Precipitaciones y precios de granos básicos en Nicaragua

Néstor Torres Betanco*

Resumen

La agricultura es una actividad económica que depende de factores exógenos como el clima. Así, las condiciones climáticas pueden incidir en la productividad, la producción y por tanto, afectar los precios. Este documento tiene por objetivo estudiar la influencia de choques climáticos (exceso o escasez de lluvias), sobre los precios de granos básicos (frijol, maíz y arroz) en Nicaragua, haciendo uso de un conjunto único de datos climáticos a nivel municipal. Mediante el uso de modelos de Vectores Autoregresivos estructurales con variables exógenas (SVAR-X), se encuentra que los precios de granos básicos en el país responden a las condiciones climáticas de manera heterogénea, i.e., en dependencia de la fase de siembra. Se evidencian incrementos de precios del maíz ante escasez de lluvias durante la fase de siembra de primera. Mientras que el exceso de lluvias presiona al alza los precios del frijol durante la fase de siembra de postrera, pero se asocia con presiones a la baja del precio del arroz en la siembra de primera. Así, un choque climático combinado podría explicar entre 0.7 y 0.8 puntos porcentuales de inflación en el país.

Palabras Clave: Nicaragua, Agricultura, Lluvias, Inflación, SVAR-X
Códigos JEL: O13, Q54, E31, C32

*School of Economics, Universitat de Barcelona. El autor agradece los comentarios de Mario Aráuz y Antonio Brenes. Para comentarios comunicarse al correo: natorres1@uc.cl. El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es) y no necesariamente representa la posición oficial del Banco Central de Nicaragua.

1. Introducción

La agricultura es una actividad económica que depende de diversos factores exógenos como el clima. Esto implica que, en la medida que las condiciones climáticas sean inesperadamente desfavorables (e.g., escasez o exceso de lluvias o temperaturas), entonces esas condiciones pueden tener diversos efectos adversos en la producción agrícola, el rendimiento y los precios de esos productos (véase: Brunner 2002, Brown & Kshirsagar 2015, Letta et al. 2022, Steen et al. 2023).

Algunos estudios han encontrado que un incremento de la temperatura global de 2 grados, podría reducir la producción agrícola en hasta 25 por ciento (Aragón et al. 2021, p.1), lo que resalta la importancia de estudiar la influencia del cambio climático en la agricultura. Similar al efecto de las temperaturas extremas, las condiciones adversas de precipitaciones también son un componente que determina la producción agrícola y sus precios. Los estudios suelen enfocarse en los casos extremos, como exceso de lluvias (i.e., fenómeno de La Niña), así como sequías (i.e., fenómeno de El Niño)[1], donde se suelen encontrar efectos asimétricos en la producción y los precios de bienes agrícolas, dado que existen cultivos que exhiben distinta resistencia a dichas condiciones (Abril-Salcedo et al. 2020, Melo-Velandia et al. 2022).

En este estudio se abordan fenómenos climáticos adversos, particularmente, exceso o escasez de precipitaciones, con el objetivo de evaluar su potencial efecto en los precios de granos básicos (i.e., frijol, maíz y arroz). Para ello, se utilizan datos diarios de precipitaciones en 17 estaciones de monitoreo del país, ubicadas en 15 de los 17 departamentos de Nicaragua, de modo que se construyen indicadores de precipitaciones derivados de las desviaciones porcentuales de lluvias observadas con respecto al promedio histórico (de un mismo periodo), en las principales zonas productoras de cada rubro.

El análisis empírico se realiza usando la metodología de vectores autoregresivos estructurales con variables exógenas (SVAR-X por sus siglas en inglés), utilizando datos mensuales de precios de los tres productos descritos, diferenciando el potencial efecto de los fenómenos climáticos en función del periodo de ocurrencia, es decir, si suceden en fase de siembra de granos de primera (mayo a junio), o en el ciclo de siembra de postrera (agosto a septiembre), además de incorporar otros factores exógenos como precios internacionales de insumos o de exportaciones.

[1] ENSO: El Niño Southern Oscillation.

En el análisis se aíslan los choques exógenos de las variables incluidas, focalizando el análisis en los choques climatológicos adversos, a partir de lo cual se encuentra que los precios de los productos analizados responden de forma heterogénea a la ocurrencia de dichos choques. En particular, se observa que los precios del frijol suelen incrementar luego de un exceso de precipitaciones en fase de siembra de postrera, así como ante las sequías en la fase de primera. En tanto, el precio del maíz responde al alza luego de periodos de escasez de lluvias durante la siembra de primera, mientras que en el caso del arroz, su precio suele manifestar una tendencia a la baja ante periodos lluviosos durante la siembra de primera.

Así, considerando la ponderación de los tres productos dentro de la cesta del Índice de Precios al Consumidor (IPC) de Nicaragua, se estima que, suponiendo la ocurrencia de fenómenos adversos en el 25 por ciento de las zonas productoras de cada tipo de grano, ello se podría asociar con un alza de la inflación general de entre 0.7 y 0.8 puntos porcentuales, estando determinado mayormente por la contribución positiva derivada del aumento de precios del frijol, dada la sensibilidad de los precios de ese producto a las condiciones climáticas, y su peso en el IPC. El exceso de precipitaciones en la fase de siembra de primera se asocia también con reducciones de precios del arroz, los cuales atenúan en parte los incrementos observados en los precios del frijol y del maíz luego de choques climáticos adversos.

El resto del documento se organiza a como sigue: la sección 2 presenta la revisión de literatura. La sección 3 muestra los aspectos metodológicos del estudio. Por su parte, la sección 4 describe los resultados. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

2. Revisión de literatura

En el contexto del cambio climático, hay una necesidad urgente de entender de mejor manera el impacto que las anomalías climáticas tienen en la seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo, particularmente por su impacto en la agricultura (Brown & Kshirsagar 2015, p.31). Esto es importante porque la agricultura es una actividad que depende de distintos factores exógenos como el clima, donde desequilibrios reflejados en sequías o exceso de precipitaciones pueden tener diversos efectos adversos en la producción agrícola, el rendimiento y los precios de esos productos (véase: Brunner 2002, Brown & Kshirsagar 2015, Letta et al. 2022, Steen et al. 2023).

Algunos estudios estiman que en el caso de que la temperatura global incremente 2 grados, la producción agrícola global puede reducirse en torno a 25 por ciento (véase: Aragón et al. 2021, p.1). Se argumenta que este tipo de impacto puede ser mayor en países en vías de desarrollo ubicados en áreas tropicales, donde la probabilidad de ocurrencia de choques adversos es mayor, y además estos pueden ocurrir más rápido y de forma más intensa (Ibid). En algunos países se observa que el calor extremo (i.e., fenómeno de El Niño), ocasiona una reducción de la productividad agrícola, lo que induce a incrementos en las áreas plantadas, con el objetivo de preservar el nivel de producción, como discuten Aragón et al. (2021) y Bandara & Cai (2014).

Adicionalmente, se ha documentado que los fenómenos climáticos como sequías o exceso de precipitaciones (i.e., fenómeno de La Niña) tienen efectos asimétricos. Mientras que el fenómeno de El Niño se ha asociado con mayor incremento de precios de productos agrícolas, el fenómeno de La Niña suele generar incrementos menos marcados, pero más persistentes (Melo-Velandia et al. 2022). Además, la respuesta de los precios a la intensidad del choque climático a menudo es no lineal (Abril-Salcedo et al. 2020).

A nivel internacional se ha estudiado el efecto de disturbancias climáticas en los precios de los productos agrícolas. En Brown & Kshirsagar (2015) se estudian 554 mercados locales de materias primas en 51 países (2008-2012), donde se evidencia que dichas disturbancias climatológicas afectaron a cerca del 20 por ciento de los precios de productos (por fenómenos climáticos internos de cada país), 9 por ciento por precios externos, y 4 por ciento por ambos choques a la vez. Se observa que en economías en desarrollo hay una mayor fracción de bienes primarios que se ven afectados por choques climáticos, comparados con aquellos *commodities* que se transan en mercados internacionales (Brown & Kshirsagar 2015, p.36). En el caso del precio del maíz, se encuentra que el 29 por ciento de los mercados se vieron afectados por choques climáticos, mientras que en el caso del arroz el 15 por ciento de los mercados fueron impactados por esos choques.

Adicionalmente, Brown & Kshirsagar (2015) encuentran que condiciones favorables de lluvias se asocian con caídas importantes de precios del maíz. Específicamente, un aumento de 10 por ciento de un índice estandarizado de condiciones climáticas (condiciones favorables), se asocia con una disminución de 9 por ciento del precio del maíz y 6 por ciento en el precio

del mijo [2] (Brown & Kshirsagar 2015, pp.36-37). Por su parte, en el caso del arroz, la escasez de lluvias se asocia con incrementos de su precio. Con esto, se evidencia que mayores niveles de precipitaciones afectan positivamente la evolución de precios de ese grano.

En países de África, como Etiopía, Hill & Fuje (2020) muestran que el impacto de choques climáticos en precios de productos agrícolas es importante, pero se ha reducido en el tiempo. Se estudian 86 mercados de ventas por menor de granos y se evidencia que, posterior a 2005, un choque climático típico se asociaba con un alza de hasta 4 por ciento en los precios de granos, mientras que antes de ese año el impacto era de hasta 12 por ciento. Esta disminución del impacto inflacionario de choques climatológicos sobre productos primarios, se asoció con la incorporación de políticas antiinflacionarias dependientes de las condiciones climáticas.

Brunner (2002) muestra que en el G-7 una desviación estándar de sorpresa positiva del fenómeno de El Niño, incrementa la inflación de bienes primarios entre 3.5 y 4 puntos porcentuales, dos trimestres luego del choque. El fenómeno de El Niño parece explicar cerca del 20 por ciento de la variabilidad de precios internacionales de *commodities* en los últimos años, explicando con ello cerca del 10 por ciento de la inflación global (Ibid).

Un aspecto importante detrás de los efectos que generan las condiciones climáticas en los precios, es su influencia en las expectativas. Esto porque en la medida que las condiciones climáticas son desfavorables, los agentes pueden internalizar esto y responder a través de incrementos adelantados de precios, al esperar una mayor escasez de producción a futuro, como resultado de los problemas climáticos. Eso se analiza empíricamente en India, donde Letta et al. (2022) estudian la evolución de precios, distinguiendo la ocurrencia de choques adversos en fases de siembra o crecimiento de los cultivos analizados (i.e., maíz, arroz y trigo). Se comparan los choques climáticos ocurridos en periodo de siembra o crecimiento del cultivo, versus los que ocurren en el primer mes de cosecha, lo que revela que las expectativas de los agentes anticipan más del 80 por ciento de la variación futura de precios. Por tanto, el canal de expectativas anticipa una proporción mayor de los efectos biofísicos que generan las distorsiones climáticas, y por tanto, su efecto en precios, lo cual se materializa en el tiempo de la cosecha (Letta et al. 2022, p.1112).

[2] El mijo es un grupo de cereales de grano pequeño que se cultivan principalmente en regiones secas y semiáridas, especialmente en África, Asia y la India.

Por su parte, Ubilava (2017) evidencia que en países desarrollados el fenómeno de El Niño tiende a reducir el precio del trigo, mientras que el fenómeno de La Niña lo tiende a incrementar, siendo similar al hallazgo de Atems & Sardar (2021). Al igual que Letta et al. (2022), en algunos casos se encuentra que el impacto de choques climáticos depende de la fase de los cultivos (Abbas & Mayo 2021, Kyei-Mensah et al. 2019), lo cual puede también determinar su impacto en precios, pues se ha documentado que el fenómeno de El Niño afecta la productividad agrícola. Por ejemplo, en países como Brasil se observa que dicho fenómeno puede disminuir hasta en 50 por ciento la productividad del cultivo de maíz y de frijol (Cirino et al. 2015), teniendo con esto implicancia en sus precios.

El interés de estudiar los efectos de variaciones climáticas extremas no se ha reducido solo a precios de bienes, sino también a instrumentos financieros de esos *commodities*. En Estados Unidos, Atems & Sardar (2021) mencionan que el fenómeno de El Niño tiene un efecto reducido (o nulo) en el indicador en precios de acciones agrícolas y de alimentos, mientras que el fenómeno de La Niña, genera normalmente incrementos en los precios de esos instrumentos. La diferencia de la dinámica del precio de instrumentos es estadísticamente diferente luego de la ocurrencia de un choque climático. Ello es consistente con Steen et al. (2023), donde se muestra que la volatilidad climática no se ha asociado con mayor volatilidad de precios de productos agrícolas. No obstante, contrasta con lo que mencionan Su et al. (2022), pues estos autores evidencian que los precios de contratos de futuros de materias primas (e.g., granos), se ven afectados de forma significativa ante la expectativa u ocurrencia del fenómeno de El Niño en particular.

Abril-Salcedo et al. (2020) estudian la influencia del fenómeno de El Niño sobre la inflación de alimentos en Colombia[3], evidenciando que el fenómeno de El Niño afecta los precios hasta 6 meses luego que ocurre, generando un incremento acumulado de hasta 4.6 puntos porcentuales de inflación. Adicionalmente, encuentran que la respuesta de la inflación de alimentos no es simétrica ante un exceso de lluvias (La Niña) o sequías (El Niño), y además, la respuesta de los precios depende de la severidad del choque climático, siendo una relación no lineal, pues cuando se duplica la intensidad del choque climático, los precios responden de manera más que proporcional.

[3]Utilizan el ENSO Index de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés).

En tanto, Bastianin et al. (2018) muestran también en Colombia que el fenómeno de El Niño y La Niña tienen efectos asimétricos en términos de producción y precios del café, reflejando mejor desempeño durante el fenómeno de El Niño. Los autores señalan que el fenómeno de El Niño se asocia con mayores exportaciones de café, así como con menores precios reales. En tanto, el fenómeno de La Niña, reduce la producción de café, aumentando el precio de ese rubro. No obstante, a largo plazo los choques de demanda son más importantes para explicar la dinámica de precios del café colombiano (Bastianin et al. 2018, p.623).

3. Aspectos metodológicos

3.1. Datos

Para lograr el objetivo del estudio, se utilizan estadísticas mensuales del Índice de Precios al Consumidor (IPC), del frijol, maíz y arroz, proporcionadas por el Banco Central de Nicaragua (BCN) y el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). Además, se hace uso de estadísticas climatológicas de precipitaciones diarias[4], provistas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Las estadísticas climatológicas se desagregan por zonas de monitoreo en 15 de los 17 departamentos del país, de modo que se cuenta con información meteorológica de todos los departamentos, exceptuando Madríz y Boaco. Los datos de precipitaciones se agregan a nivel mensual, considerando información desde enero 2006, hasta diciembre 2020.

Además de la información descrita, se usan estadísticas de factores externos que pueden afectar los precios de granos básicos, como la variación de precios externos de fertilizantes y del crudo WTI (West Texas Intermediate), ambos provenientes de la Reserva Federal de St. Louis. Para el caso particular del frijol, se usan también datos de precios de exportaciones de este producto, con el fin de incorporar las variaciones de precios internos que puedan ser influenciadas por mayor demanda externa[5].

Se identifican las zonas productoras de cada rubro, y con base en ello se define un indicador de ocurrencia de fenómenos climáticos adversos[6], el cual se fundamenta en las desviaciones de las precipitaciones por cada zona (en cada

[4] Las precipitaciones se miden en milímetros.

[5] Las variables se consideran como exógenas a los precios internos de granos.

[6] Variable dicotómica que toma el valor de 1 si hay un evento adverso, y 0 en otro caso.

mes[7]), con respecto al promedio histórico. Eso se hace por fase de siembra: primera (mayo y junio) y postrera (agosto y septiembre). Se definen distintos umbrales para caracterizar la ocurrencia de un evento de exceso o escasez de lluvias, tomando como base 2 o 2.5 desviaciones estándar[8] por encima (exceso) o por debajo (escasez) de la media histórica del correspondiente período. Entonces, el índice i_{jt} de desviaciones del promedio histórico de precipitaciones en la zona j se define como en (1), donde $\bar{r}_j$ indica el promedio de precipitaciones r_t en la zona j. A nivel agregado, se estima un promedio simple de i_{jt} de las 17 zonas de monitoreo por cada mes.

$$(1 + i_{jt}) = \frac{r_{jt}}{\bar{r}_j} \tag{1}$$

Dada la asimetría en las variaciones del índice de precipitaciones (en función del signo), se estima la desviación estándar de variaciones positivas (variación porcentual por encima del promedio histórico), y las variaciones negativas, con el objetivo de evitar la subestimación de los choques negativos (precipitaciones por debajo del promedio histórico), ya que las variaciones negativas están acotadas en un nivel de -100, mientras que las variaciones positivas no tienen un límite establecido.

Debido a que la producción de granos se concentra en algunos departamentos en específico, se construye un índice de severidad de fenómenos climáticos en las principales zonas productoras, el cual es un promedio simple del indicador de ocurrencia de fenómenos climatológicos, con el fin de analizar de manera general cómo pueden reaccionar los precios de granos ante choques climatológicos en las principales zonas productoras. El indicador compuesto de severidad se puede componer de las principales 4 a 8 zonas productoras, garantizando que en conjunto las zonas produzcan el 50 por ciento o más de cada tipo de grano. Esto último sirve también para realizar análisis de sensibilidad.

La selección de las zonas productoras se hace en función de la cantidad histórica de producción por departamento, discutida con más detalle en la sección 3.3. Así, se consideran los principales departamentos productores que superen el 50 por ciento del total acumulado de producción, se ordenan los departamentos por intensidad de producción, y se hace un análisis en función de la cantidad de zonas que sufren choques climatológicos, de acuerdo con el índice construido, para analizar la sensibilidad de los resultados. Ello es

[7]Se agregan los datos diarios por cada zona y mes.

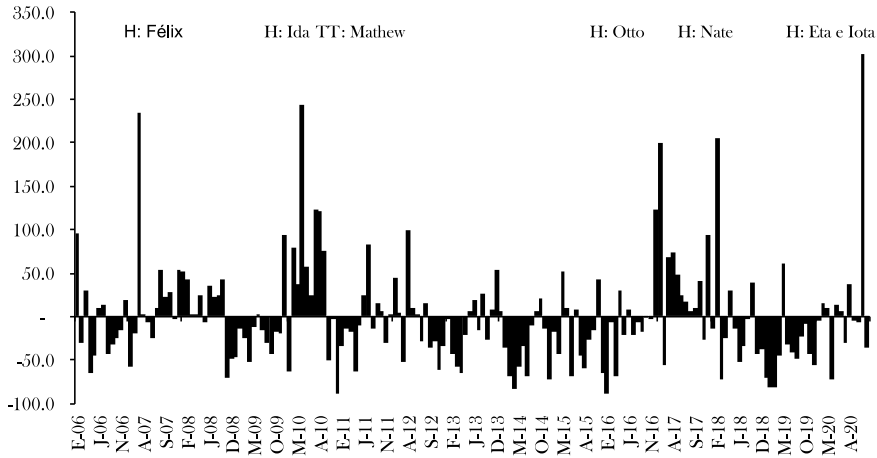
[8]Con esto se incluyen solo aquellos eventos que no están en el 95 por ciento de datos.

importante debido a que con la construcción de los subíndices de choques climatológicos en función de las zonas productoras, se garantiza una mayor consistencia en los resultados, porque aun en presencia de choques climáticos adversos en zonas que no son productoras de granos, sería razonable esperar que los precios de dichos granos no deberían responder a esas anomalías climáticas.

3.1.1. Precipitaciones y requerimientos técnicos de cultivos

Nicaragua es un país con condiciones de precipitaciones relativamente inestables, y suele ser también vulnerable a condiciones climáticas adversas como huracanes. Las estadísticas climatológicas sugieren que en el país se registraron 5 huracanes entre 2006 y 2020, los cuales se han reflejado en el promedio de precipitaciones observado en dicho periodo (los principales eventos se reflejan en la Figura 1). Se debe notar que esos episodios de huracanes o tormentas tropicales ocurren de forma irregular, con distintas magnitudes y sin un patrón en específico, siendo características que reflejan el grado de exogeneidad e imprevisibilidad de este tipo de choques climatológicos.

Figura 1: Variación Porcentual de las Precipitaciones en Nicaragua



Nota:–Variación porcentual (en porcentaje) con respecto a la media histórica de cada mes. H: Huracán. TT: Tormenta Tropical.
Fuente: Elaboración propia, datos de INETER.

Las irregularidades del clima en Nicaragua se observan en distintos indicadores de precipitaciones presentados en la Tabla A3 del anexo. En ese

caso, se observa que una desviación estándar de los desvíos porcentuales de las precipitaciones de cada mes con respecto al promedio histórico equivale a 63.8 por ciento, habiendo zonas en las cuales, en un mes dado, las precipitaciones pueden ser 4 veces superiores a los registros promedio de ese mes, o bien reducirse en más de 89 por ciento. Una variabilidad similar se observa cuando se consideran otros indicadores, como el promedio de precipitaciones de todas las zonas, o las variaciones porcentuales.

Las condiciones climatológicas variables de Nicaragua tienen implicancias en los cultivos de granos, dado que los mismos presentan distintos requerimientos técnicos para su desarrollo. Como muestra la Tabla A4 en anexos, cultivos como el arroz se desarrollan en condiciones de mayor humedad, por lo cual el exceso de precipitaciones que se puede dar en los periodos de siembra puede no tener mayores afectaciones sobre la producción y el rendimiento, dado que es un cultivo que resiste elevados niveles de humedad. Según INATEC (2017)[9], el frijol tiene la particularidad que puede cultivarse en ambientes más húmedos que el maíz, pero menos húmedos que el arroz, de modo que, tanto un exceso como escasez de precipitaciones pueden afectar negativamente este cultivo. El maíz, por su parte, puede ser el cultivo que resista de mejor forma las adversidades del clima, dependiendo mayormente de requerimientos nutricionales para su desarrollo (véase e.g., Benitez-Alfonso et al. 2023).

3.2. Estrategia empírica

En este documento se usa una estrategia de vectores autoregresivos estructurales con variables exógenas (SVAR-X por sus siglas en inglés). Este tipo de modelos[10] se han vuelto populares en macroeconomía, particularmente en presencia de endogeneidad ocasionada por causalidad reversa o simultaneidad de las variables analizadas.

Debido a que se posee información estadística de variables climáticas de distintas zonas geográficas del país, se explota esa característica para tratar de evaluar la potencial heterogeneidad que puede surgir con la ocurrencia de choques de exceso o falta de precipitaciones. En este sentido, se modela la dinámica de precios de granos en función de los choques climatológicos, incorporando factores exógenos, como precios de insumos de producción o precios externos de granos como el frijol, dado que Nicaragua exporta el

[9] Instituto Nacional Tecnológico - Tecnológico Nacional.
[10] Luego de los aportes de Sims (1980).

excedente de producción de este rubro.

Se realiza también una estimación del modelo, utilizando una estrategia de identificación que permite incluir las variables exógenas dentro del conjunto dinámico de variables, esto con el fin de determinar la respuesta de precios de granos, no solo ante choques climáticos, sino para controlar también por el impacto dinámico que pueden tener otras variables exógenas (e.g., precios externos), sobre los precios internos de granos. En este sentido, se crea un índice ponderado de choque de precipitaciones (exceso o falta), en función de la dinámica de precipitaciones en las principales zonas donde se produce frijol, maíz y arroz.

Dado lo anterior, en el sistema del modelo SVAR se incluye la información de la variación de precios (π_t) de cada rubro i en el período t, información del índice de choques de precipitaciones (r_t), variación de los costos laborales en el país (w_t), precios externos de fertilizantes (f_t), así como precios de exportaciones (x_t), con el fin de incorporar factores de demanda[11].

Cabe destacar que en la especificación del SVAR se restringe la dinámica de la variable de precios internos de granos, de modo que esta no genera ninguna influencia (ni contemporánea, ni rezagada) en la dinámica de variables externas. Lo mismo con otras variables como salarios y precipitaciones en zonas del país. Las variables externas también se restringen, de modo que, esas no determinen la dinámica de las precipitaciones en las zonas productoras.

Para dar estructura al modelo SVAR se parte de una especificación similar a la presentada en la ecuación (2), como se detalla a continuación y siguiendo la notación de Enders (2008).

$$BX_t = \Gamma + \Phi X_{t-1} + e_t \tag{2}$$

De ese modo, el mismo se compone de: $r_t, f_t, x_t, w_t, \pi_t$. Dado lo anterior, la expresión (2) se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} 1 & b_{1,2} & b_{1,3} & b_{1,4} & b_{1,5} \\ b_{2,1} & 1 & b_{2,3} & b_{2,4} & b_{2,5} \\ b_{3,1} & b_{3,2} & 1 & b_{3,4} & b_{3,5} \\ b_{4,1} & b_{4,2} & b_{4,3} & 1 & b_{4,5} \\ b_{5,1} & b_{5,2} & b_{5,3} & b_{5,4} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_t \\ f_t \\ x_t \\ w_t \\ \pi_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \\ \gamma_4 \\ \gamma_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & \phi_{1,3} & \phi_{1,4} & \phi_{1,5} \\ \phi_{2,1} & \phi_{2,2} & \phi_{2,3} & \phi_{2,4} & \phi_{2,5} \\ \phi_{3,1} & \phi_{3,2} & \phi_{3,3} & \phi_{3,4} & \phi_{3,5} \\ \phi_{4,1} & \phi_{4,2} & \phi_{4,3} & \phi_{4,4} & \phi_{4,5} \\ \phi_{5,1} & \phi_{5,2} & \phi_{5,3} & \phi_{5,4} & \phi_{5,5} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{t-1} \\ f_{t-1} \\ x_{t-1} \\ w_{t-1} \\ \pi_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e^{r_t} \\ e^{f_t} \\ e^{x_t} \\ e^{w_t} \\ e^{\pi_t} \end{pmatrix}$$

[11] Esta última variable se excluye en la estimación del modelo para la variación de precios de arroz y maíz.

Los residuos del modelo VAR planteado presentan una matriz de varianza-covarianza de la forma $\Sigma_e = e_t^T e_t$, misma que suele tener $\mathbb{E}(e_i, e_j) \neq 0$, lo cual limita la capacidad de interpretar esos "choques", como innovaciones estructurales que puedan propagarse en el sistema del modelo planteado. De ese modo, se emplean algunas restricciones.

La expresión (2), puede normalizarse usando una matriz que restringe las relaciones contemporáneas entre las variables del sistema. Cabe destacar que el orden impuesto en el sistema VAR, permite definir la relación de "causalidad", al momento de imponer restricciones en la matriz Φ, considerando el grado de "exogeneidad"de las variables incluidas. No obstante, se consideran algunas particularidades.

Normalmente, la matriz de relaciones contemporáneas se sustituye por una matriz triangular inferior (i.e., identificación de Cholesky), de modo que las variables más "exógenas"(de la parte superior del vector de variables), no responden a la dinámica de las variables más "endógenas". Sin embargo, en este caso, ello no es razonable, puesto que, por ejemplo, si bien las precipitaciones en Nicaragua podrían afectar los precios de granos en el país, no es razonable pensar que estas afectarán el precio de insumos agrícolas a nivel internacional. De esa forma, la matriz Φ, no puede ser una matriz triangular.

Normalmente, para garantizar que el modelo VAR esté identificado, se incorporan una cierta cantidad de restricciones (Mitra 2006). Ese número de restricciones es equivalente a $(k^2 - k)/2$, donde k es el número de variables del sistema. De ese modo, un sistema de 5 variables necesita 10 restricciones como mínimo. En caso de que se imponga una mayor cantidad de restricciones, eso implica que el modelo se encontraría sobre-identificado (Ibid). Esto significa que metodológicamente se necesitaría estimar una menor cantidad de parámetros.

En la matriz Φ descrita, se incluyen 13 restricciones, de modo que en el modelo se estiman libremente 6 parámetros. Con las restricciones impuestas, se considera que todas las variables poseen influencia en la dinámica de precios de granos en Nicaragua, y se conserva también la relación entre precios externos de granos y salarios del sector primario, dado que mejores condiciones de precios podría suponer una mayor propensión a producir y, por tanto, demandar mano de obra, al ser la agricultura intensiva en el uso de este factor, lo cual podría eventualmente afectar los salarios. Por su parte,

se considera también que el precio de fertilizantes afecta la dinámica de precios locales de granos con un periodo de rezago, pero también los precios de exportación. No obstante, la relación inversa se restringe. Finalmente, se considera que la evolución de precios de exportación (i.e., de frijol), afecta de manera contemporánea los precios al consumidor en Nicaragua.

Además de las restricciones contemporáneas, se usan también otras restricciones de modo que en los rezagos sucesivos, por ejemplo, los precios de granos en Nicaragua no afecten de forma contemporánea o rezagada a las variables externas, pero también otras variables internas como las precipitaciones o los salarios. Con esto se garantiza que las variables externas no respondan en ningún momento a la dinámica de variables internas.

Además de incorporar las restricciones de la matriz Φ, es necesario restringir la matriz de varianzas-covarianzas Σ_e, de modo que los choques contenidos en dicha matriz posean covarianza cero. Con ello, se puede garantizar que las innovaciones que sufren las variables de interés puede afectar a las demás variables (cuando corresponda), de modo que dichas perturbaciones pueden ser identificadas de forma consistente, al no estar correlacionadas con otros factores que pueden 'confundir' el efecto de la innovación estructural de interés.

La expresión (2) se puede expresar como en (3) una vez que se incluye la matriz A que restringe la dinámica contemporánea y rezagada de las variables, pero además, se restringe la matriz de varianzas-covarianzas Σ_e mediante la matriz B. Esto último es muy importante, debido a que permite hacer la identificación estructural en el sistema.

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + u_t \tag{3}$$

Con $A_0 = B^{-1}\Gamma$, $A_1 = B^{-1}\Phi$ y $u_t = B^{-1}e_t$. En este caso, u_t incluye al conjunto de residuos que posee una matriz de varianzas-covarianzas expresada en la matriz identidad. De ese modo, $u_t \sim N(0, I)$, con I siendo la matriz identidad (Enders 2008).

Lo anterior se puede mostrar debido a que $\Sigma_u = u_t^T u_t$ (matriz de varianzas-covarianzas de u_t), debe ser restringida para garantizar que no existe correlación entre los choques. Entonces:

$$\Sigma_u = u_t^T u_t = B^{-1}e_t(B^{-1}e_t)^T = B^{-1}e_t e_t^T (B^{-1})^T \tag{4}$$

De acuerdo con Enders (2008), al tomar valor esperado[12] de la expresión anterior resulta:

$$\mathbb{E}(\Sigma_u) = \mathbb{E}(B^{-1}e_t e_t^T (B^{-1})^T) = B^{-1}\,\mathbb{E}(e_t e_t^T)(B^{-1})^T = B^{-1}\Sigma_e (B^{-1})^T \quad (5)$$

Al expandir $B^{-1}\Sigma_e(B^{-1})^T$, resulta:

$$\begin{pmatrix} 1 & b_{1,2} & b_{1,3} & b_{1,4} & b_{1,5} \\ b_{2,1} & 1 & b_{2,3} & b_{2,4} & b_{2,5} \\ b_{3,1} & b_{3,2} & 1 & b_{3,4} & b_{3,5} \\ b_{4,1} & b_{4,2} & b_{4,3} & 1 & b_{4,5} \\ b_{5,1} & b_{5,2} & b_{5,3} & b_{5,4} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \underbrace{\begin{pmatrix} \sigma_r^2 & \sigma_{r,f} & \sigma_{r,x} & \sigma_{r,w} & \sigma_{r,\pi} \\ \sigma_{f,r} & \sigma_f^2 & \sigma_{f,x} & \sigma_{f,w} & \sigma_{f,\pi} \\ \sigma_{x,r} & \sigma_{x,f} & \sigma_x^2 & \sigma_{x,w} & \sigma_{x,\pi} \\ \sigma_{w,r} & \sigma_{w,f} & \sigma_{w,x} & \sigma_w^2 & \sigma_{w,\pi} \\ \sigma_{\pi,r} & \sigma_{\pi,f} & \sigma_{\pi,x} & \sigma_{\pi,w} & \sigma_\pi^2 \end{pmatrix}}_{\text{varianzas-covarianzas}} \left[\begin{pmatrix} 1 & b_{1,2} & b_{1,3} & b_{1,4} & b_{1,5} \\ b_{2,1} & 1 & b_{2,3} & b_{2,4} & b_{2,5} \\ b_{3,1} & b_{3,2} & 1 & b_{3,4} & b_{3,5} \\ b_{4,1} & b_{4,2} & b_{4,3} & 1 & b_{4,5} \\ b_{5,1} & b_{5,2} & b_{5,3} & b_{5,4} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \right]^T$$

3.3. Producción, rendimiento y exportación de granos

La producción agrícola en Nicaragua ha manifestado un incremento significativo en los últimos años, lo que ha sido particularmente evidente en la producción de arroz y frijol (véase Tabla 1). De acuerdo con datos del BCN, entre el ciclo agrícola de 2013/14 y 2020/21, la producción de arroz incrementó 29.2 por ciento, produciendo 5.8 millones de quintales (qq) en el ciclo 2020/21, en una área sembrada de 105 mil manzanas (mz). Así, el rendimiento promedio se situó en 55.3 quintales por manzana (qq/mz), con lo que el rendimiento de la producción de arroz incrementó 15.7 por ciento entre 2013 y 2021, y en 2022 el país produjo arroz para abastecer el 72 por ciento de la demanda local (Bolsagro, 2023).

La tendencia de la producción de frijol fue similar a la observada en la producción de arroz. En el ciclo 2020/21 se produjeron 4.7 millones de quintales en un área de 344.7 mil manzanas. Con eso, el rendimiento de este producto fue de 13.5 quintales por manzana. Debido a que en el país el consumo aparente de frijol es inferior a la producción, el excedente se exporta. Se estima que en el país se consumieron 3 millones de quintales, por lo que en ese periodo las exportaciones fueron cercanas a 1.7 millones de quintales (2 millones de qq en 2022). Entre el ciclo agrícola 2013/14 y 2020/21 se reflejó un incremento de 14 por ciento en la producción de frijol, y 5.3 por ciento en el rendimiento promedio por manzana (12.8 qq/mz en 2013/14 a 13.5 qq/mz en 2020/21), sugiriendo que el incremento del rendimiento o

[12] El operador de valor esperado afecta solo a la matriz de elementos variables. La matriz B define coeficientes constantes de relaciones contemporáneas.

la productividad del frijol no ha sido tan alta (como en el caso del arroz), misma que se ha mantenido estancada desde el ciclo 2016/17.

Tabla 1: Producción y Rendimiento de Granos Básicos

Ciclo	Arroz			Frijol			Maíz blanco		
	Área	Produc.	Rend.	Área	Produc.	Rend.	Área	Produc.	Rend.
2013/14	94.0	4,493.2	47.8	318.5	4,079.9	12.8	593.2	10,878.6	18.3
2014/15	94.3	4,583.2	48.6	352.1	3,510.1	10.0	444.2	7,947.7	17.9
2015/16	77.6	4,445.1	57.3	318.8	3,280.9	10.3	384.0	6,423.9	16.7
2016/17	95.3	5,090.2	53.4	356.0	4,009.4	11.3	501.0	9,052.7	18.1
2017/18	96.6	5,145.4	53.2	319.9	4,261.9	13.3	454.3	9,004.0	19.8
2018/19	99.0	5,333.7	53.9	326.2	4,347.7	13.3	403.4	8,713.1	21.6
2019/20	104.9	5,701.8	54.3	325.8	4,343.5	13.3	431.0	8,821.6	20.5
2020/21	105.0	5,807.4	55.3	344.7	4,649.7	13.5	424.7	8,182.3	19.3

Nota: Área en miles de manzanas. Producción en miles de quintales. Rendimiento en quintales (qq) por manzana (mz).
Fuente: Elaboración propia, datos del BCN y MAG.

Por otro lado, el maíz (blanco) ha reflejado una tendencia a la baja en cuanto a la producción local. Particularmente, en el ciclo 2020/21 se produjeron 8.2 millones de quintales (supliendo la demanda local), de un área total de 424.7 mil manzanas. Así, la producción total de este rubro se redujo 24.8 por ciento contrastado con la producción nacional en el ciclo agrícola 2013/14, a pesar del incremento de 5.1 por ciento del rendimiento por manzana. Al igual que sucede con el frijol, en el país la mayor producción se ha dado por una mayor área sembrada, pues la productividad o rendimiento por manzana prácticamente se ha estancado desde 2016, incluso reflejando disminución desde 2018. Esto sugiere que la producción de granos en el país es extensiva, contrastando con los procesos intensivos donde la producción agregada crece debido a incrementos de la productividad por área cosechada.

Según los datos del IV Censo Nacional Agropecuario (IV-CENAGRO 2010) de INIDE, se observa que en ese ciclo agrícola la mayor concentración de área de siembra del frijol se observó en Matagalpa, Jinotega, la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN), y en Nueva Segovia. Estos departamentos son también parte de los principales productores de otros granos como el maíz (Tabla 2). Particularmente, los 4 departamentos concentraron casi el 60 por ciento del área sembrada de frijol en el ciclo 2010/11, y la mitad del área sembrada de maíz.

Tabla 2: Área de Sembrada de Granos Básicos en 2010

Departamento	Frijol		Maíz		Arroz			
	Área	Peso(%)	Área	Peso(%)	Secano	Riego	Área	Peso(%)
Boaco	10,718	3.3	18,050	4.1	10	5,522	5,532	5.5
Carazo	5,333	1.7	5,553	1.3	1,442		1,442	1.4
Chinandega	6,409	2.0	27,268	6.2	5,971		5,971	6.0
Chontales	5,182	1.6	9,513	2.2	412	4,149	4,561	4.6
Estelí	18,207	5.7	12,792	2.9	10		10	0.0
Granada	4,107	1.3	3,553	0.8	1,937	13,817	15,754	15.8
Jinotega	55,693	17.4	76,855	17.4	2,985		2,985	3.0
León	6,995	2.2	25,718	5.8	1,257	6,180	7,437	7.4
Madríz	12,952	4.0	10,076	2.3	6		6	0.0
Managua	5,214	1.6	15,448	3.5	296	10,096	10,392	10.4
Masaya	3,816	1.2	5,577	1.3	539		539	0.5
Matagalpa	56,311	17.5	57,459	13.0	347	13,983	14,330	14.3
Nueva Segovia	36,866	11.5	29,268	6.6	1,070		1,070	1.1
RACCN	41,991	13.1	58,179	13.2	10,109		10,109	10.1
RACCS	25,124	7.8	55,969	12.7	4,782		4,782	4.8
Río San Juan	16,801	5.2	20,739	4.7	3,215	4,147	7,362	7.4
Rivas	9,240	2.9	8,957	2.0	6,327	1,254	7,581	7.6

Nota: Área sembrada en manzanas (mz). Peso relativo del área sembrada de cada departamento en el área total. El área sembrada de arroz secano y de riego conforman el área total de arroz.
Fuente: Elaboración propia, datos del IV-CENAGRO 2010.

Por su parte, en cuanto al área sembrada de arroz, se observa que la RACCN, la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), Rivas y Chinandega representaron casi el 70 por ciento del área sembrada de arroz secano. Esto es importante, dado que el arroz secano está más expuesto a las condiciones climáticas, a diferencia del arroz de riego, al cual se le suele suministrar agua de forma controlada, por lo que ello puede hacer que este rubro sea menos sensible a choques climatológicos adversos (e.g., sequías). Cabe destacar que si se considera el arroz de riego, otros departamentos como Granada, Matagalpa o Managua concentran la mayor superficie de siembra en el territorio nicaragüense.

Tabla 3: Producción de Maíz por Departamento

Departamento	Producción de maíz (qq)		
	Rend. (qq/mz)	Producción 2001	Producción 2010
Boaco	15.2	262,990	274,360
Carazo	6.2	36,704	34,429
Chinandega	12.8	455,642	349,030
Chontales	13.1	120,389	124,620
Estelí	14.8	174,758	189,322
Granada	10.7	53,821	38,017
Jinotega	26.6	1,982,445	2,044,343
León	11.5	334,121	295,757
Madríz	17.5	134,313	176,330
Managua	9.8	141,953	151,390
Masaya	16.6	118,175	92,578
Matagalpa	16.6	924,952	953,819
Nueva Segovia	27.3	581,545	799,016
RACCN	13.0	952,822	756,327
RACCS	12.7	1,151,217	710,806
Río San Juan	7.0	198,968	145,173
Rivas	13.4	115,856	120,024

Nota: Rendimiento de quintales (qq) por manzana (mz). Rendimiento del maíz (diversas variedades) tomado de Cajina & Moreno (2017). Producción aproximada suponiendo que el rendimiento se mantiene invariante entre periodos (véase la Tabla 1).
Fuente: Elaboración propia, con datos de INIDE.

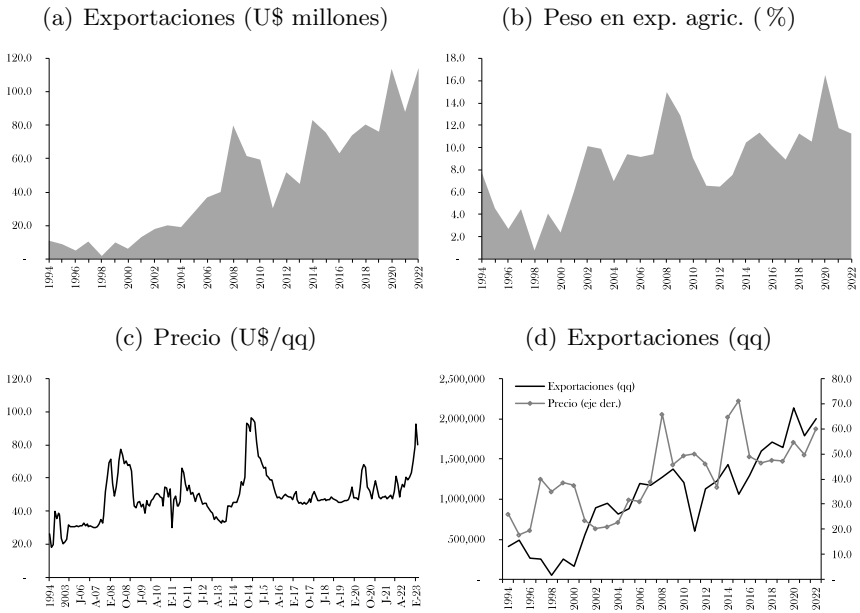
3.3.1. Exportaciones de granos

Debido a que en Nicaragua solamente la producción de frijol supera la demanda local, el excedente de este producto se exporta. Entre 1994 y 2022, Nicaragua ha exportado en promedio 45.7 millones de dólares anualmente (U$114.2 millones en 2022), por lo que la preponderancia de las exportaciones de frijol en las exportaciones agrícolas ha sido de 8.5 por ciento, como muestra la Figura 2.

Lo anterior se ha traducido en un promedio anual de 1 millón de quintales exportados en ese periodo. Considerando el nivel agregado de producción de este rubro, cerca del 40 por ciento de la producción nacional se ha exportado en los últimos años. El precio de las exportaciones de frijol ha

sido relativamente volátil desde 1994, con una tendencia general al alza. En promedio, el precio por quintal de frijol exportado ha sido de 41 dólares (en 1994-2022), con un máximo de 64.7 dólares en 2014.

FIGURA 2: Exportaciones de Frijol



Nota: Exportaciones agrícolas (exp. agric.). qq: quintales. U$: dólares.
Fuente: Elaboración propia, datos del BCN.

Cabe destacar que en la medida que los precios de exportación del frijol han incrementado, el volumen exportado también lo ha hecho. En particular, ambos indicadores reflejan una correlación de más de 57 por ciento, sugiriendo que, cuando los precios externos son altos, puede haber una disminución de la disponibilidad de este grano para el mercado local, al destinarse un mayor volumen dirigido a la exportación, ya que la producción agregada se ha mantenido relativamente estable.

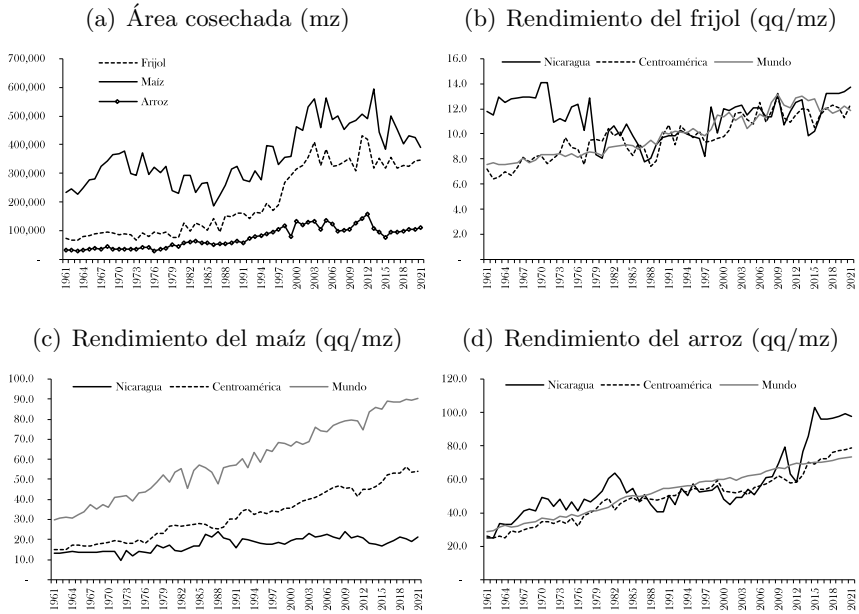
3.4. Comparativa de rendimiento de cultivos

Históricamente, en Nicaragua la producción de granos ha sido importante. Si se considera la información de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), la mayor representatividad de cultivos (en función del área cosechada), ha sido el maíz y el frijol.

Entre 1960 y 2021 se han sembrado en promedio 361.3 mil manzanas de maíz y 201.9 mil manzanas de frijol, presentando una tendencia creciente, particularmente en el caso del frijol (Figura 3).

Un aspecto clave de la agricultura es el rendimiento por área cosechada. Si se compara la evolución del rendimiento del frijol en Nicaragua (qq/mz), con respecto al promedio mundial o el rendimiento de la región centroamericana, se observa que el país presenta un rendimiento ligeramente superior al promedio de Centroamérica, el cual ronda los 13 quintales por manzana. No obstante, el rendimiento del cultivo es inferior al registrado a principios de la década de 1970. Esto indica que el incremento de la producción en el país, proviene particularmente de mayores extensiones de áreas cosechadas, y no necesariamente por mayores niveles de productividad o rendimiento de las superficies de siembra.

Figura 3: Área Cosechada y Rendimiento de Cultivos



Nota: Rendimientos convertidos de hectogramos por hectárea, a quintales por manzana. 1 manzana equivale a 0.7 hectáreas. Y, 1 quintal equivale a 100 libras.
Fuente: Elaboración propia, datos de la FAO.

En el caso del maíz, el promedio de rendimiento en Nicaragua es sustancialmente inferior al de la región centroamericana y el promedio

mundial. En 2021 Nicaragua registró 21.1 quintales por manzana cosechada de maíz, mientras que en Centroamérica ese promedio fue de 53.9 quintales, y 90.5 quintales en el promedio mundial. Por su parte, el rendimiento por manzana del cultivo de arroz en Nicaragua ha sido históricamente similar al observado a nivel global. Sin embargo, según la información de la FAO, en Nicaragua el rendimiento del arroz incrementó de forma importante desde 2013, lo cual se puede asociar con los procesos de tecnificación de ese rubro implementados desde inicios de la década.

3.5. Evolución de precios de granos

Debido a la naturaleza en la que se cultivan los productos agrícolas, tanto su volumen producido, como sus precios, pueden ser muy volátiles. Esto porque la agricultura depende de diversos aspectos exógenos (no controlados), como las condiciones climáticas, o los precios internacionales de insumos. En Nicaragua se observa que el frijol es el rubro que refleja la mayor volatilidad de precios, seguido por el maíz y el arroz. En particular, desde 2006 el promedio de inflación anual del frijol ha sido de 17 por ciento, 12.6 por ciento en el caso del maíz, y 8.6 por ciento en el arroz.

Tabla 4: Estadísticos de la Inflación de Granos

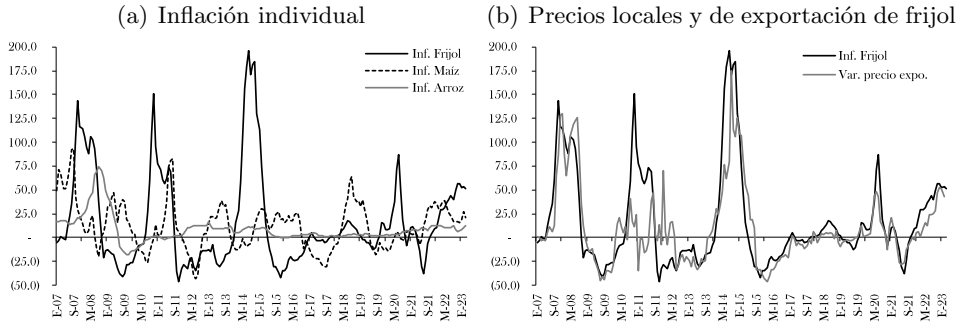
Producto	Periodo	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Est.
Frijol	E06-M23	17.0	196.3	(46.0)	50.1
Maíz	E06-M23	12.6	93.6	(43.3)	25.1
Arroz	E06-M23	8.6	74.4	(17.6)	14.0

Nota: Variación interanual del IPC en porcentaje (%). Datos negativos entre paréntesis. E: enero. M: marzo.
Fuente: Elaboración propia.

La mayor volatilidad del precio del frijol se refleja en una desviación estándar de 50 por ciento de su variación interanual de precios, con incrementos máximos que han supuesto casi la triplicación de su precio entre un año y otro (Tabla 4). Cabe destacar que la variación de precios más alta en el precio del frijol se dio en 2014, coincidiendo con los precios más altos de exportación en el país. De hecho, entre la dinámica de precios internos del frijol, con los precios de exportación de ese rubro, reflejan una correlación superior a 78 por ciento (Figura 4). Esto sugiere que, en la medida que los precios externos son altos, eso no solo podría generar una menor disponibilidad de grano para la demanda local, sino que también podría influenciar al alza los precios domésticos.

A pesar de la importante volatilidad del precio del frijol, si se construye un índice de precios de granos, determinado por la ponderación individual en el IPC[13], la volatilidad del índice compuesto se reduce (inflación promedio de 10.4 % entre 2006 y 2022), debido a que el arroz es el producto que tiene el mayor peso entre los tres productos, representando el 76.1 por ciento de la variabilidad del índice, seguido por el frijol con 23.3 por ciento. De ese modo, a pesar de que el frijol sea un producto cuyo precio es muy volátil, debido a su menor representatividad en la cesta de productos incluida en el IPC de Nicaragua, las variaciones abruptas de precios de ese producto debería de tener un efecto menos intenso, contrastado con el caso en el cual sea el arroz el que manifieste tal volatilidad.

Figura 4: Variación Interanual de Precios de Granos



Nota: Variación en porcentaje. Inf: inflación.
Fuente: Elaboración propia, datos del BCN.

[13]El precio del arroz tiene una ponderación de 2.6 por ciento en el IPC general.

4. Resultados

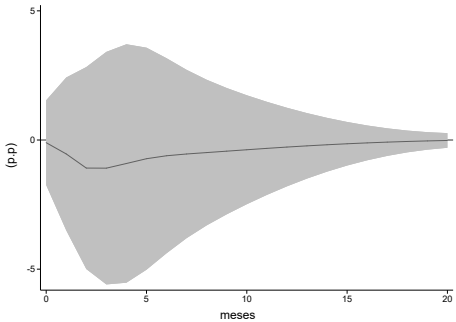
Los resultados se presentan por cada rubro, dado que es razonable pensar que esos cultivos pueden responder de forma distinta a los choques climáticos en dependencia de la naturaleza de los mismos. Así, se analiza cómo responden los precios de los granos ante exceso y escasez de lluvias en las dos principales fases de siembra: primera y postrera. La fase de primera se implementa normalmente entre mayo y junio, mientras que la fase de postrera puede darse entre agosto y septiembre. Así, estos meses se usan para condicionar la ocurrencia de choques climatológicos, los cuales se analizan a continuación.

4.1. Frijol

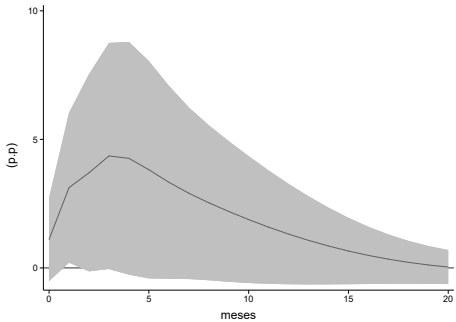
Los resultados de las estimaciones para el caso de la inflación de precios del frijol, sugieren que los precios de dicho grano incrementan de forma significativa cuando se presentan un exceso de precipitaciones en el periodo de siembra de postrera, pero también hay presiones al alza cuando en la fase de siembra de primera se manifiesta escasez de lluvias. Si se considera un umbral de 2 o 2.5 desviaciones estándar por encima del promedio histórico de lluvias en los meses de siembra de primera y postrera, las estimaciones indican que eso se puede asociar con un alza de hasta 10 puntos porcentuales en la inflación de ese grano, luego de 3 o 4 meses de ocurrencia del fenómeno climático adverso. En el caso de escasez de lluvias en la fase de siembra de primera, la respuesta es positiva y sigue una dinámica similar a la descrita anteriormente, pero el alza de precios observada es menor a la mitad del que se observa luego de choques de exceso de lluvias en siembra de postrera.

FIGURA 5: Respuesta de Precios del Frijol a Exceso/Escasez de Precipitaciones

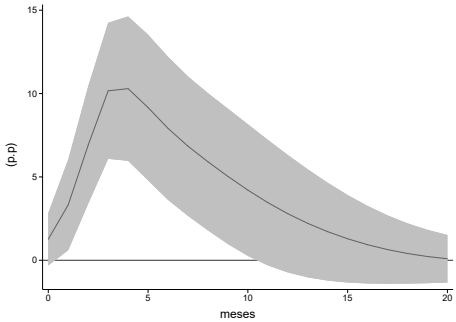
(a) Exceso de precipitaciones (primera)



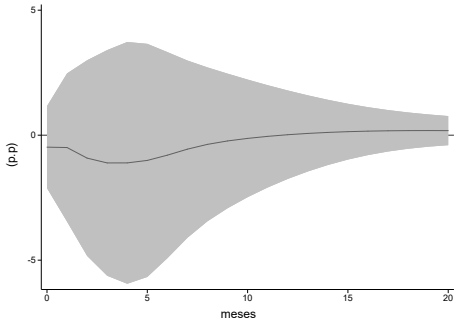
(b) Escasez de precipitaciones (primera)



(c) Exceso de precipitaciones (postrera)



(d) Escasez de precipitaciones (postrera)



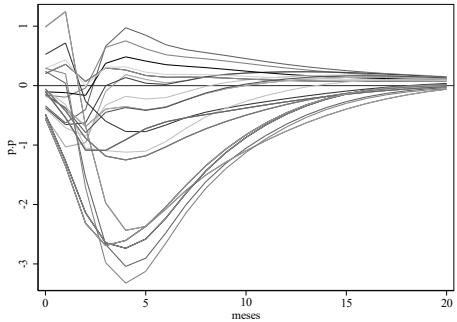
Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define por ± 2.5 desviaciones estándar de las diferencias porcentuales de las precipitaciones, con respecto a la media histórica. El área sombreada refleja un intervalo de confianza de 90 por ciento. Modelo estimado con 3 rezagos elegidos según criterios informativos. La fase de primera se define entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre. Incluye información de precipitaciones en 5 de las principales zonas productoras.
Fuente: Elaboración propia.

La sensibilidad del precio del frijol en Nicaragua en la fase de siembra de primera y postrera es coherente con la proporción de siembra que se da en ambas fases, pues en los últimos años la producción ha sido similar en primera y postrera (Figura A1, en la Sección de Anexos), de modo que la producción puede estar expuesta en ambos casos a los fenómenos climatológicos adversos, lo cual en su efecto puede influir en la evolución del precio de ese producto.

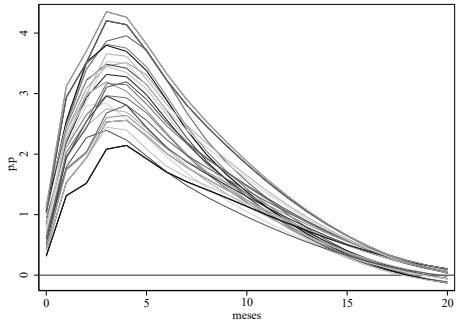
Adicional a lo anterior, se realiza un análisis de sensibilidad de la respuesta del precio del frijol a los choques climáticos adversos. En este, se contemplan distintos umbrales para determinar el choque de precipitaciones, esto es, desde 1 hasta 2.5 desviaciones estándar por encima o debajo de la media histórica en las 5 o 6 principales zonas productoras de frijol. En este análisis se observa que la trayectoria de la respuesta de la inflación de precios del frijol no suele diferir de lo mostrado inicialmente en las distintas fases de siembra. Además, se valida la relevancia de choques de exceso de lluvias en periodos de postrera, y la escasez en periodo de siembra de primera, siendo estos eventos los que reflejan mayor impacto en los precios del frijol. En esos dos casos, las respuestas suelen ser distintas de cero estadísticamente, en las diferentes simulaciones.

FIGURA 6: Sensibilidad de la Respuesta de Precios del Frijol a Exceso/Escasez de Lluvia

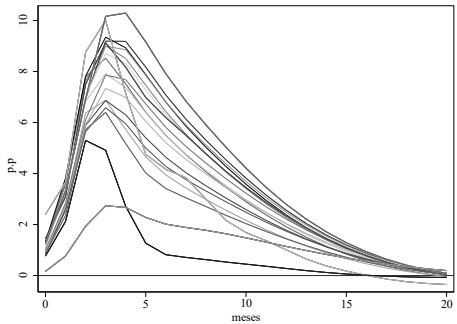
(a) Exceso de precipitaciones (primera)



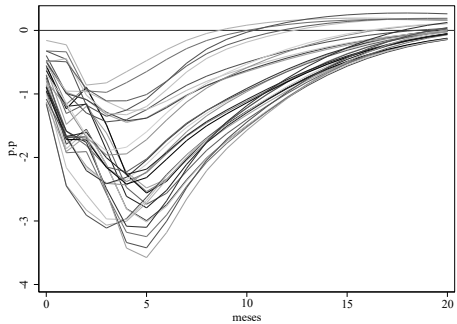
(b) Escasez de precipitaciones (primera)



(c) Exceso de precipitaciones (postrera)



(d) Escasez de precipitaciones (postrera)



Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define de 1 hasta 2.5 desviaciones estándar por encima o debajo de las diferencias porcentuales de lluvias en un mes dado, con respecto a la media histórica (con salto de 0.1 desviaciones). Se consideran de 5 a 6 de las zonas de mayor producción de frijol. La fase de siembra de primera se da entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el frijol manifiesta una ponderación de 0.81 por ciento en la cesta de 298 productos incluidos para el cálculo del IPC en Nicaragua, si se contempla el punto más alto de la respuesta inflacionaria luego de los choques de exceso de lluvias en postrera, y escasez en periodo de siembra de primera, entonces la contribución que podría reflejar este producto a la inflación general podría ascender a 0.10 puntos porcentuales, lo cual puede ser atribuible a la influencia directa de choques climáticos. No obstante, esto no contempla posibles efectos inflacionarios de segunda vuelta que

pueden resultar a partir del alza de precios de este alimento (e.g., servicios de alimentación).

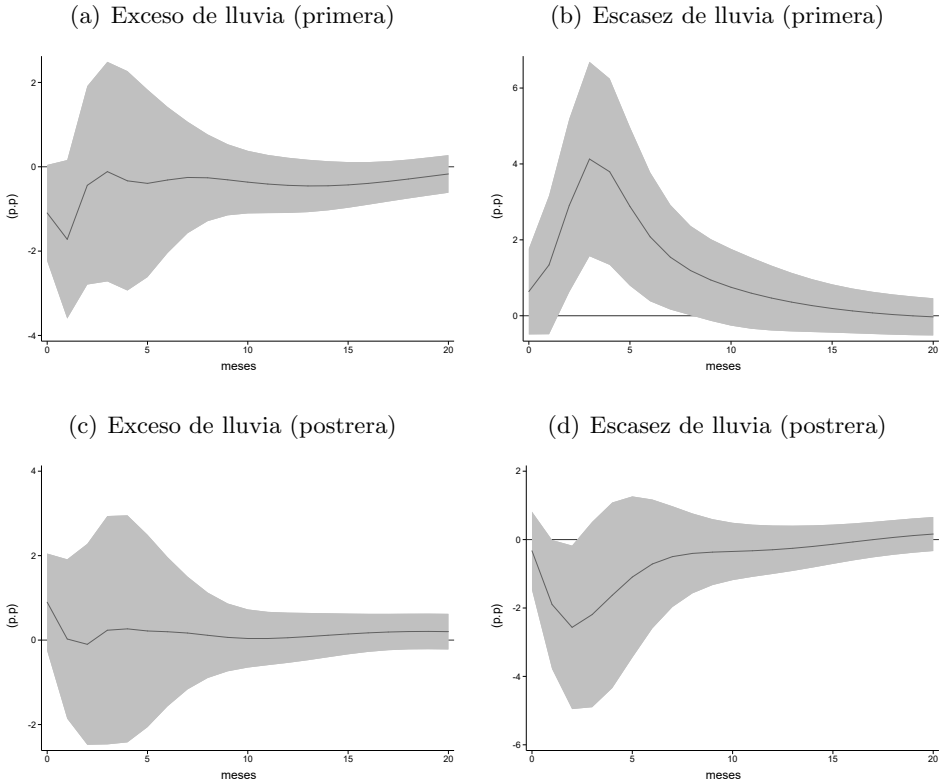
Se debe destacar que para modelar la evolución de precios del frijol, se contempla un bloque exógeno de variables que incluye el precio externo de fertilizantes, los precios de exportación del frijol, así como el indicador de exceso o escasez de precipitaciones en las principales zonas productoras del país. Estos elementos se condicionan para que la influencia sea unidireccional, de modo que sean esos los que influyan en los precios internos, permitiendo identificar la dinámica de precios ante choques exógenos, lo cual puede garantizar mayor validez a los resultados. Sin embargo, dado que el interés recae sobre los choques climáticos, los efectos de las demás variables exógenas incluidas no se presentan.

4.2. Maíz

Los resultados en cuanto al desempeño de precios del maíz, reflejan una tendencia similar que la descrita anteriormente para el caso del frijol. Particularmente, se observa que el nivel de precios del maíz incrementa de forma significativa posterior a la ocurrencia de eventos de escasez de lluvias en las principales zonas productoras, con un alza que se ubica en torno a 4 puntos porcentuales de la variación interanual de su precio (nivel de confianza de 90 %). Este resultado es coherente con el encontrado por Brown & Kshirsagar (2015).

Lo anterior es coherente con la varianza de precios de granos presentada en la Tabla 4, en la cual se muestra que la variación interanual (inflación) de precios del maíz manifiesta una varianza equivalente a la mitad de la varianza de precios del frijol. No obstante, debido a que el maíz tiene un peso de 0.02 por ciento en el IPC general de Nicaragua, la contribución de alzas en el precio de este grano no genera mayor presión en la inflación nacional, generando así una contribución marginal.

FIGURA 7: Respuesta de Precios del Maíz a Exceso/Escasez de Precipitaciones

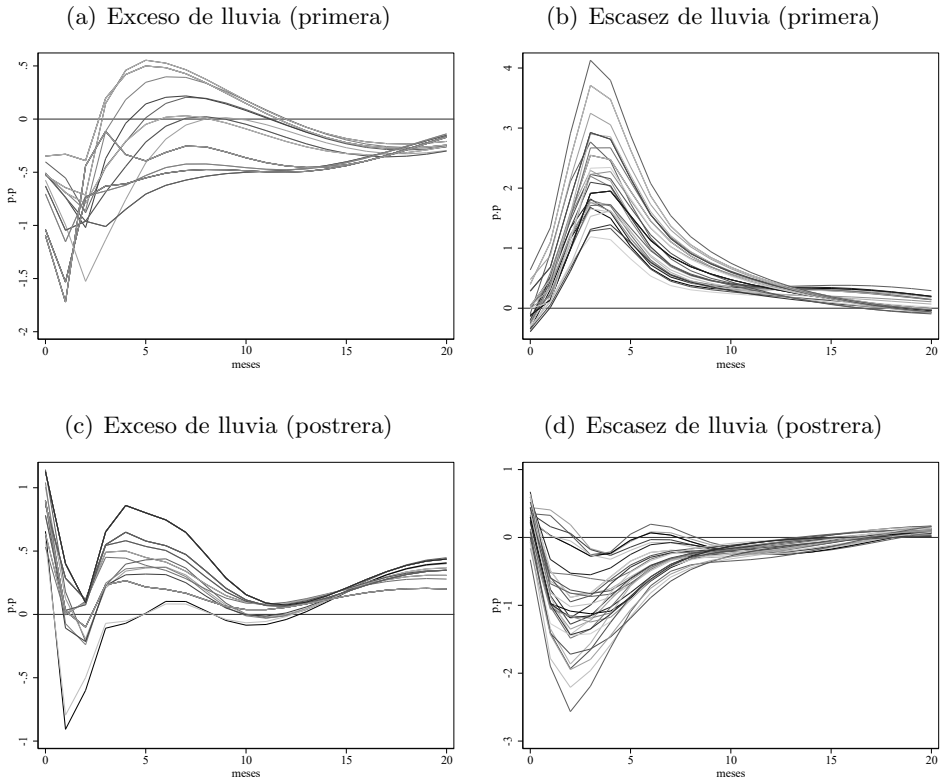


Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define por ± 2.5 desviaciones estándar de las diferencias porcentuales de las precipitaciones, con respecto a la media histórica. El área sombreada refleja un intervalo de confianza de 90 por ciento. Modelo estimado con 3 rezagos elegidos según criterios informativos. La fase de primera se define entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre. Incluye información de precipitaciones en 5 de las principales zonas productoras.
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad realizado para el caso de la dinámica de precios del maíz indica también que los resultados generales son robustos a la especificación del umbral contemplado para definir la magnitud del choque climático. Así, la respuesta de precios del maíz suele ser más sensible a la escasez de lluvias en fase de siembra de primera. Esto también es coherente con la estructura productiva del país, pues en Nicaragua en los últimos años la cosecha de maíz en época de primera suele superar el 70 por ciento de la producción total (Figura A1 de la Sección de Anexos), de modo que los

fenómenos climáticos adversos que ocurran entre mayo y junio, pueden tener mayores repercusiones en la producción y, por tanto, en los precios de este grano[14].

FIGURA 8: Sensibilidad de la Respuesta de Precios del Maíz a Exceso/Escasez de Lluvias



Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define de 1 hasta 2.5 desviaciones estándar por encima o debajo de las diferencias porcentuales de lluvias en un mes dado, con respecto a la media histórica (con salto de 0.1 desviaciones). Se consideran de 5 a 6 de las zonas de mayor producción de maíz. La fase de siembra de primera se da entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

[14]Para modelar el precio del maíz, no se consideran los precios de exportaciones del frijol, y en su lugar se incluyen precios externos de alimentos. El mismo tratamiento se realiza para el análisis de precios del arroz.

4.3. Arroz

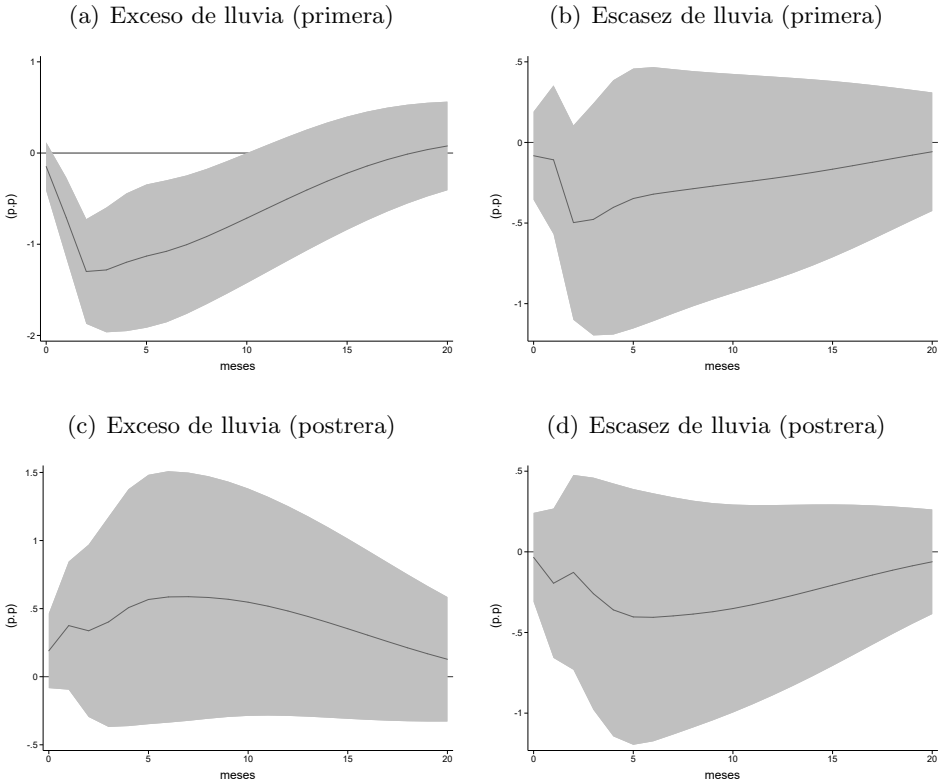
El análisis empírico realizado para modelar el precio del arroz, es similar al realizado en los casos anteriores. No obstante, es importante mencionar que las principales zonas productoras consideradas son aquellas donde se cultiva arroz secano, es decir, el que depende de condiciones climatológicas, por lo que se excluyen las zonas donde se produce la mayor parte de arroz de riego, al ser este menos susceptible a los choques climáticos, por producirse en entornos más controlados. Por ejemplo, como muestra la Tabla 2, Matagalpa, Granada y Managua se destacan por ser los mayores productores de arroz de riego, pero tienen una ponderación marginal en la producción de arroz secano, por lo cual, esas zonas se excluyen al momento de analizar el potencial efecto de choques climáticos (en zonas productoras) sobre el precio del arroz.

Debido a la naturaleza de la planta de arroz, la misma puede subsistir en condiciones de alta humedad, pero ser sensible a la sequía. Entonces, es esperable que periodos lluviosos puedan tener efectos positivos en la producción de este rubro (véase: Brown & Kshirsagar 2015). Esto es razonable y coherente con los resultados empíricos, dado que se muestra que la inflación de precios del arroz se reduce de manera significativa en periodos lluviosos, durante la fase de siembra de primera.

Dado que en el caso del arroz la mayor parte de producción de arroz secano se da en el ciclo de primera, eso es congruente con la evolución de precios a choques climáticos en esa fase de siembra. En particular, los resultados sugieren que un exceso de precipitaciones en las cinco principales zonas productoras del país, se asocia con una reducción de precios cercana a 1.5 puntos porcentuales. Ese resultado es también consistente con una menor volatilidad de precios del arroz, cuando se contrasta con el caso del maíz o el frijol (Tabla 4). Así, el precio del arroz es más sensible a choques climáticos en la fase de siembra de primera, pues en la siembra de postrera no parece haber movimientos significativos de precios de ese producto, independientemente si el choque es de exceso o escasez de lluvia en dicho período.

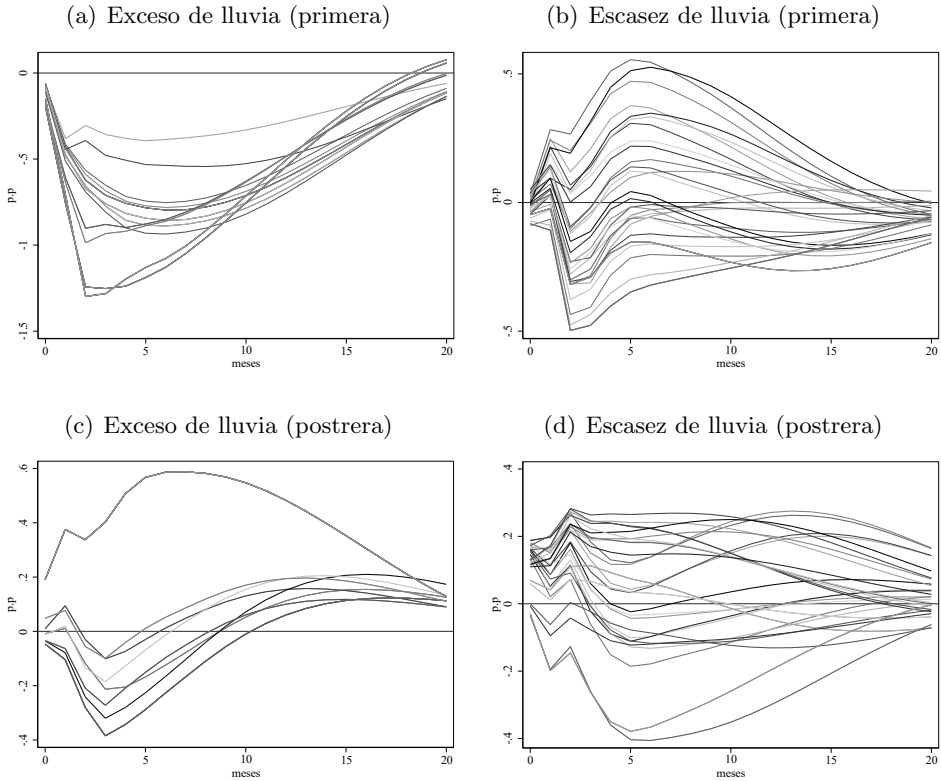
Cuando se realiza el análisis de sensibilidad de los resultados, se evidencia que los mismos no suelen cambiar su tendencia luego de los choques supuestos, y en general, se valida el hecho que el precio del arroz suele disminuir de manera significativa cuando la fase de siembra de primera es lluviosa.

FIGURA 9: Respuesta de Precios del Arroz a Exceso/Escasez de Precipitaciones



Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define por ± 2.5 desviaciones estándar de las diferencias porcentuales de las precipitaciones, con respecto a la media histórica. El área sombreada refleja un intervalo de confianza de 90 por ciento. Modelo estimado con 3 rezagos elegidos según criterios informativos. La fase de primera se define entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre. Incluye información de precipitaciones en 5 de las principales zonas productoras.
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 10: Respuesta de Precios del Arroz a Exceso/Escasez de Precipitaciones



Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define de 1 hasta 2.5 desviaciones estándar por encima o debajo de las diferencias porcentuales de lluvias en un mes dado, con respecto a la media histórica (con salto de 0.1 desviaciones). Se consideran de 5 a 6 de las zonas de mayor producción de arroz. La fase de siembra de primera se da entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre.
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Contribución conjunta a la inflación

Una vez que se identifican los choques que se asocian con movimientos significativos de precios de granos, se realiza una estandarización del choque simulado, de modo que se supone que el 25 por ciento de las zonas productoras sufren un choque de exceso o escasez de lluvias[15]. Considerando

[15]La magnitud del choque es de 2.5 desviaciones estándar por encima o por debajo del promedio histórico de desviaciones. Véase la Tabla A3 para más detalle.

los meses donde la inflación incrementa en mayor medida luego del choque (después de 3 a 4 meses), se estima que en el caso del frijol, un exceso de lluvias en la fase de siembra de postrera, se puede asociar con una contribución a la inflación de entre 0.9 y 1 puntos porcentuales.

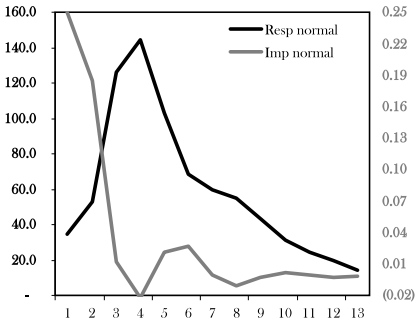
Como se muestra en la Figura 11, si bien la respuesta de la inflación del frijol es importante luego de 3 o 4 meses de ocurrido el choque, dada la baja ponderación de este bien en el IPC general del país (alrededor de 0.8 %), hace que su contribución sea relativamente moderada, aunque su volatilidad de precios sea la más alta dentro de los granos básicos analizados. En tanto, la contribución a la inflación general derivada del incremento de precios del maíz se estima en torno a 0.1 puntos porcentuales, lo cual se explica por la baja ponderación de este grano en la cesta del IPC (peso de 0.02 %), siendo la menor entre los tres productos analizados.

Finalmente, la respuesta negativa de precios del arroz en fases lluviosas de siembra de primera, se asocia con una disminución que se ubica entre 0.2 y 0.3 puntos porcentuales de la inflación general. Con esto, si se acumulan las contribuciones marginales, se estima que los choques climáticos adversos en las épocas de siembra de granos podrían explicar entre 0.7 y 0.8 puntos porcentuales de inflación[16]. Esto es determinado por el alza registrada en los precios del frijol, y la disminución de precios del arroz, dado que la contribución de precios del maíz a la inflación general es marginal. Se debe mencionar que la estimación anterior no incluye los potenciales efectos inflacionarios de segunda vuelta que podrían derivarse del alza de precios de alimentos.

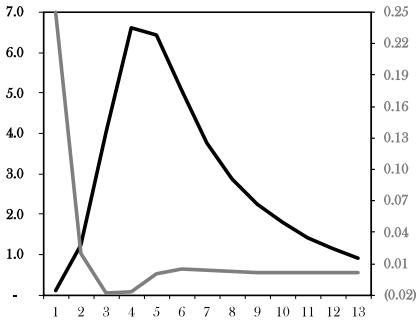
[16] Aunque esto implica la comparación de los posibles efectos negativos ocasionados por alzas de precios en el maíz y el frijol, atenuado en parte con la reducción de precios del arroz.

FIGURA 11: Respuesta Normalizada de Choques Climáticos a Precios de Granos

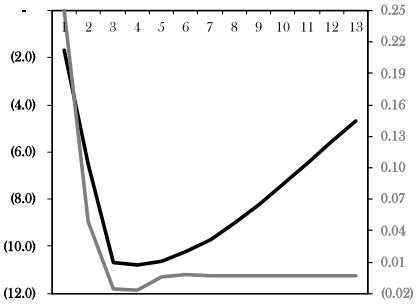
(a) Frijol (exceso postrera)



(b) Maíz (escasez primera)



(c) Arroz (exceso primera)



Nota: El exceso o escasez de precipitaciones se define por 2.5 desviaciones estándar por encima o debajo de las diferencias porcentuales, con respecto a la media histórica de precipitaciones. Se supone la ocurrencia de fenómenos climáticos adversos en el 25 por ciento de zonas productoras. La fase de siembra de primera se da entre mayo y junio, mientras que la postrera entre agosto y septiembre. Eje vertical en porcentaje. Eje horizontal en meses.
Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

La agricultura en Nicaragua está sujeta a las condiciones climatológicas, mismas que a menudo evolucionan de manera impredecible, y pueden tener influencia en la producción de aquellos cultivos más susceptibles a eventos climáticos adversos, como exceso de lluvias, o sequías. Así, este estudio ha tenido el objetivo de indagar en el posible efecto de esos eventos climáticos adversos en los precios de granos básicos: frijol, maíz y arroz; mismos que tienen una ponderación no menor dentro del IPC del país.

Haciendo uso de estrategias empíricas, se encuentra que los eventos climatológicos adversos tienen una influencia heterogénea en los precios de granos, en función de la época en que dichos fenómenos ocurren. Por ejemplo, en el caso del frijol, el precio de este producto se ve presionado al alza cuando el exceso de lluvias se da en el periodo de siembra de postrera, o hay una escasez de precipitaciones en la fase de primera. Así, un evento típico de ese tipo en las principales zonas productivas de este rubro se pueden asociar con alzas máximas de precios cercanas a 10 y 4 puntos porcentuales, respectivamente, luego de 3 o 4 meses de ocurrencia del evento climático.

Por su parte, en el caso del maíz se observa que los precios de este rubro suelen responder al alza luego de fases de siembra de primera caracterizadas por escasez de lluvia. En tanto, en el caso del arroz (secano) se observa que los precios responden negativamente ante periodos lluviosos de siembra de primera. Si bien la respuesta de precios de estos dos rubros es menor que en el caso del frijol, en el caso particular del arroz, dado que este producto tiene un mayor peso dentro del IPC, dicho movimiento en precios se asocia con una contribución significativa a la inflación. Estos resultados son robustos a la definición de diversos umbrales para determinar la severidad del choque de precipitaciones.

Si se simula la ocurrencia de choques climáticos adversos en el 25 por ciento de las principales zonas productoras de cada rubro, se observa que como máximo el aporte a la inflación de los tres productos podría ascender de 0.7 a 0.8 puntos porcentuales de inflación[17]. Esto determinado por el alza registrada en los precios del frijol, y la disminución de precios del

[17]Si se supone que el choque ocurre en una mayor proporción de zonas, entonces el posible efecto encontrado incrementa de forma proporcional, al trabajar con un modelo lineal.

arroz, dado que la contribución de precios del maíz a la inflación general es marginal.

Si bien los resultados del estudio son coherentes con la estructura de producción del país donde, por ejemplo, los precios del arroz responden a choques de precipitaciones en periodos de siembra de primera (ya que casi la totalidad del arroz secano se siembra en esa fase), dichos resultados pueden presentar limitaciones.

Una de las limitaciones del estudio es la relativamente reducida representatividad de datos de las zonas productivas, lo cual se limita por los datos climatológicos de las estaciones de monitoreo incorporadas en el estudio y disponibles en INETER. De ese modo, el extender la cantidad de municipios incorporados en el análisis, podría brindar mayor robustez a los resultados. También el analizar con mayor detenimiento la siembra y cosecha de apante es un elemento importante en el estudio de precios de granos, dada esa característica de producción estacional propia de la agricultura.

Asimismo, el incluir información de la producción por zonas geográficas podría también proveer mayores elementos para analizar los potenciales mecanismos que pueden explicar la evolución de los precios luego de choques climatológicos. Esto porque es razonable pensar que los eventos extremos de precipitaciones suponen una amenaza sobre la producción, lo cual posteriormente impacta en el precio de los granos. No obstante, la falta de información limita el poder explorar esos potenciales mecanismos, con el fin de determinar cuánto de las variaciones de precios se puede asociar con la elasticidad precio-cantidad en cada rubro, y cuánto puede ser, por ejemplo, producto de especulación, márgenes de comercialización u otro componente detrás de la formación de precios. Estos son elementos que podrían ser explorados con mayor profundidad en estudios posteriores.

Referencias

Abbas, S. & Mayo, Z. A. (2021), 'Impact of temperature and rainfall on rice production in Punjab, Pakistan', *Environment, Development and Sustainability* **23**(2), 1706–1728.

Abril-Salcedo, D. S., Melo-Velandia, L. F. & Parra-Amado, D. (2020), 'Nonlinear relationship between the weather phenomenon El niño and Colombian food prices', *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **64**(4), 1059–1086.

Aragón, F. M., Oteiza, F. & Rud, J. P. (2021), 'Climate change and agriculture: Subsistence farmers' response to extreme heat', *American Economic Journal: Economic Policy* **13**(1), 1–35.

Atems, B. & Sardar, N. (2021), 'Exploring asymmetries in the effects of El Niño-Southern Oscillation on US food and agricultural stock prices', *The Quarterly Review of Economics and Finance* **81**(4), 1–14.

Bandara, J. S. & Cai, Y. (2014), 'The impact of climate change on food crop productivity, food prices and food security in South Asia', *Economic Analysis and Policy* **44**(4), 451–465.

Bastianin, A., Lanza, A. & Manera, M. (2018), 'Economic impacts of El Niño southern oscillation: evidence from the Colombian coffee market', *Agricultural Economics* **49**(5), 623–633.

Benitez-Alfonso, Y., Soanes, B. K., Zimba, S., Sinanaj, B., German, L., Sharma, V., Bohra, A., Kolesnikova, A., Dunn, J. A., Martin, A. C. et al. (2023), 'Enhancing climate change resilience in agricultural crops', *Current Biology* **33**(23), 1246–1261.

Brown, M. E. & Kshirsagar, V. (2015), 'Weather and international price shocks on food prices in the developing world', *Global Environmental Change* **35**(1), 31–40.

Brunner, A. D. (2002), 'El Nino and world primary commodity prices: warm water or hot air?', *Review of Economics and Statistics* **84**(1), 176–183.

Cajina, R. & Moreno, R. (2017), 'Análisis de los determinantes del rendimiento del maíz en Nicaragua', *Revista de Economía y Finanzas* **4**(1), 99–130.

Cirino, P. H., Féres, J. G., Braga, M. J. & Reis, E. (2015), 'Assessing the impacts of ENSO-related weather effects on the Brazilian agriculture', *Procedia Economics and Finance* **24**(1), 146–155.

Enders, W. (2008), *Applied econometric time series*, Wiley Library. 4th edition.

Hill, R. & Fuje, H. (2020), 'What is the impact of weather shocks on prices?', *World Bank. Policy Research Working Paper No.9398.* (Washignton DC).

INATEC (2017), Granos básicos, Manual del protagonista, INATEC.

Kyei-Mensah, C., Kyerematen, R. & Adu-Acheampong, S. (2019), 'Impact of rainfall variability on crop production within the Worobong Ecological Area of Fanteakwa District, Ghana', *Advances in Agriculture* **123**(1), 1–7.

Letta, M., Montalbano, P. & Pierre, G. (2022), 'Weather shocks, traders' expectations, and food prices', *American Journal of Agricultural Economics* **104**(3), 1100–1119.

Melo-Velandia, L. F., Orozco-Vanegas, C. A. & Parra-Amado, D. (2022), 'Extreme weather events and high Colombian food prices: A non-stationary extreme value approach', *Agricultural Economics* **53**(1), 21–40.

Mitra, P. (2006), 'Has government investment crowded out private investment in India?', *American Economic Review* **96**(2), 337–341.

Sims, C. A. (1980), 'Macroeconomics and reality', *Econometrica* **10**(1), 1–48.

Steen, M., Bergland, O. & Gjølberg, O. (2023), 'Climate change and grain price volatility: Empirical evidence for corn and wheat 1971–2019', *Commodities* **2**(1), 1–12.

Su, Y., Liang, C., Zhang, L. & Zeng, Q. (2022), 'Uncover the response of the US grain commodity market on El Niño–Southern Oscillation', *International Review of Economics & Finance* **81**(1), 98–112.

Ubilava, D. (2017), 'The ENSO effect and asymmetries in wheat price dynamics', *World Development* **96**(1), 490–502.

A. Anexos

Tabla A1: Proporción de Productores y Área Sembrada de Granos en 2010

Departamento	Frijol		Maíz		Arroz	
	Productores	Área	Productores	Área	Productores	Área
Boaco	2.7	3.2	5.0	4.5	NA	NA
Carazo	4.7	2.1	3.5	1.6	5.9	3.7
Chinandega	2.4	0.7	2.1	4.0	4.2	14.2
Chontales	0.6	0.7	3.5	2.3	NA	NA
Estelí	7.5	11.1	5.3	3.9	NA	NA
Granada	1.8	1.1	1.1	0.4	4.3	2.8
Jinotega	13.4	18.3	16.4	18.2	9.4	7.0
León	2.6	1.5	2.8	5.6	0.7	3.0
Madríz	6.8	6.9	7.2	3.6	NA	NA
Managua	1.8	1.5	2.5	3.6	NA	NA
Masaya	1.8	1.0	0.7	0.7	1.9	1.3
Matagalpa	8.9	20.9	14.3	12.2	1.2	0.8
Nueva Segovia	13.8	13.3	8.8	6.6	0.8	17.8
RACCN	10.9	9.0	9.2	13.7	31.9	15.1
RACCS	11.5	4.1	11.6	13.9	13.4	11.2
Río San Juan	4.1	3.1	2.7	3.8	9.1	7.6
Rivas	4.7	1.6	3.2	1.4	16.2	15.4

Nota: Proporción de productores y área sembrada del total nacional. NA: no se dispone de información.
Fuente: Elaboración propia, datos del IV-CENAGRO.

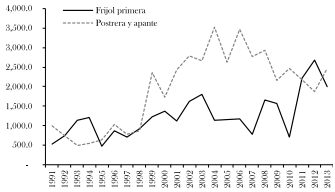
Tabla A2: Área Sembrada por Tipo de Cosecha en 2001

Departamento	Frijol		Maíz		Arroz	
	Primera	Total	Primera	Total	Primera	Total
Boaco	3,534.0	8,243.0	10,398.0	17,302.0	37.0	59.0
Carazo	3,162.0	6,749.0	3,381.0	5,920.0	226.0	295.0
Chinandega	1,449.0	3,935.0	17,748.0	35,597.0	3,416.0	5,124.0
Chontales	1,754.0	4,962.0	5,955.0	9,190.0	280.0	295.0
Estelí	5,561.0	13,829.0	10,555.0	11,808.0	1.5	3.5
Granada	2,732.0	5,975.0	3,358.0	5,030.0	543.0	818.0
Jinotega	10,348.0	47,782.0	45,817.0	74,528.0	1,714.0	1,979.0
León	1,816.0	5,655.0	11,816.0	29,054.0	524.0	924.0
Madríz	2,701.0	7,518.0	6,825.0	7,675.0	7.5	7.5
Managua	2,303.0	4,861.0	6,225.0	14,485.0	13.0	35.7
Masaya	2,515.0	5,638.0	4,786.0	7,119.0	153.0	217.0
Matagalpa	12,973.0	48,080.0	38,926.0	55,720.0	121.0	161.0
Nueva Segovia	5,535.0	18,362.0	19,643.0	21,302.0	2,102.0	2,126.0
RACCN	7,207.0	33,866.0	39,829.0	73,294.0	8,738.0	9,287.0
RACCS	6,823.0	39,745.0	46,383.0	90,647.0	3,673.0	4,211.0
Río San Juan	1,700.0	16,624.0	14,128.0	28,424.0	2,634.0	2,877.0
Rivas	2,346.0	8,130.0	5,390.0	8,646.0	3,190.0	4,084.0

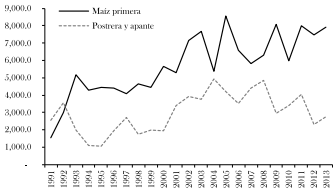
Nota: Incluye cultivos sembrados sin alternación. El total incluye la siembra de primera, postrera y apante.
Fuente: Elaboración propia, datos del III-CENAGRO 2001.

FIGURA A1: Producción de Granos por Temporada de Cosecha

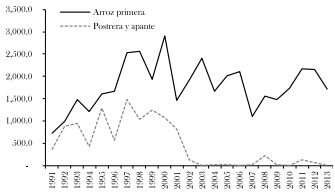
(a) Frijol (miles de qq)



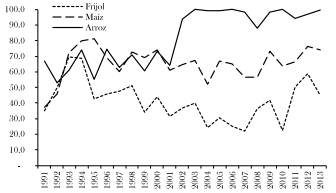
(b) Maíz (miles de qq)



(c) Arroz (miles de qq)



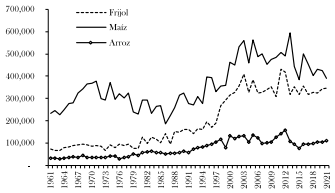
(d) Producción de primera (% del total)



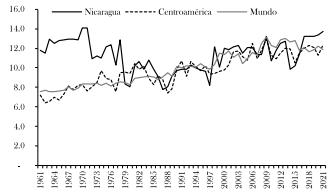
Fuente: Elaboración propia, datos del BCN.

FIGURA A2: Rendimiento de Cultivos de Granos en Nicaragua

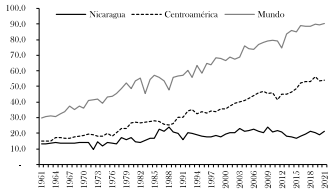
(a) Área sembrada (manzanas)



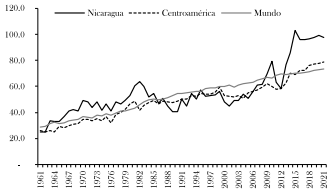
(b) Rendimiento frijol (qq/mz)



(c) Rendimiento maíz (qq/mz)



(d) Rendimiento arroz (qq/mz)



Fuente: Elaboración propia, datos de la FAO.

Tabla A3: Regularidades de las Precipitaciones en Nicaragua

Indicador	Obs.	Promedio	Desv. Est.	Max.	Min.
Desviaciones de la media† (%)	184	1.4	63.8	304.6	-89.2
Promedio mensual (mm)	184	137.9	115.3	430.9	4.4
Diferencia mensual (mm)	168	2.5	81.2	286.0	-257.8
Variación porcentual (%)	168	29.6	106.0	477.0	-84.4

Nota:–mm: milímetros. Incluye datos de las 17 estaciones de monitoreo de INETER. Información estadística para el periodo 2006-2020. † desviación porcentual del promedio histórico de precipitaciones de un mes dado.
Fuente: Elaboración propia, datos de INETER.

Tabla A4: Requerimientos Técnicos de Cultivos de Granos

Rubro	Precipitaciones(mm)	Temperatura(c°)	Altura(msnm)	Ciclo(días)
Maíz	500-1000	20-27	0-1000	100-120
Frijol	1000-1600	20-27	50-1500	80-100
Arroz	800-2000	22-32	0-700	100-150

Nota:–mm: milímetros; c°: grados Celsius; msnm: metros sobre el nivel del mar.
Fuente: INATEC (2017).