1
2015	2	4.5	8	1
2016	3	1.3	2	1
2000-2016	49	2.0	8	1

Fuente: Elaborado por los autores, en base a informaciones de ONAMET.

Tabla 2. Contrastes de Raíz Unitaria (Dickey Fuller Aumentado)

Variables	Nivel		Primeras Diferencias
	Constante y Tendencia	Constante	Constante
Índice de Alimentos FMI	-2.04	-1.54	-8.73
IMAE	-3.24	-0.12	-4.24
IPC Sin Alimentos	-0.82	-2.80	-4.79
IPC Alimentos y Bebidas No Alcohólicas	-1.43	-1.72	-6.74
M1	-1.45	-1.81	-3.47
Tipo de Cambio Nominal	-2.99	-2.24	-10.70

Fuente: Elaborado por los autores.

Valores críticos: Constante y tendencia: 1% (-4.00); 5% (-3.43); Constante: 1% (-3.46); 5% (-2.88).

Tabla 3. Estadísticas descriptivas: datos mensuales

Estadísticos/VARIABLES	Índice de Alimentos FMI	IMAE	IPC Sin Alimentos	IPC		Tipo de Cambio Nominal
				Alimentos y Bebidas No Alcohólicas	M1	
Promedio	0.3	0.4	0.7	0.7	1.2	0.6
Mediana	0.3	0.5	0.4	0.4	1.0	0.3
Máximo	8.9	5.2	9.2	19.3	25.0	28.0
Mínimo	-15.7	-6.5	-4.0	-4.0	-5.6	-11.7
Desv. Est.	3.0	1.3	1.4	1.9	3.5	3.6
Asimetría	-0.5	-0.4	2.5	4.9	3.0	2.7
Curtosis	6.6	6.3	15.5	43.7	19.6	23.3
Observaciones	203	203	203	203	203	203

Tabla 4. Contraste LM de Correlación Serial para los Residuos del VAR

Rezagos	Est.-LM
1	59.67
2	55.23
3	53.46
4	46.40
5	52.05
6	56.03
7	72.11
8	54.55
9	49.39
10	65.72
11	49.82
12	37.92

Fuente: Elaborado por los autores.

Notas: Hipótesis nula: no correlación serial con el rezago de orden h.

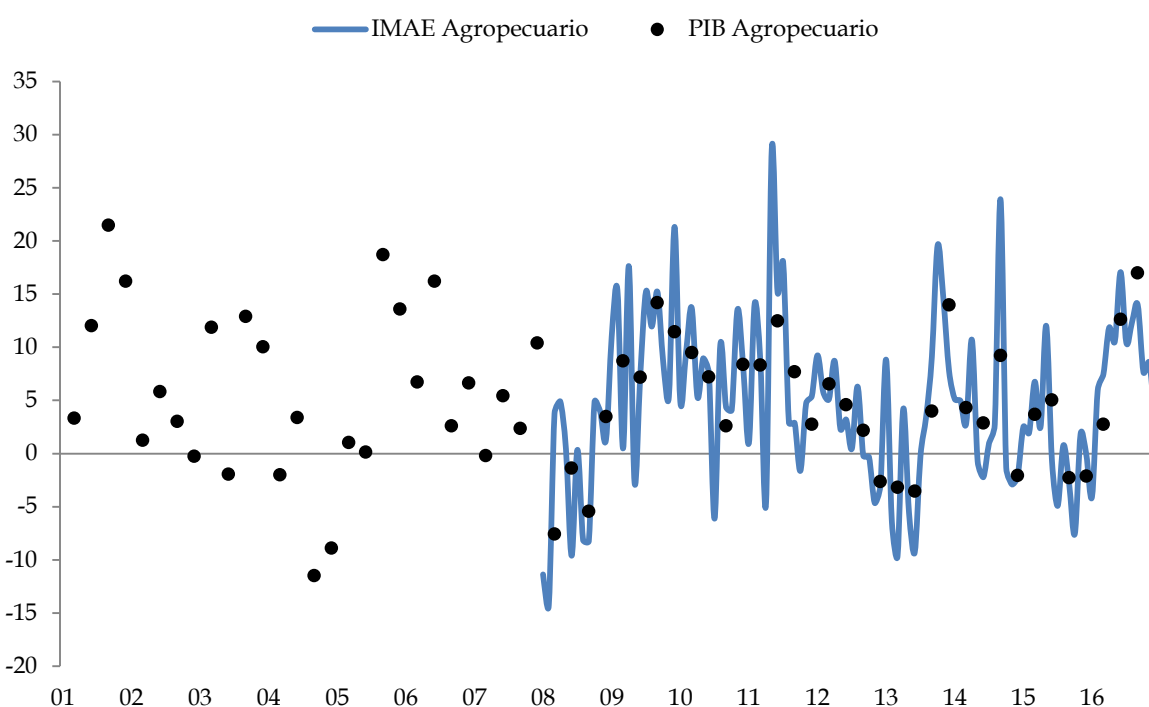
Muestra: enero 2001 - agosto 2016 (191 observaciones).

Prob. de una chi-cuadrada con 49 g.l.

A.1) Estimación del Índice de Actividad económica Agropecuaria Mensual

En este anexo se explica el procedimiento de estimación del indicador de actividad en el sector agropecuario en frecuencia mensual utilizado en las estimaciones. La estrategia consiste en utilizar información del Índice Mensual de Actividad Económica (IMAE) relativa al sector agropecuario, el cual es un índice cuyo año de referencia es 2007 y cuyo promedio de tres meses es el índice de valor agregado agropecuario (PIB Agropecuario). Este índice, tiene la particularidad que está disponible para el período 2008 - 2016. Por su parte, se dispone de la información del valor agregado agropecuario trimestral para el período 2000 - 2016, el cual está relacionado con el IMAE agropecuario. La Figura A.1 muestra las tasas de crecimiento de ambos indicadores.

Figura A.1 IMAE y PIB Agropecuario, Enero 2008-Septiembre 2016 (variación porcentual)



Fuente: Elaborado por los autores con datos del BCRD.

El modelo en su formato estado espacio es el siguiente:

$$y_t^{trim} = \alpha_1 \left[\left(\frac{1}{3}\right) f_t + \left(\frac{2}{3}\right) f_{t-1} + f_{t-2} + \left(\frac{2}{3}\right) f_{t-3} + \left(\frac{1}{3}\right) f_{t-4} \right] + \varepsilon_t^{ytrim}$$

$$y_t^{men} = \alpha_2 f_t + \varepsilon_t^{ymen}$$

$$f_t = \alpha_3 f_{t-1} + v_t,$$

donde f_t es el crecimiento trimestral no observado, cuya dinámica es representada por un proceso auto-regresivo de orden 1 y varianza unitaria. Por su parte, y_t^{trim} es el crecimiento PIB agropecuario trimestral en frecuencia mensual el cual se relaciona con el factor no observable

como el promedio de 3 meses de la tasa interanual observada acorde con la transformación mostrada por Mariano y Murasawa (2003). En el caso de y_t^{men} se asume que esta es proporcional f_t y es medida sin error. La estimación de este modelo se realiza para el período donde se observan datos de cada variable, 2008 - 2016, centradas en sus promedios de dicha muestra. La Tabla A.1 muestra los resultados de la estimación por máxima verosimilitud.

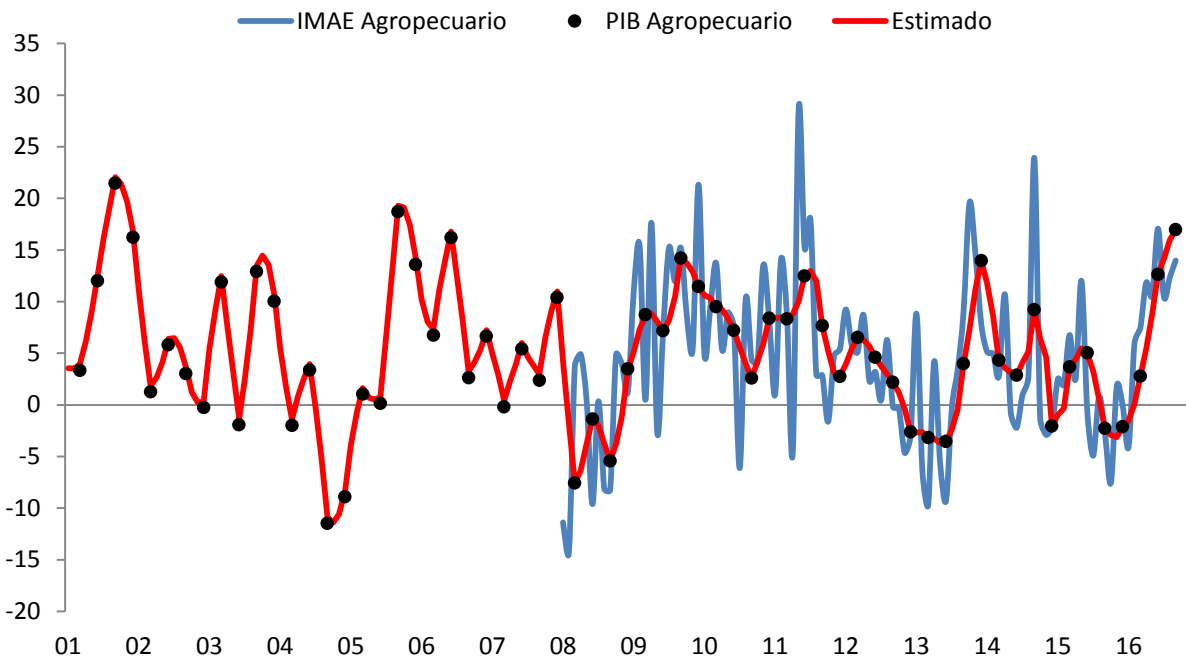
Tabla A.1 Resultados de las Estimaciones

	Coefficientes	Error Estándar	Est. Z	Valor-p	
	α_1	1.698	0.489	3.472	0.001
	α_2	4.695	1.601	2.932	0.003
	α_3	0.690	0.149	4.615	0.000
	σ_{ytrim}^2	2.590	0.614	1.550	0.121
	σ_{ymen}^2	23.596	0.349	9.062	0.000
	Log Lik.	-451.23	AIC 8.449	BIC 8.573	

Fuente: Elaborado por los autores.

Una vez estimado el modelo, se utilizan los parámetros estimados y la información observada del PIB trimestral y se infiere o filtra el valor mensual del mismo. Los resultados se muestran en la Figura A.2.

Figura A.2 IMAE Agropecuario, PIB Agropecuario y PIB Agropecuario Mensual Estimado, Enero 2001-Septiembre 2016 (variación porcentual)



Fuente: Elaborado por los autores.