



Munich Personal RePEc Archive

Climate and Economic Impacts of El Niño Southern Oscillation: Evidence on Bolivia's Agricultural GDP

Valdivia Coria, Joab Dan and Pareja Marín, Caroline Andrea

November 2023

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/119069/>
MPRA Paper No. 119069, posted 07 Nov 2023 08:42 UTC

Impactos climáticos y económicos de El Niño Oscilación del Sur: Evidencia en PIB agrícola de Bolivia¹

Joab Dan Valdivia Coria y Caroline Andrea Pareja Marín

RESUMEN

La investigación analiza los efectos de los fenómenos climáticos extremos registrados en El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la producción agrícola y el PIB agrícola de Bolivia. Los resultados muestran que condiciones atmosféricas adversas tienen un efecto negativo en el desempeño del PIB Agrícola, una pérdida de 1,2pp y 0,39pp, en la tasa de crecimiento del PIB de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales, respectivamente. El escenario contra-factual estimado muestra que en ausencia de eventos climáticos, el PIB Agrícola de Bolivia perdió Bs66.301 millones entre 1991 y 2022.

Clasificación JEL: C19, C33, Q54.

Palabras Clave: El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), PIB Agrícola, Cuasi-Correlaciones cruzadas, Cuantilogramas Cruzados, Datos de Panel, Contrafactual.

¹ Este documento expresa el punto de vista exclusivo de los autores y no así de las instituciones a las que pertenecen.

**Climate and Economic Impacts of El Niño Southern Oscillation: Evidence on Bolivia's
Agricultural GDP²**

Joab Dan Valdivia Coria and Caroline Andrea Pareja Marín

ABSTRACT

The study analyses the impact of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) extreme weather events on agricultural production and agricultural GDP in Bolivia. The results show that adverse weather conditions negatively affect agricultural GDP, causing a loss of 1.2 pp and 0.39 pp in the GDP growth rate of non-industrial and industrial agricultural products, respectively. The estimated counterfactual scenario registers a loss in Bolivia's agricultural GDP of Bs66,301 million between 1991 and 2022 in the absence of El Niño and La Niña.

JEL Classification: C19, C33, Q54.

Keywords: El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Agricultural GDP, Quasi-Cross-Correlations, Cross-Quantilograms, Panel Data, Counterfactuals.

² This document expresses the exclusive point of view of the authors and not that of the institutions to which they belong.

I. Introducción

La importancia de la producción agrícola en cualquier economía se relaciona con la seguridad y soberanía alimentaria, una de las características fundamentales para un desarrollo económico y social. Asimismo, el impulso de la producción de alimentos hacia el fortalecimiento de la agroindustria favorece las exportaciones de productos no tradicionales, lo que a su vez afecta positivamente la balanza comercial. Los riesgos idiosincráticos por los que pasa el sector están relacionados a las condiciones atmosféricas, temperatura y precipitaciones pluviales. Estos eventos climáticos por encima o por debajo de lo normal se encuentran asociados al fenómeno de El Niño o La Niña, el monitoreo de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) proporcionaría una visión holística del grado de intensidad de la variabilidad climática y sus efectos en el desempeño del cultivo y PIB agrícola.

Según el último reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2023), es inequívoco que la influencia humana provocó el calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra, también que haya aumentado la probabilidad de que se produzcan fenómenos extremos compuestos desde la década de 1950, incluido el aumento de la frecuencia de olas de calor y sequías simultáneas.

Aunque la productividad agrícola global ha aumentado, el cambio climático ha ralentizado este crecimiento en los últimos 50 años a nivel mundial (IPCC, 2023). Asimismo, “los fuertes vínculos históricos entre la agricultura y la seguridad alimentaria amplifican aún más la adversidad de los fenómenos ENOS.” (Smith & Ubilava, 2017, p. 25)

En ese sentido, el IPCC (2023) describe que el cambio climático redujo la seguridad alimentaria y afectó a la seguridad hídrica, obstaculizando los esfuerzos para alcanzar los

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) hacia 2030³. Se observó mayores impactos adversos en comunidades de África, Asia, América Central y del Sur, países menos desarrollados, pequeños estados insulares en desarrollo y a nivel mundial, en pueblos indígenas y hogares de bajos ingresos. (IPCC, 2023)

Según Alcaraz et al. (2020), en el caso de Bolivia, el agro es sin duda un sector clave en la matriz económica nacional y se consolida como el sector estratégico en la política para la diversificación productiva. “El sector agropecuario aporta de manera importante a la economía boliviana, y es uno de sus principales empleadores. Se estima que, en 2017, el sector empleó al 30,3% de la PEA, alrededor de 1.6 millones de personas” (Alcaraz et al., 2020, p. 11).

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2022), el sector de Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca; contribuyó en un 3,71% al PIB de Bolivia en la gestión pasada. Sin embargo, la Cooperación Técnica Alemana (GIZ, 2013) afirma que este sector es uno de los más afectados por el cambio climático debido a su alta dependencia de las condiciones climáticas para las actividades productivas. En efecto, el cambio climático asociado con aumentos en la temperatura genera una disrupción en los patrones de precipitación afectando el proceso fisiológico del cultivo; además del ciclo de enfermedades o plagas⁴.

La Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000) postula que, ante los fenómenos climáticos globales, las condiciones atmosféricas de Bolivia son alteradas en cuanto a la precipitación,

³ Por ejemplo, el ODS 13: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”; ODS 14: “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos”; y ODS 15: “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”.

⁴ En este contexto, la sequía impacta en el deterioro del suelo causando pérdidas de cultivo, un menor rendimiento y una baja productividad de la actividad agrícola.

temperatura y otras variables climáticas, generando diversas amenazas a la población y a las actividades económicas.

Debido a que los fenómenos ENOS traen consigo efectos encadenados hacia el sector agropecuario, el PIB agrícola, otros sectores de la economía y el bienestar de las ciudades y comunidades vulnerables; resulta de gran importancia analizar los mismos. El periodo de estudio abarca desde el año 2005 al 2021 y de esa manera, se puede examinar si la seguridad y soberanía alimentaria de la población boliviana estuvieron bajo riesgo.

En este marco, el objetivo de este estudio es evaluar los efectos de ENOS en la producción por tipo de cultivo y en el PIB agrícola de Bolivia. En términos de semi-elasticidades, el efecto de ENOS es negativo, tanto en la producción de cultivos como en el PIB. En consecuencia, los resultados muestran en un escenario contra-factual, en ausencia de condiciones atmosféricas extremas (El Niño o La Niña), que Bolivia tuvo una pérdida de Bs66.301 millones entre 1991 – 2022.

Luego de esta introducción, el documento se estructura de la siguiente manera: En la sección dos se encuentra el Marco Teórico con definiciones relevantes para el estudio y la revisión de literatura a nivel internacional y nacional. En la sección 3 están los Hechos Estilizados complementando el análisis de ENSO. Seguidamente, la sección 4 especifica el modelo econométrico y las metodologías de estimación. Desde la sección 5, se examinan los resultados hallados y en la sección 6, se arriban a las conclusiones y recomendaciones del trabajo. Después, en la sección 7 están las Referencias Bibliográficas. Finalmente, se sugiere revisar los Apéndices en la sección 8 para comprender mejor ciertos detalles que se mencionan en el cuerpo principal.

II. Marco Teórico

II.1. Definiciones del El Niño-Oscilación del Sur

Los científicos denominaron al ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) como un fenómeno natural que tiene una gran influencia en las condiciones climáticas de diversas partes del mundo, caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera. La Oscilación del Sur es un componente atmosférico mientras que los patrones climáticos opuestos llamados El Niño y La Niña, son componentes oceánicos y ambos dan origen al término ENOS (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2014; Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica [NOAA], 2023). Según la NOAA (2023), El Niño y La Niña son patrones climáticos del Océano Pacífico que pueden afectar al clima en todo el mundo.

El fenómeno ENOS comprende tres fases: El Niño, La Niña y Neutral. Según la NOAA (2016), el primero corresponde a una etapa cálida y la segunda a una etapa fría, siendo más frecuente El Niño. Ambos conducen a diferencias significativas en las temperaturas oceánicas promedio, los vientos, la presión superficial y las precipitaciones en partes del Pacífico tropical. En cambio, la fase neutral significa que las temperaturas, los vientos, la convección (aire ascendente) y las precipitaciones en el Pacífico tropical están cerca de sus promedios de largo plazo.

Ante la ocurrencia de El Niño, la OMM (2014) manifiesta que episodios intensos y moderados de este fenómeno producen un calentamiento de las temperaturas medias globales en superficie. La NOAA (2016) manifiesta que las condiciones atmosféricas de El Niño se caracterizan por: i) vientos superficiales más débiles de lo habitual en todo el Pacífico

tropical, ii) las temperaturas en el Océano Pacífico tropical central y oriental son más cálidas que el promedio y iii) las precipitaciones están por debajo del promedio en Indonesia y por encima del promedio en el Pacífico central u oriental.

En contraste, frente a la materialización del fenómeno de La Niña, anomalías opuestas a El Niño en el ciclo del ENOS, se trata del enfriamiento a gran escala de las temperaturas de la superficie del océano en la región del Pacífico ecuatorial, sumado a una inversión de las condiciones de la atmósfera suprayacente (OMM, 2014). Además, las condiciones meteorológicas se caracterizan por vientos superficiales más fuertes de lo normal en todo el Pacífico tropical y temperaturas por debajo del promedio histórico en la misma región (NOAA, 2016).

La NOAA (2023) explica que, durante La Niña, las temperaturas invernales son más cálidas de lo normal en el sur y más frías de lo normal en el norte. Además, las aguas de la costa del Pacífico son más frías y contienen más nutrientes de lo normal, pudiendo provocar una temporada de huracanes más severa.

El Niño y La Niña pueden tener efectos globales sobre el clima, los incendios forestales, los ecosistemas y las economías (NOAA, 2023). Los episodios de cada fenómeno suelen durar entre 9 y 12 meses, pero a veces se prolongan durante años. En promedio, se producen cada dos a siete años y no tienen un calendario regular. Ambos tienden a desarrollarse durante la primavera (marzo-junio), alcanzan su máxima intensidad a fines del otoño o invierno (noviembre-febrero) y luego se debilitan durante la primavera o principios del verano (marzo-junio) (NOAA, 2016).

De acuerdo con Smith & Ubilava (2017), los fenómenos de El Niño y La Niña no se manifiestan necesariamente en patrones meteorológicos opuestos. Es probable que los países en los que la agricultura desempeña un papel importante en la producción económica total sean más susceptibles a las perturbaciones del ENOS.

Al pasar de los años, también surgieron otras denominaciones a ciertas variaciones de los fenómenos con determinadas características. Por ejemplo, se encuentran El Niño costero y La Niña Modoki, entre otros.

II.2 Revisión de Literatura

Existen diversos estudios en relación a la evidencia empírica internacional sobre ENOS. (Roncoli et al., 2001) investigan la respuesta de los agricultores frente a la sequía; además, muestran los costos y riesgos asociados con sus estrategias de adaptación en la región de África occidental. La reacción de los productores frente a un clima adverso influye en la seguridad alimentaria y el bienestar general de la población.

Masters & Mcmillan (2001) estudian los efectos climáticos sobre la intensidad de cultivo de un conjunto de países a través del análisis de datos de panel. La investigación emplea variables de control, entre las más relevantes están los días de heladas registradas, la precipitación pluvial y la temperatura media. Los autores consideraron controlar los efectos cóncavos de las mismas elevándolos al cuadrado. El efecto esperado de los días de heladas y de la precipitación pluvial es positivo, en el primer caso se asocia a efectos favorables por consecuencia de los días en los que se registraron heladas, ya que controlan la proliferación de plagas, y en el segundo caso, una cantidad de precipitación pluvial aceptable mejora las condiciones de cultivo, lo que impacta positivamente al rendimiento de productos agrícolas.

Según el Centro de Predicción del Clima (CPC, 2005), el pronóstico del fenómeno de El Niño presenta dificultades debido a la ausencia de la tendencia determinística. A pesar del desarrollo de modelos estocásticos con incorporación de perturbaciones atmosféricas aleatorias, la intensidad del fenómeno es mucho más difícil de predecir debido a que pueden mitigar o amplificar la intensidad de una ocurrencia de El Niño, por lo que, el impacto en los patrones climáticos no es preciso.

Por su parte, Rojas et al. (2014) indican que el fenómeno de El Niño presenta repercusiones negativas sobre los cultivos de cereales, afectando a la seguridad alimentaria. Observaron que durante este fenómeno y dependiendo su intensidad, la sequía afectó en el corto y mediano plazo la producción de alimentos.

Smith & Ubilava (2017) indican que ENSO presenta diversos canales por los cuales afectan de manera adversa el crecimiento económico, registros por encima o por debajo de lo normal de ENSO, se traducen en anomalías de temperatura y precipitaciones, manifestándose episodios de sequías o inundaciones. En este contexto, eventos de ENSO presentan vínculos adversos sobre la agricultura y seguridad alimentaria, particularmente. Los autores concluyen que la tasa de crecimiento responde de forma asimétrica a las perturbaciones de ENSO. Mientras que, un episodio de El Niño reduce considerablemente el crecimiento económico, el efecto de un episodio de La Niña es mucho menos evidente. De todas maneras, no cabe duda que la agricultura es una de las principales vías por las que el ENOS afecta al crecimiento. Por lo tanto, ambos fenómenos deben tenerse en cuenta explícitamente a la hora de tomar decisiones y hacer previsiones macroeconómicas.

A nivel de América Latina, Bastianin et al. (2018) analizaron la influencia de ENSO en la producción, exportaciones y el precio del café colombiano. La modelación a partir de una curva de demanda descendente y por una curva de oferta vertical del café colombiano develó efectos en el corto plazo. Los autores hallaron que El Niño tiene efectos contrarios en relación a lo que ocurre en otros países. En otras palabras, este fenómeno fue beneficioso para la producción y las exportaciones, observando una disminución del precio real del café colombiano. En cambio, La Niña contrajo la producción y las exportaciones, presentando efectos de alza de precios.

Seguidamente, Cahyaning et al. (2019) analizaron para la India los efectos de los fenómenos de El Niño y La Niña sobre el precio de productos agrícolas: arroz, soya y maíz. Las variables explicativas que emplean para el fenómeno climatológico son *dummies* respecto a la ocurrencia del evento. Además, controlan la estimación con la producción y la intensidad de lluvia para robustecer el modelo planteado. Los resultados muestran que El Niño afecta al alza de los precios del arroz y de la soya; mientras que, en el caso del precio del maíz, se registró un efecto a la baja. Por otro lado, La Niña afecta solamente al precio del arroz de manera directa. Entonces, el estudio evidenció que el mayor impacto de las condiciones atmosféricas adversas en el precio de productos agrícolas se asocia al fenómeno de El Niño.

Por otra parte, los trabajos empíricos de ENSO desarrollados para Bolivia no son muy extensos. No obstante, hace un poco más de una década, Aliaga & Aguilar (2009) evaluaron el impacto económico del cambio climático en el sector agrícola del país para el periodo 1980-2007 mediante un Modelo de Equilibrio General Computable Recursivo. Los autores realizaron simulaciones tomando en cuenta la relación directa del sector agrícola con el

medio ambiente e indirectamente los efectos del cambio climático a través de los fenómenos de El Niño y La Niña, comparando un escenario normal, moderado y pesimista; con y sin mitigación. Asimismo, encontraron que el sector agrícola es el más vulnerable a los cambios climáticos extremos y su impacto sobre el crecimiento económico es relevante en el corto, mediano y largo plazo. Además, evidenciaron a nivel macroeconómico que en todos los escenarios se genera un deterioro en la balanza comercial, el tipo de cambio real y un incremento en el nivel de precios de producción del sector agrícola. Por último, recomendaron que para estudios posteriores se diseñe un modelo de equilibrio general dinámico con efectos de largo plazo asociados a variables ambientales.

Posteriormente, Seiler et al. (2013) evaluaron el impacto de las fases positivas y negativas de tres modos climáticos: la Oscilación del Pacífico Norte (PDO), el fenómeno ENSO con eventos El Niño y La Niña y la Oscilación Antártica (AAO) con observaciones diarias homogeneizadas de temperatura y precipitación en Bolivia, proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) desde 1960 hasta 2009. Entre sus resultados, hallaron que las temperaturas aumentaron a un ritmo de $0,18^{\circ}\text{C}$ por década, con mayores incrementos en los Andes y en la estación seca. Sin embargo, en el Altiplano, el periodo vegetativo está limitado tanto por la temperatura como por las precipitaciones. Del mismo modo, evidenciaron que el clima de Bolivia será más cálido y seco que el promedio en un futuro cercano y que se esperarían sequías e inundaciones relacionadas con La Niña en las tierras bajas.

Andersen et al. (2015) cuantificaron los posibles efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario en Bolivia para el periodo 2000-2100 utilizando un modelo de equilibrio

general computable. El principal indicador para medir los impactos es el PIB agropecuario y como esta variable no existe a nivel municipal, utilizaron los ingresos rurales per cápita como proxy. Entre los efectos, incluyeron la fertilización de CO₂, el aumento en la frecuencia de eventos extremos, cambios en el nivel de biodiversidad y servicios eco-sistémicos, y cambios en disponibilidad de agua para riego. Sus resultados indican que el cambio climático causaría una pérdida del 0,9% de los ingresos a finales del siglo XXI, siendo Potosí y Chuquisaca los departamentos más afectados. De igual manera, estimaron que el impacto directo de eventos climáticos extremos sobre el sector agropecuario sería un 0,55% del PIB en el año 2100 y calcularon que el valor presente neto de los efectos totales sumaría pérdidas de USD106 mil millones durante el periodo 2010-2100, equivalente a un promedio del 16% del valor neto presente del PIB sectorial. Por último, el nivel de deforestación podría aumentar hasta 37 millones de hectáreas al final del siglo en ausencia de cambios en la política de expansión de la frontera agropecuaria, dejando solo 13 millones de hectáreas de bosque primario en Bolivia.

Por otro lado, en la investigación de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACODAL realizada por Villazón (2016), mediante datos históricos recabados de estaciones meteorológicas de Bolivia, analiza con técnicas estadísticas, la probabilidad de ocurrencia de un año húmedo o seco bajo la presencia de un Niño o Niña fuerte sobre los recursos hídricos del país. Aplicando el método de perturbación de cuantiles para identificar variabilidad y tendencia climática, encontró que los ciclos tienen una duración de 15 años en promedio. Todos los modelos climáticos predijeron un Niño fuerte para el año hidrológico 2015-2016, acarreado lluvias en la zona amazónica y sequías en los valles y zonas altas.

Finalmente, infiere estadísticamente que los eventos de El Niño serán más fuertes en el futuro.

Recientemente, Canedo-Rosso et al. (2021) investigaron los efectos de la sequía en la agricultura del altiplano boliviano mediante un análisis de variaciones climáticas, superficie terrestre y su relación con las anomalías de ENOS para el periodo comprendido entre septiembre de 1981 hasta agosto de 2015. Pese a las limitaciones de información, utilizaron series cronológicas de precipitación mensual de 12 localidades, proporcionadas por el SENAMHI de Bolivia y también incluyeron otras series cronológicas mensuales de cuasi-lluvias a partir de datos satelitales del Grupo de Riesgos Climáticos de Precipitación Infrarroja con Datos de Estación (CHIRPS, por sus siglas en inglés). Sus resultados demostraron que, la gravedad de la sequía (medida a través de diversos índices de sequía) aumenta sustancialmente durante los años de El Niño y, en consecuencia, es probable que el riesgo socioeconómico de sequía de los agricultores incremente durante dichos periodos. Además, descubrieron que la disminución de la vegetación se debe principalmente a la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas. En efecto, concluyen que el seguimiento y la predicción tanto de ENOS como de la gravedad de la sequía, pueden contribuir a determinar posibles focos de déficit de cosechas durante el periodo vegetativo y también, tratar de reducir significativamente el riesgo de catástrofes. De igual manera, aseveran que los datos con imágenes satelitales son útiles cuando los datos terrestres son escasos o de mala calidad.

III. Hechos Estilizados

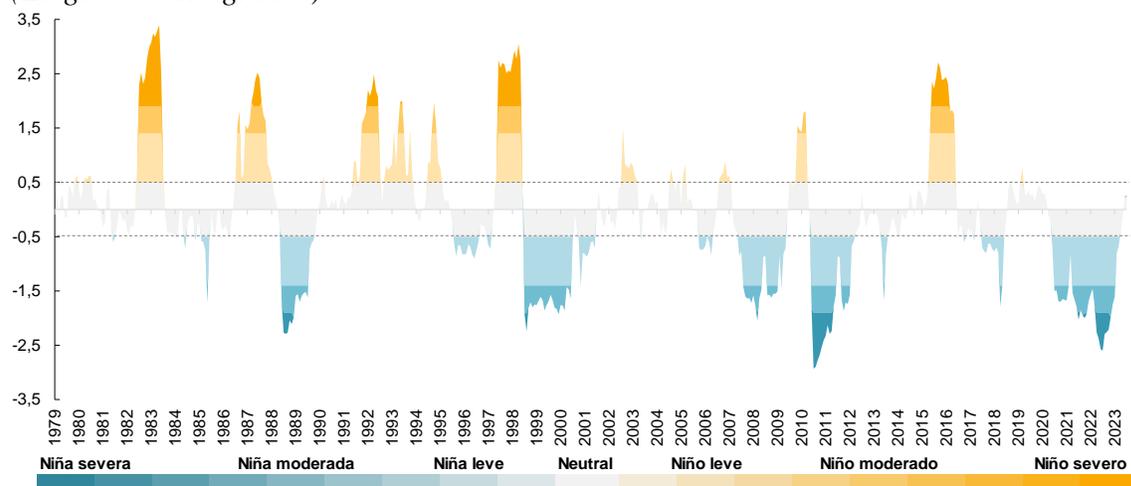
El sector de Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca en Bolivia se constituye en cinco diferentes actividades económicas: 1) Productos Agrícolas No Industriales, 2) Productos Agrícolas Industriales, 3) Coca, 4) Productos Pecuarios y 5) Silvicultura, Caza y Pesca. El PIB Agrícola es la suma de las dos primeras actividades, dentro de la cual se considera principalmente la producción de cereales, tubérculos, frutales, forrajes, hortalizas, legumbres, algodón, caña de azúcar, soya, té, flores y otros bienes y servicios de orden prioritario. La producción de estos productos es sensible tanto a *shocks* de oferta (por ejemplo, sequías o inundaciones) como de demanda (expectativas de precios, sobre todo para el caso de los productos agrícolas industriales). El primer *shock* se asocia específicamente al cambio climático, es decir, a los cambios de las condiciones atmosféricas, temperaturas y precipitación. Por lo que, el seguimiento del ENOS describe la ocurrencia del fenómeno de El Niño o La Niña.

Bolivia, “si bien no limita directamente con el Océano Pacífico, es un país fuertemente afectado por el Fenómeno El Niño” (CAF, 2000, p. 21).

En línea con el estudio de Rojas et al. (2014), ENOS presenta grados de intensidad de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña, generalmente la temperatura medida por encima o debajo del promedio en el Océano Pacífico ecuatorial en la región de El Niño 3.4. La temperatura entre los rangos de -0,5 y 0,5 se refiere a la ausencia de eventos climáticos. En el fenómeno de La Niña, el grado de intensidad se presenta desde -0,5 a -0,9 como anomalía leve, el rango de -1,0 a -1,4; se refiere a una anomalía moderada y por debajo de -1,5, el evento adquiere una intensidad severa. Asimismo, los grados de intensidad del fenómeno de

El Niño se registran a partir del umbral de 0,5 del ENOS en adelante: Entre 0,5 y 0,9, el evento presenta una intensidad leve; en el intervalo de 1,0 a 1,4, El Niño adquiere la característica moderada y por encima de 1,5, es un fenómeno severo (Gráfico 1).

Gráfico 1
El Niño Oscilación del Sur
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia con base a datos del *National Oceanic and Atmospheric Administration*

Aliaga & Aguilar (2009) precisaron que la incidencia de los fenómenos climáticos sobre el PIB agrícola de Bolivia es evidente en los años 1983, 1987, 1993 y 2007, donde fuertes eventos del fenómeno de El Niño generaron una caída del PIB sectorial. Asimismo, Bayal (2009) indicó que el impacto de El Niño 1982-1983 fue superior al de 1997-1998, en cuanto a magnitud y persistencia.

La relación lineal no es clara entre el Índice Global de Actividad Económica (IGAE) por tipo de producción, Agrícola No Industrial e Industrial y el ENOS. En el primer caso, es negativa y en el segundo positiva. En consecuencia, el coeficiente de determinación muestra una escasa relación lineal entre las variables (Apéndice A.1; a y b). Por ello, se recurrió a la estimación de la cuasi-correlación cruzada (CCC), metodología propuesta por Abiad et al.

(2013)⁵. La construcción de este indicador mide de forma apropiada la relación dinámica entre ENOS y la Producción Agrícola (No Industrial e Industrial).

Dentro de la trayectoria de la CCC entre ENOS y el IGAE de Productos Agrícolas No Industriales, la ocurrencia del fenómeno de El Niño registra valores por encima al fenómeno de La Niña (en valor absoluto); esto implica que a incrementos de la temperatura de la zona El Niño 3.4, mayor intensidad positiva de ENOS (El Niño) se intensifica la relación asincrónica con el IGAE; lo que se traduciría en disminuciones sostenidas de la tasa de crecimiento de la actividad.

Según la CAF (2000), los fenómenos climáticos registrados en 1997/98 en Bolivia afectaron todo el territorio nacional y causaron déficits de precipitaciones, lo que determinó un cuadro de sequías en las zonas más afectadas. Las únicas regiones que presentaron precipitación por encima de lo normal durante el período de septiembre-marzo fueron: el área de influencia de las ciudades de Trinidad y Santa Cruz, la región del Chapare y el Noreste de la cuenca amazónica.

La mayor contracción registrada de la tasa de crecimiento fue en 1998, -6,4% del PIB de Productos Agrícolas No Industriales, evento asociado a una condición climática muy adversa de sequía (El Niño severo, Gráfico 1), por lo que el indicador de la CCC muestra la mayor caída en esa gestión (-11,9).

⁵ $ccc_{t,ij} = \frac{(g_{it}-g_{it}^*)(g_{jt}-g_{jt}^*)}{(\sigma_{t,i}\sigma_{t,j})}$. El comportamiento de dicho indicador tiene similitud a las correlaciones dinámicas de un modelo MGARCH

(1,1). Las características de la metodología se encuentran en el Apéndice B.

Andersen et al. (2015) señalan que durante El Niño en 2006/07, las inundaciones dejaron pérdidas económicas por USD410 millones en la ganadería y la agricultura (110 mil hectáreas de cultivos de soya, 40 mil hectáreas de cultivos de arroz y 35 mil hectáreas entre otros cultivos), especialmente en las tierras bajas de Beni y Santa Cruz.

En los dos eventos posteriores de El Niño en 2009/10 y 2015/16, se evidenció la misma relación asincrónica, pero de menor intensidad. A pesar de que en 2016 existió nuevamente un fenómeno de El Niño severo, la contracción del PIB fue de 1,9%.

Asimismo, la ocurrencia de La Niña se asociaría a una desaceleración de la actividad, es decir, existe sincronía entre una disminución de la temperatura de la zona El Niño 3.4 (valores negativos del ENOS) y una caída o estancamiento de la actividad se refleja en una CCC positiva.

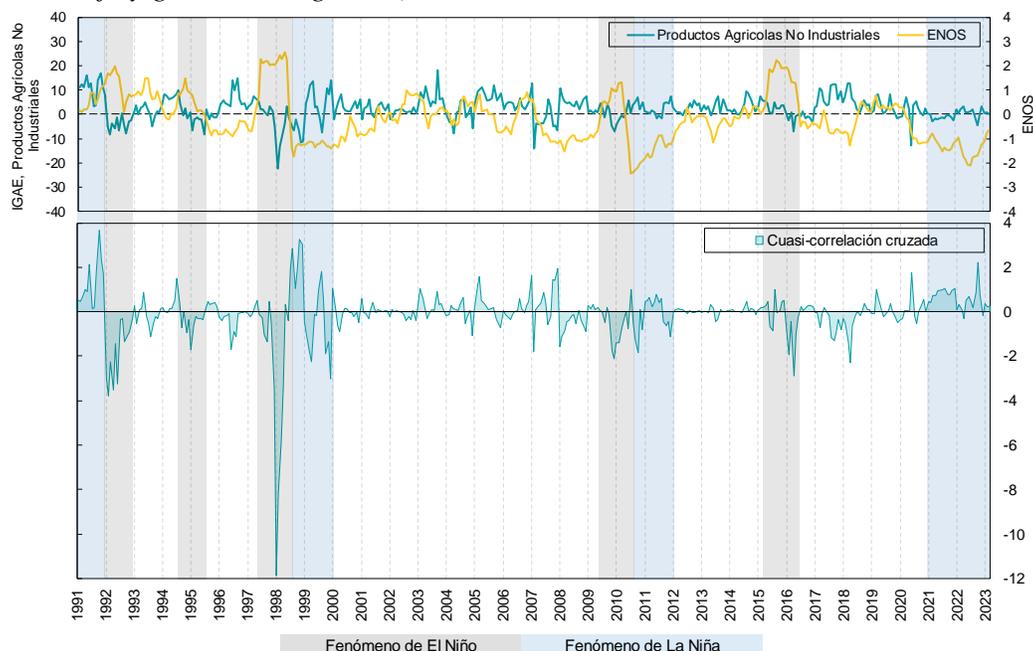
Los episodios de mayor sincronía entre ENOS y la tasa de crecimiento de la actividad fueron en 1991, 1999/00 y 2021/22; sin embargo, se registraron tasas de crecimiento positivas pero moderadas en dichas gestiones, con excepción en 2021/22, periodos afectados por un fenómeno prolongado de La Niña, lo que afectó adversamente el crecimiento del sector, -1,5% y 0,7% en 2021/22, respectivamente.

En síntesis, la CCC evidencia que la asincronía registrada de ENOS (en el fenómeno de El Niño), se asociaría a una mayor contracción de la Producción Agrícola No Industrial. En contraste, con el fenómeno de La Niña, la relación es débil, vale decir, que la ocurrencia de este fenómeno climático generaría una disminución menor o una desaceleración de la actividad (Gráfico 2).

Gráfico 2

Cuasi-correlaciones cruzadas ENOS – Tasa de crecimiento del IGAE, Producción Agrícola No Industrial

(En porcentaje y grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y del *National Oceanic and Atmospheric Administration*

En cambio, la relación dinámica entre ENOS y el IGAE de Productos Agrícolas Industriales medida por la CCC presenta un comportamiento diferente. La mayor asincronía de ENOS y la tasa de crecimiento de la actividad se evidenció en los años 90's (fenómeno de El Niño), específicamente en 1992 y 1997/98. En estos episodios, se registraron contracciones de 14%, 6,5% y 3,6%, respectivamente.

El Atlas de El Niño La Niña (s.f.) describe que durante El Niño 1997-1998 en Bolivia, los principales daños se relacionaron con los sectores productivos, especialmente el agrícola; predominando las sequías y en menor medida, las heladas. Las pérdidas ascendieron a más de USD500 millones y representaron cerca del 7% del PIB de 1997 del país.

Los eventos adversos registrados se materializaron hacia los cultivos de caña de azúcar y del grano de soya. No obstante, en 2005 se autorizó el uso de la semilla de soya transgénica mediante el D.S. N° 28225, medida que afectó la respuesta del cultivo de la soya frente a las elevaciones de temperatura registradas en el ENOS, de manera que la asincronía entre el fenómeno de El Niño y el IGAE de Productos Agrícolas Industriales fue leve a partir de esa gestión. De hecho, en el evento registrado en 2015/16, la actividad registró tasas de crecimiento positivas (11,5% y 10,7%, correlativamente). En contraste, la ocurrencia del fenómeno de La Niña, con valores negativos de ENOS, presenta una relación sincrónica más intensa con el IGAE de Productos Agrícolas Industriales. Por ejemplo, se registró un fenómeno de La Niña desde mediados de 1998 hasta principios de los 00's de intensidad severa en un principio y luego una persistencia moderada (Gráfico 1).

El crecimiento del PIB de Productos Agrícolas Industriales se contrajo en 6,5% en 1998 y 3,6% en 1999, periodo en el que la CCC registró valores positivos cercanos a 2. Según Bayal (2009), durante los eventos El Niño 2006-2007 y La Niña 2007-2008; se registraron inundaciones, sequías y heladas de magnitud, con pérdidas de USD133 millones y USD276 millones, respectivamente. La gestión de mayor adversidad asociada al fenómeno de La Niña severa se registró en 2010/11 (Gráfico 1) y sus consecuencias se reflejaron en una caída de la actividad en 18% en 2010, mientras que, la sincronía entre ambas variables alcanzó su máximo histórico (6,5).

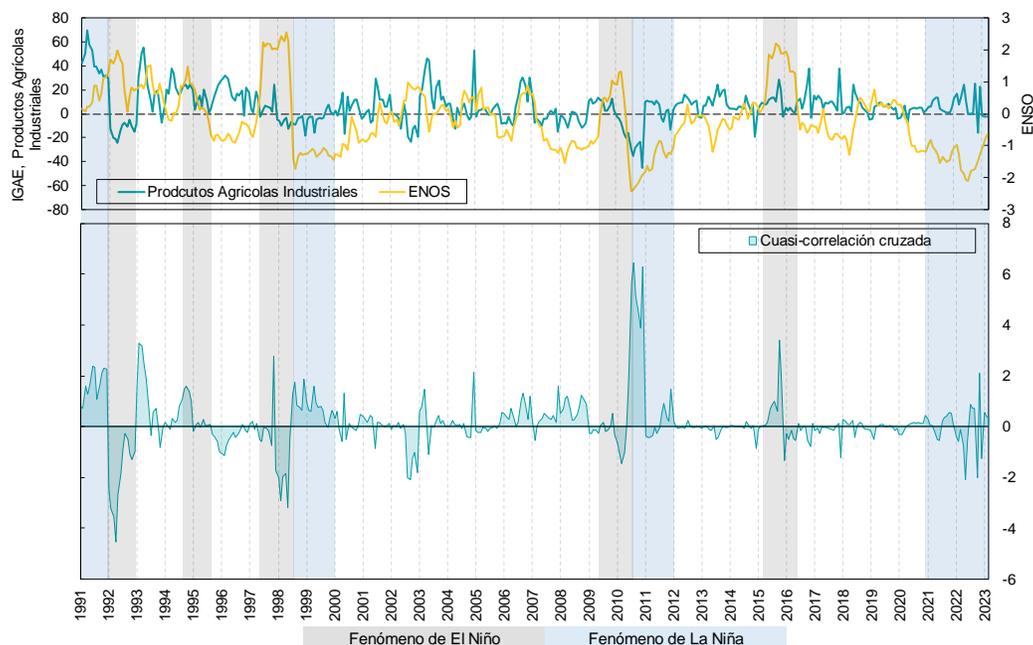
Entre 2021 y 2022, si bien la ocurrencia de La Niña se materializó, no se evidenciaron caídas de la tasa de crecimiento del sector, por lo que los efectos climáticos en Bolivia son heterogéneos (Gráfico 3). En suma, a lo largo de las CCC estimadas se podría concluir que,

el fenómeno de La Niña presenta una mayor sincronía con las disminuciones de la tasa del IGAE de Productos Agrícolas Industriales a diferencia de los No Industriales.

Gráfico 3

Cuasi-correlaciones cruzadas ENOS – Tasa de crecimiento del IGAE, Producción Agrícola Industrial

(En porcentaje y grados centígrados)



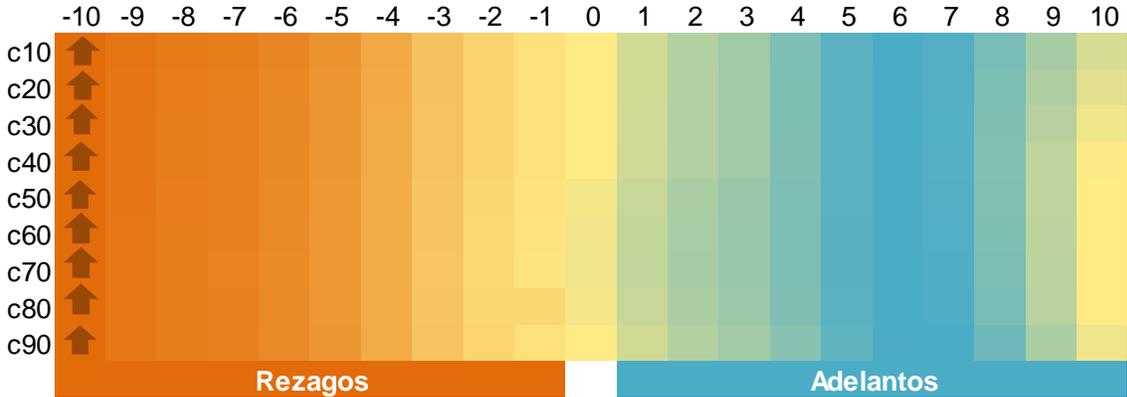
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Instituto Nacional de Estadística y del *National Oceanic and Atmospheric Administration*.

Si bien el análisis con las CCC muestra sincronía o asincronía entre dos variables en cada instante del tiempo, una desventaja del indicador es la falta de la relación temporal entre variables, dicho de otro modo, la identificación de rezagos o adelantos de una variable respecto a otra. Por este motivo, para robustecer el análisis estadístico, se empleó la metodología de Han et al. (2016) mediante los cuantilogramas cruzados (CGC). Este indicador mide la predictibilidad no lineal entre dos series de tiempo, además proporciona un panorama más completo de la asociación entre ENOS y la tasa de crecimiento del IGAE

de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales, ya que se basa en los cuantiles (o percentiles) condicionales de la distribución de ambas variables.

La predictibilidad no lineal entre ENOS y del IGAE de la Producción Agrícola No Industrial, muestra al mismo nivel de la distribución (cuantil) que la tasa de crecimiento de actividad se constituye en una variable rezagada en diez periodos a lo largo de la distribución en ambas variables. Un desempeño adverso en la Producción Agrícola No Industrial frente a variaciones atípicas de la temperatura por encima o por debajo de lo normal en la zona El Niño 3.4, se mantendría en diez meses (Gráfico 4). Sin embargo, se observa la existencia de una relación altamente pro-cíclica en los extremos de la distribución; en el décimo, vigésimo, octogésimo y nonagésimo cuantil (Apéndice C, Gráfico C.1). Esta característica idiosincrática reflejaría los eventos extremos registrados de temperatura, dicho de otro modo, se asociaría a la intensidad de los fenómenos climáticos: El Niño Severo y La Niña Severa.

Gráfico 4
Cuantilogramas cruzados ENOS – Tasa de crecimiento del IGAE, Producción Agrícola No Industrial



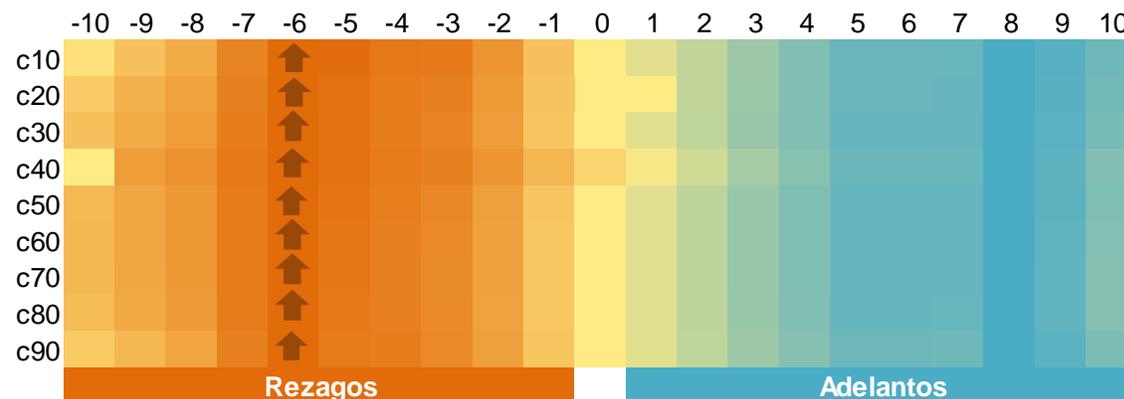
Fuente: Elaboración propia

En cambio, los resultados de la predictibilidad no lineal entre ENOS y del IGAE de la Producción Agrícola Industrial muestran que la tasa de crecimiento de actividad se constituye

en una variable rezagada en seis periodos a lo largo de toda la distribución (Gráfico 5). Las estimaciones se encuentran al mismo nivel de cuantiles en ambas variables. En el mismo sentido de los resultados anteriores, en los dos primeros y dos últimos deciles, se observa una relación altamente pro-cíclica (Apéndice C, Gráfico C.2). En este contexto, la ocurrencia de El Niño Severo y La Niña Severa se asociaría a una disminución de la tasa de crecimiento del IGAE de la Producción Agrícola No Industrial persistente en seis meses.

Gráfico 5

Cuantilogramas cruzados ENOS – Tasa de crecimiento del IGAE, Producción Agrícola Industrial



Fuente: Elaboración propia

Bajo todo el análisis estadístico expuesto con CCC o CGC, es menester la estimación de efectos causales para cuantificar el daño causado por los eventos climáticos (El Niño o La Niña) en la producción de cultivos y en el PIB agrícola.

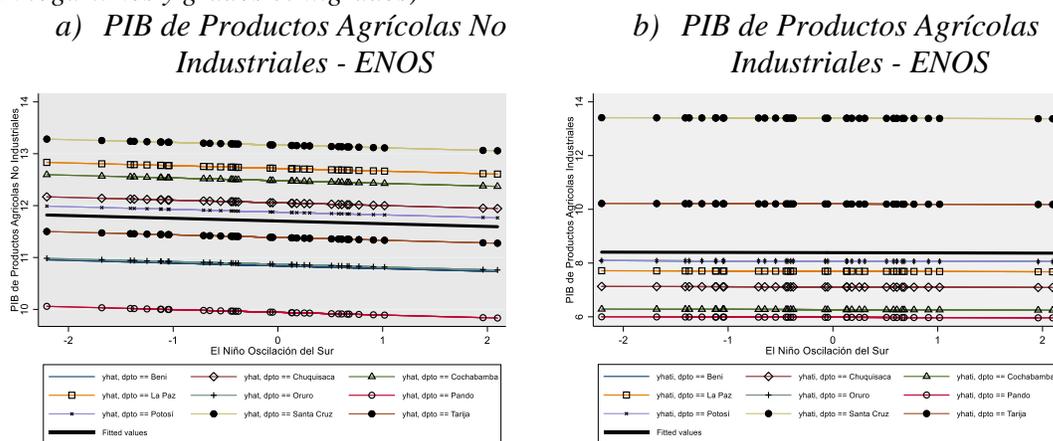
IV. Modelo Econométrico

La naturaleza de los datos empleados en el estudio es de corte longitudinal. Por lo tanto, se analizará los determinantes de la producción por tipo de cultivo y el PIB agrícola de los nueve departamentos de Bolivia bajo la presencia del fenómeno de El Niño y La Niña. Asimismo, según la literatura consultada, se emplearán variables idiosincráticas para este tipo de

modelación, como ser: la superficie cultivada, el uso de semillas, precipitación, humedad, días de heladas, entre otras, con ello se dispondrá de una mayor cantidad de información para la estimación. Las metodologías empleadas en los determinantes de la producción por tipo de cultivo son regresiones agrupadas, con efectos fijos y aleatorios. Luego, para determinar el efecto climático en el PIB agrícola, se empleó la metodología de medición causal.

Una regresión simple entre el PIB agrícola departamental y ENOS, incluso controlándola por variables categóricas por departamentos, no muestra una evidencia sobre si la producción se vería afectada por la ocurrencia de algún fenómeno climático. No obstante, los niveles del PIB de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales en el departamento de Santa Cruz son superiores al resto de departamentos en ambos casos (Gráfico 6).

Gráfico 6
Regresión entre el PIB Agrícola y el ENOS
(En logaritmos y grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia

IV.1 Regresión agrupada, efectos fijos y aleatorios

Con el propósito de capturar de manera precisa las elasticidades asociadas a eventos climáticos, se recurrió a la estimación por Mínimos Cuadrados Agrupados (POLS, por sus siglas en inglés), Efectos Fijos (EF) y Efectos Aleatorios (EA). Se emplearon estas

metodologías para estimar los efectos de El Niño y La Niña en la producción de cereales, estimulantes, frutales, hortalizas, tubérculos, forrajes y productos industriales (entre las principales, se encuentra la caña de azúcar y los granos de soya).

La estructura del modelo es la siguiente:

$$y_{i,t} = \alpha_i + x'_{i,t}\beta + u_{i,t} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

donde el vector $y_{i,t}$ es la producción por tipo de cultivo (descrito en sección V) en logaritmos.

El vector $x_{i,t}$ de dimensión $1 \times K$, presenta las variables exógenas: i) Superficie cultivada, ii) Certificación de semillas, iii) Importación de semillas, iv) Precipitación, v) Humedad, vi) Registro de heladas, vii) Temperatura media, viii) Capital doméstico privado y ix) Capital público⁶; variables empleadas como controles para capturar el efecto climático. Por último, se insertó dos variables dicotómicas, que toman el valor de uno frente a la ocurrencia del fenómeno de El Niño y La Niña. $u_{i,t}$ es el término de error compuesto ($u_{i,t} = \mu_i + v_{i,t}$); μ_i se refiere a los efectos individuales como consecuencia de la heterogeneidad inobservada permanente en el tiempo y $v_{i,t}$ es un término idiosincrático. Ambos son IID $\sim (0, \sigma^2)$ e independientes uno del otro.

En una regresión POLS es posible que la $Cov(x_{i,t}; u_{i,t}) \neq 0$, debido a cualidades inobservables de los departamentos, por lo que se incurriría en problemas de variable omitida, dando como resultados coeficientes (β) sesgados.

⁶ Para controlar efectos de concavidad se incorporó un término cuadrático de las variables de Precipitación, Humedad y Registro de heladas.

Mientras que, en un modelo de EF la $E(y_{i,t}|\alpha_i x'_{i,t}) = \alpha_i + x'_{i,t}\beta$, bajo el supuesto de $u_{i,t}|\alpha_i x'_{i,t} = 0$, se logra obtener que $\beta_j = \partial E(y_{i,t}|\alpha_i x'_{i,t})/\partial x'_{j,i,t}$. Esta especificación indica que los coeficientes (efecto marginal, β_j) son consistentes a pesar de que los regresores ($x_{j,it}$) varían el tiempo. La estimación de la ecuación 1 por EF explora la relación entre las variables explicativas dentro de cada departamento, ya que cada uno tiene características particulares que pueden influir o no en las variables predictoras (posible presencia de sesgo en β_j). Entonces, EF elimina el efecto de esas características invariables en el tiempo, de tal modo que se evalúe el efecto neto de los predictores sobre la variable dependiente.

Por otro lado, la estimación de 1 por EA supone aleatoriedad entre los departamentos y no existe la presencia de correlación con las variables independientes. Al asumir que el término de error no está correlacionado con los predictores, permite que las variables invariantes en el tiempo desempeñen un rol como variables explicativas. Como el término (α_i) es aleatorio, permite las estimaciones robustas de los coeficientes e incluso de los regresores invariantes en el tiempo, por tanto, $E(y_{i,t}|x_{i,t})$ puede ser estimado.

IV.2. Análisis de mediación causal

Con respecto a los determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales y del PIB de Productos Agrícolas Industriales, se optó por la metodología de análisis de mediación causal (AMC)⁷ propuesta por Imai et al. (2010). Este método nace a partir de los problemas que presentan los modelos lineales: i) la falta de una definición general de los efectos de mediación causal independiente de un modelo estadístico particular, ii) la incapacidad de

⁷ Ver Apéndice G, para el detalle de la metodología.

especificar el supuesto de identificación clave y iii) la dificultad de extender el marco a modelos no lineales. En este sentido, el AMC identifica tres tipos de variables: dependiente (*output*, $Y_{i,t}$), tratamiento ($T_{i,t}$) y mediadora ($M_{i,t}$).

$$M_{i,t} = \alpha_2 + \beta_2 T_{i,t} + \delta_2^T X_{i,t} + \varepsilon_{i,t2} \quad (2)$$

$$Y_{i,t} = \alpha_3 + \beta_3 T_{i,t} + \gamma M_{i,t} + \delta_3^T X_{i,t} + \varepsilon_{i,t3} \quad (3)$$

Como $M_{i,t}$, se tomó la producción en toneladas métricas por tipo de cultivo. El $T_{i,t}$, es la ocurrencia del fenómeno climático, variable dicotómica. $Y_{i,t}$ (*output*) refleja el PIB de Productos Agrícolas No Industriales o el PIB de Productos Agrícolas Industriales. Lo esencial del AMC es la estimación de β_3 , β_2 y γ , una vez que estén controladas por $X_{i,t}$: i) Superficie cultivada, ii) Certificación de semillas, iii) Importación de semillas, iv) Precipitación, v) Humedad, vi) Registro de heladas y vii) Temperatura media. El efecto del fenómeno de El Niño o La Niña en la variable *output* (PIB agrícola), se captura por el producto de $\gamma * \beta_2$.

$$Prod. \text{ de cultivos}_{i,t} = \alpha_2 + \beta_2 Fen. \text{ climático}_{i,t} + \delta_2^T X_{i,t} + \varepsilon_{i,t2}$$

$$PIB \text{ agrícola}_{i,t} = \alpha_3 + \beta_3 Fen. \text{ climático}_{i,t} + \gamma Prod. \text{ de cultivos}_{i,t} + \delta_3^T X_{i,t} + \varepsilon_{i,t3}$$

V. Resultados

V.1. Efectos de largo plazo en la producción de cultivos

Las estimaciones de largo plazo mediante POLS, EF y EA muestran que tanto la ocurrencia del fenómeno de El Niño y La Niña tienen un impacto negativo en la producción de los diferentes cultivos analizados, de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales. En efecto, se procedió a la estimación de doce modelos por tipo de cultivo y como consecuencia de la aplicación del Test de Hausman, se excluyó los resultados por EA. Además, el signo de

los coeficientes presenta las tendencias esperadas según la literatura consultada. Por ejemplo, factores como la superficie cultivada, temperatura media, la certificación e importación de semillas poseen un signo positivo; de la misma manera, la precipitación y la humedad afectan directamente el desempeño de los cultivos de los productos agrícolas. Sin embargo, su término cuadrático presenta un valor negativo, ya que las condiciones atmosféricas anormalmente intensas generan un daño en el proceso de crecimiento de los cultivos. Por otro lado, los días en las que se registró heladas tienen un efecto negativo, puesto que destruyen el cultivo en la etapa de la cosecha (Cuadro 1).

Cuadro 1
Elasticidades en datos de Panel (Efectos Fijos)

VARIABLES	Cereales	Estimulantes	Frutales	Hortalizas	Tuberculos	Forrajes	Industriales
Superficie cultivada	1,096*** (0,1480)	1,403*** (0,2560)	1,434*** (0,1050)	0,993*** (0,2320)	1,772*** (0,2170)	0,800*** (0,0452)	1,173*** (0,4270)
Certificación de semillas	0,117 (0,1020)	0,0489 (0,0802)	-0,0483 (0,0437)	0,0336 (0,1110)	-0,327*** (0,0765)	0,113*** (0,0337)	-0,461* (0,2740)
Importación de semillas	0,0116 (0,0146)	0,00551 (0,0132)	0,00587 (0,0041)	0,0123 (0,0183)	-0,00713 (0,0066)	-0,0125*** (0,0044)	-0,0627** (0,0261)
Precipitación	0,000534 (0,0004)	-0,0000324 (0,0003)	0,0000237 (0,0001)	-0,000175 (0,0005)	0,000197 (0,0003)	-0,000135 (0,0001)	0,000308 (0,0007)
Precipitación_2	-3,11e-07* (0,0000)	0,00000046 (0,0000)	-1,19E-08 (0,0000)	0,00000003 (0,0000)	-8,23E-08 (0,0000)	6,27E-08 (0,0000)	4,31E-08 (0,0000)
Humedad	0,0178 (0,0253)	0,0168 (0,0237)	0,00449 (0,0107)	0,00999 (0,0325)	-0,0293 (0,0264)	0,0428*** (0,0117)	-0,0637 (0,0603)
Humedad_2	-0,000174 (0,0002)	-0,000163 (0,0003)	-0,0000546 (0,0001)	-0,000167 (0,0003)	0,000272 (0,0003)	-0,000371*** (0,0001)	0,000508 (0,0006)
Heladas	-0,00901** (0,0044)	-0,000665 (0,0047)	-0,0015 (0,0014)	-0,0049 (0,0046)	-0,0026 (0,0028)	-0,00171 (0,0016)	-0,0105 (0,0096)
Heladas_2	3,76e-05** (0,0000)	0,00000397 (0,0000)	0,00000306 (0,0000)	0,0000104 (0,0000)	0,0000135 (0,0000)	0,00000489 (0,0000)	-5,99E-08 (0,0000)
Temperatura media	0,0256 (0,0318)	0,0395 (0,0553)	-0,00131 (0,0099)	-0,013 (0,0479)	0,00834 (0,0263)	0,00419 (0,0099)	-0,0284 (0,0588)
Niño	0,00278 (0,0435)	-0,0148 (0,0375)	-0,0284 (0,0178)	-0,0383 (0,0448)	-0,0142 (0,0272)	-0,0321** (0,0159)	-0,0811 (0,1470)
Niña	-0,0278 (0,0359)	0,00634 (0,0320)	-0,0154 (0,0126)	0,0175 (0,0430)	-0,0384 (0,0314)	-0,0201 (0,0127)	-0,0451 (0,1050)
Constant	-3,007* (1,7220)	-4,630*** (1,7570)	-1,279 (0,9500)	1,293 (2,0930)	-1,389 (1,6190)	0,867 (0,7150)	9,426** (4,3830)
Observations	92	63	90	92	92	92	78
R-squared	0,775	0,716	0,926	0,69	0,758	0,929	0,587
Number of dpto	7	5	7	7	7	7	6

Robust standard errors in parentheses
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Fuente: Elaboración propia

En la mayoría de los casos, el efecto de El Niño tiene un impacto adverso por encima al fenómeno de La Niña. Sin embargo, este hallazgo se asociaría exclusivamente cuando ENOS se encuentra desde el umbral de 0,5 en adelante y por debajo de -0,5, caracterizado por El

Niño y La Niña, respectivamente. En ese marco, para cuantificar el efecto de cambio climático sobre la producción, se deben adicionar los coeficientes estimados de la precipitación, humedad y heladas; puesto que, El Niño se caracteriza por déficit de precipitaciones y una humedad por debajo de lo normal. En función de la intensidad del fenómeno, esta podría converger a una sequía extrema. En contraste, generalmente La Niña causa precipitaciones y humedad por encima de lo normal, ocasionando inundaciones. En este sentido, la suma de los coeficientes (betas) con el signo apropiado en función al evento climático, capturan las condiciones atmosféricas adversas de El Niño o La Niña en la producción.

V.2. Efectos a partir del Análisis de mediación causal en el PIB Agrícola

Para estimar los efectos del cambio climático en el PIB de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales, se realizaron catorce modelos aplicando el AMC; siete para El Niño y La Niña, respectivamente.

Los resultados muestran que el efecto desfavorable del fenómeno de El Niño en el PIB de Productos Agrícolas No industriales se encuentra por encima al evento de La Niña. Los efectos estimados empleando variables mediadoras por tipo de cultivo muestran que, el mayor impacto se asocia a la producción de cereales, el cual reporta una disminución de 0,20pp de la tasa de crecimiento de la actividad ante la ocurrencia de este evento, seguido de 0,13pp de disminución cuando la variable mediadora es la producción de frutales. En cambio, los efectos de La Niña en el PIB de Productos Agrícolas No industriales son positivos, de una cuantía reducida en comparación a la ocurrencia del fenómeno de El Niño (Cuadro 2).

Cuadro 2

Efectos del cambio climático en el PIB de Productos Agrícolas No industriales a través de la producción de cultivos

<i>El Niño</i>		<i>La Niña</i>	
<i>Producción de cereales</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	-.0331635	ACME	-.0319873
Direct Effect	-.1622964	Direct Effect	.1614363
Total Effect	-.1954599	Total Effect	.129449
% of Tot Eff mediated	.1546148	% of Tot Eff mediated	-.2076775
<i>Producción de estimulantes</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	-.0281163	ACME	.0040773
Direct Effect	-.0193502	Direct Effect	.030858
Total Effect	-.0474665	Total Effect	.0349353
% of Tot Eff mediated	.3990734	% of Tot Eff mediated	.074386
<i>Producción de frutales</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	.0020088	ACME	.0002167
Direct Effect	-.133574	Direct Effect	.0731436
Total Effect	-.1315653	Total Effect	.0733603
% of Tot Eff mediated	-.0147569	% of Tot Eff mediated	.0025536
<i>Producción de hortalizas</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	-.0113508	ACME	.0021598
Direct Effect	.0402244	Direct Effect	.0393411
Total Effect	.0288736	Total Effect	.0415009
% of Tot Eff mediated	-.1232191	% of Tot Eff mediated	.029485
<i>Producción de tubérculos</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	.0099895	ACME	-.0114608
Direct Effect	-.041167	Direct Effect	.0509019
Total Effect	-.0311776	Total Effect	.0394412
% of Tot Eff mediated	-.1432028	% of Tot Eff mediated	-.2000101
<i>Producción de forrajes</i>			
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	-.0086551	ACME	.007086
Direct Effect	-.0084094	Direct Effect	.0696417
Total Effect	-.0170645	Total Effect	.0767277
% of Tot Eff mediated	.100032	% of Tot Eff mediated	.0862107

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los efectos de las condiciones atmosféricas adversas, El Niño o La Niña, en el PIB de Productos Agrícolas Industriales son negativos en ambos casos. Las condiciones registradas en ENSO por debajo del umbral de -0,5, correspondiente a La Niña, presenta el efecto más contraproducente en la actividad económica. Este resultado se explica por la producción de caña de azúcar y grano de soya, que se concentra en el oriente del país. Este fenómeno se traduce en inundaciones, materializadas en precipitación por encima de lo normal, lo cual genera una destrucción de los cultivos, afectando negativamente la actividad económica (Cuadro 3).

Cuadro 3

Efectos del cambio climático en el PIB de Productos Agrícolas Industriales a través de la producción de cultivos

<i>El Niño</i>		<i>La Niña</i>	
Effect	Mean	Effect	Mean
ACME	-.0107768	ACME	.0010242
Direct Effect	-.0119076	Direct Effect	-.0407108
Total Effect	-.0226844	Total Effect	-.0396867
% of Tot Eff mediated	.0688059	% of Tot Eff mediated	-.0104785

Fuente: Elaboración propia

Con base a los resultados por el AMC y siguiendo la misma hermenéutica de los resultados por EF, se procedió a la suma sobre la semi-elasticidad de los eventos climáticos, los coeficientes estimados de la precipitación, humedad y heladas con el signo apropiado en función a las condiciones atmosféricas registradas (Apéndice E). La construcción de un escenario contra-factual, en ausencia del fenómeno de El Niño o La Niña, tiene el siguiente procedimiento: i) Cuando el indicador de ENOS toma un valor de 0,5, la pérdida en la tasa de crecimiento del PIB de Productos Agrícolas No Industriales es equivalente a 1,01pp. Este resultado es la línea base para estimar la pérdida dinámica en función al grado de intensidad

del fenómeno de El Niño. Luego, cuando el ENOS registra un valor de -0,5, referente al fenómeno de La Niña, la pérdida base es de 0,19pp de la tasa de crecimiento del PIB de Productos Agrícolas No Industriales. Posteriormente, se estimada la pérdida en relación al grado de ocurrencia conjunta de los fenómenos climáticos y ii) De manera similar, respecto al PIB de Productos Agrícolas Industriales, se tomaron los coeficientes de los No Industriales hasta 2004. Como consecuencia de la implementación del D.S. N° 28225 en 2005 sobre el uso de transgénicos en los cultivos y a partir del cálculo de los coeficientes de -0,12 y -0,27 hasta el final de la muestra, la pérdida se relaciona con los fenómenos de El Niño y La Niña. El escenario contra-factual construido desde 1991 hasta 2022 (Gráfico 7), estima que el PIB de Productos Agrícolas No Industriales tuvo una pérdida de Bs10.763 millones (medidos en Bs. de 1990), lo que se traduce en términos corrientes en Bs54.836 millones a lo largo del periodo estudiado; en cambio, la diferencia entre el PIB de Productos Agrícolas Industriales observado y el contra-factual registra una pérdida de Bs3.477 millones (medidos en Bs. de 1990) en el intervalo de 1991 – 2022, valor que asciende como variable nominal a Bs11.465 millones⁸.

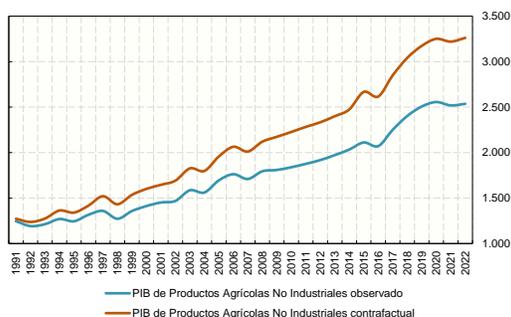
⁸ Ver Apéndice F sobre el cálculo del PIB nominal contra-factual.

Gráfico 7

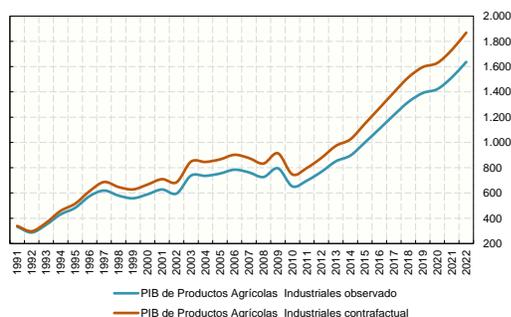
PIB agrícola

(En Millones de Bs. de 1990)

a) PIB de Productos Agrícolas No Industriales



b) PIB de Productos Agrícolas Industriales



Fuente: Elaboración propia

VI. Conclusiones y Recomendaciones

El cambio climático es un fenómeno provocado por la mano del hombre, la constante variabilidad climática en los últimos años genera condiciones atmosféricas extremas, temperatura y precipitaciones pluviales. Uno de los indicadores de monitoreo del clima es El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), el cual describe un patrón climático, oscilación de los parámetros meteorológicos. Generalmente ENOS tiene dos fases, el fenómeno de El Niño y La Niña. El primero se produce cuando las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial se calientan por encima del comportamiento normal histórico, generalmente este fenómeno está asociado a temperaturas por encima de lo normal y déficit de lluvias. El segundo, se asocia al enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial por debajo de lo normal, este fenómeno genera temperaturas por debajo de lo normal e inundaciones. Por lo tanto, en Bolivia los fenómenos de El Niño y La Niña tienen un impacto negativo en el desempeño normal de la economía, particularmente del sector agrícola.

La importancia del sector primario, PIB agrícola, en la actividad económica de Bolivia se debe al encadenamiento hacia adelante con otros sectores, es decir, la estabilidad, el desarrollo e impulso del PIB de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales son condiciones iniciales para el desarrollo económico de Bolivia en todas sus dimensiones, como ser: i) el desarrollo de la industria alimenticia, ii) el fortalecimiento de las exportaciones en productos no tradicionales, lo que contribuye al comportamiento favorable de la balanza comercial y iii) la consolidación de la seguridad y soberanía alimentaria, entre las más importantes. En este sentido, estudiar los riesgos que enfrenta la tasa de crecimiento de PIB agrícola ante las condiciones atmosféricas, coadyuva a un mejor entendimiento sobre los efectos y pronósticos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Las condiciones climáticas extremas en las últimas décadas fueron ocasionadas por el desarrollo de la industria dejando de lado la conservación del medio ambiente. Esta es una de las razones por lo que no se concretaría los ODS, por lo cual, ante la ocurrencia de un fenómeno climático, El Niño o La Niña, la exposición al riesgo del sector agrícola en Bolivia es elevado, generando pérdidas cuantiosas sobre la producción de cultivos y por ende, la ocurrencia de este evento limita el crecimiento potencial de la actividad económica agrícola.

El indicador empleado para la identificación de condiciones atmosféricas anómalas es ENOS; su relación dinámica con el IGAE de Productos Agrícolas No Industriales, ante la presencia del fenómeno de El Niño es asincrónica y cuanto mayor intensidad positiva registre ENOS, los valores de la CCC son más bajos (en 1998 el PIB se contrajo en 6,5% y el valor de la CCC fue de -11,9). A lo largo del periodo de estudio se evidencia que ENOS juega un rol relevante respecto a disminuciones sostenidas de la actividad económica; en tanto que, la

relación dinámica respecto a la ocurrencia del fenómeno de La Niña es sincrónica. Ante valores negativos de ENOS existe una desaceleración de la tasa de crecimiento de la actividad económica, de manera que, las CCC presentan valores positivos. La última ocurrencia prolongada del fenómeno de La Niña fue en 2021/22, lo que afectó negativamente al crecimiento del sector en -1,5% y 0,7%, respectivamente.

Por el contrario, la relación dinámica entre ENOS e IGAE de Productos Agrícolas Industriales es distinta. La asincronía de intensidad severa por el fenómeno de El Niño se dio exclusivamente en los 90's en Bolivia. Sin embargo, debido a la incorporación de soya transgénica desde 2005, este tipo de cultivo presenta mayor resiliencia a condiciones de déficit de precipitación y a temperaturas por encima de lo normal, por lo que no se evidenció episodios asincrónicos relevantes en los últimos años. En cambio, la sincronía de la CCC como consecuencia del fenómeno de La Niña con el IGAE devela que, condiciones de bajas temperaturas y precipitaciones por encima de lo normal (ENOS negativo) se relacionan con disminuciones de la actividad económica. Por esta razón, el fenómeno de La Niña presenta una mayor sincronía con las disminuciones de la tasa del IGAE de Productos Agrícolas Industriales a diferencia de los No Industriales.

El análisis de no linealidad de variables a través del CGC evidencia la temporalidad de los efectos climáticos (ENOS) en la tasa de crecimiento del IGAE de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales. En ambos casos, los CGC revelan que el mayor grado de asociación se encuentra en los dos primeros y dos últimos deciles de la distribución de las variables involucradas. Respecto al CGC asociado al IGAE de Productos Agrícolas No Industriales, el efecto se materializa con un rezagado de 10 periodos, en consecuencia, los

efectos de las condiciones atmosféricas extremas persisten en ese intervalo de tiempo. En tanto, los resultados del CGC entre ENOS e IGAE de Productos Agrícolas Industriales muestran que la actividad económica se constituye en una variable rezagada en 6 periodos.

En este contexto, se emplearon dos metodologías distintas para medir los efectos de ENOS en la producción de cultivos y el PIB agrícola. En el primer caso, para estimar los efectos en los cultivos se recurrió a EF, los resultados indican que los eventos de El Niño y La Niña tienen un impacto negativo en la producción no industrial e industrial. La magnitud estimada se encuentra en línea con las investigaciones de Masters & Mcmillan (2001), Andersen et al. (2015), Smith & Ubilava (2017), Bastianin et al. (2018) y Cahyaning et al. (2019). En el segundo caso, se aplicó el AMC para estimar los efectos en el PIB Agrícola, se evidenció una contracción 0,20pp y 0,13pp (efecto El Niño) en la tasa de crecimiento del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a través de la producción de cereales y frutales, entre los más importantes. Mientras que, los resultados de El Niño y La Niña en el PIB de Productos Agrícolas Industriales implicarán una reducción de 0,02 y 0,04, respectivamente.

Con base a los hallazgos previos se construyó un escenario contra-factual (ausencia de El Niño y La Niña) y se demostró una pérdida de Bs54.836 millones en el PIB de Productos Agrícolas No Industriales y Bs11.465 millones en PIB de Productos Agrícolas Industriales.

Actualmente en 2023 los pronósticos de la NOAA respecto a las condiciones atmosféricas y ENOS no son favorables para el mundo y Bolivia en el corto plazo (Apéndice I). Según Dalence (2023), las últimas previsiones de la ONU advierten que El Niño, amenaza la producción agrícola y el crecimiento en la región, puesto que se aproximan, por un lado, lluvias e inundaciones y, por el otro, extremo calor y sequías.

Entonces, las previsiones respecto a las condiciones meteorológicas son dinámicas y ponen en riesgo a la economía de sector agropecuario, a la fuerza laboral asociado a este sector y al bienestar de las comunidades interrelacionadas a esta actividad. Por ello, y en el marco de la mitigación y adaptación al cambio climático y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) de Bolivia, se recomienda que se tendría que seguir un plan de acción ante los desastres naturales que se ocasionarían.

Con base al “Plan Plurinacional de Respuesta Inmediata a la Sequía”⁹, cuyo objetivo fue garantizar la provisión de agua para consumo humano, riego y ganadería en los municipios afectados por la sequía al primer trimestre del 2023 en el país; se debe continuar con la ejecución de las estrategias de acción a nivel nacional, sectorial, departamental y municipal lo que resta del año. Además, con las instancias correspondientes, se deberían gestionar nuevas estrategias y políticas agropecuarias hasta el 2030, en línea con los ODS, para enfrentar las consecuencias y amenazas de los fenómenos de ENOS hacia Bolivia.

De igual manera, dado que mayores ambiciones climáticas requieren mayores flujos de financiación climática, se deberían incentivar proyectos de desarrollo y sostenibles de *startups* o empresas bolivianas que tienen como pilar base la lucha contra el cambio climático y combinan la tecnología.

⁹ Este Plan fue desarrollado por los Ministerios de Defensa, Medio Ambiente y Agua, y Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia.

VII. Referencias Bibliográficas

- Abiad, A., Furceri D, Kalemli-Ozcan, S., & Pescatori, A. (2013). *Dancing Together? Spillovers, Common Shocks, and the Role of Financial and Trade Linkages*.
- Alcaraz, A., Muñoz, G., de Salvo, C., & Lima, E. (2020). *Análisis de políticas agropecuarias en Bolivia*.
- Aliaga, J., & Aguilar, T. (2009). *Informe: Efectos del cambio climático sobre la producción del sector agrícola de Bolivia* (05; 09b). <http://hdl.handle.net/10419/72788>
- Andersen, L. E., Carlos Jemio, L., Andrade, M., Arenas, J., Calvo, N., Gustavo Machicado, C., Molina, O., & Valencia, H. (2015). *La dinámica del cambio climático en Bolivia*.
- Bastianin, A., Lanza, & Manera, A. (2018). Economic impacts of El Niño Southern Oscillation: evidence from the Colombian coffee market. *The Journal of the International Association of Agricultural Economists*, 49(5), 623–633.
- Bayal, A. (2009). *Contingencia agropecuaria en Bolivia. Memorias Taller Subregional “La Incorporación de la Gestión del Riesgo en la Planificación, Inversión Pública, la Protección Financiera de Activos Frente a Desastres y en el Sector Agropecuario”*.
- CAF. (2000). *Las lecciones de El Niño, Bolivia*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/673>
- Cahyaning, H., Siregar, H., & Sahara, S. (2019). Impact of Climate Change on Food Price in the Affected Provinces of El Nino and La Nina Phenomenon: Case of Indonesia. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 7(4), 329–339. <http://ageconsearch.umn.edu>
- Canedo-Rosso, C., Hochrainer-Stigler, S., Pflug, G., Condori, B., & Berndtsson, R. (2021). Drought impact in the Bolivian Altiplano agriculture associated with the El Niño-

- Southern Oscillation using satellite imagery data. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(3), 995–1010. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-995-2021>
- CPC. (2005). *How often do El Niño and La Niña typically occur?* <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- Dalence, A. (2023). El Niño amenaza la producción agrícola y el crecimiento. *La Razón*.
- Duval, R., Cheng, K., Oh, K. H., Saraf, R., & Seneviratne, D. (2014). *Trade Integration and Business Cycle Synchronization: A Reappraisal with Focus on Asia*.
- GIZ. (2013). *El reto del Cambio Climático para el desarrollo agropecuario*. <https://www.bivica.org/file/view/id/113>
- Han, H., Linton, O., Oka, T., & Whang, Y. J. (2016). The cross-quantilegram: Measuring quantile dependence and testing directional predictability between time series. *Journal of Econometrics*, 193(1), 251–270. <https://doi.org/10.1016/J.JECONOM.2016.03.001>
- Hicks, R., & Tingley, D. (2011). Causal mediation analysis. *The Stata Journal*, 11(4), 605–619.
- Imai, K., Keele, L., & Tingley, D. (2010). A General Approach to Causal Mediation Analysis. *Psychological Methods*, 15(4), 309–334. <https://doi.org/10.1037/a0020761>
- INE. (2022). *Nota de prensa PIB 2022*. <https://www.ine.gob.bo/index.php/la-economia-de-bolivia-crecio-en-348-en-2022/>
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

- Masters, W. A., & Mcmillan, M. S. (2001). Climate and Scale in Economic Growth. *Journal of Economic Growth*, 6, Art. 6.
- NOAA. (2023). *What are El Niño and La Niña?*
<https://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html>
- NOAA. (2016). *El Niño and La Niña: Frequently asked questions.*
<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/el-ni%C3%B1o-and-la-ni%C3%B1a-frequently-asked-questions>
- OMM. (2014). *El Niño/ Oscilación del Sur.*
- Pearl, J. (2001). *Direct and indirect effects.* 411–420.
- Robins, J., & Greenland, S. (1992). Identifiability and exchangeability for direct and indirect effects. *Epidemiology*, 3(2), 143–155.
- Rojas, O., Yanyun, L., & Cumani, R. (2014). *Understanding the drought impact of El Niño on the global agricultural areas: An assessment using FAO's Agricultural Stress Index (ASI).* <https://doi.org/10.13140/2.1.1868.3687>
- Roncoli, C., Ingram, K., & Kirshen, P. (2001). The costs and risks of coping with drought: Livelihood impacts and farmers' responses in Burkina Faso. *Climate Research*, 19(2), 119–132. <https://doi.org/10.3354/cr019119>
- Seiler, C., Hutjes, R. W. A., & Kabat, P. (2013). Climate variability and trends in bolivia. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(1), 130–146.
<https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0105.1>
- s.f. (n.d.). *Atlas de El Niño y La Niña.*
- Smith, S. C., & Ubilava, D. (2017). *Economics Working Paper Series The El Niño Southern Oscillation and Economic Growth in the Developing World* (45).

Villazón, M. (2016). *Using climate variability and trends for short and long-term prediction of the effects of El Niño cycles in Bolivia*. www.acodal.org.co

VIII. Apéndices

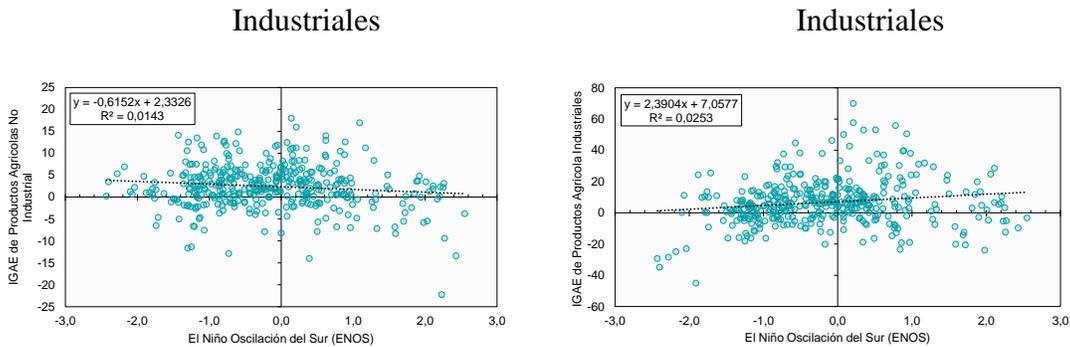
Apéndice A:

Gráfico A.1

Regresión lineal, El Niño Oscilación del Sur – IGAE de Productos Agrícolas No Industriales e Industriales

a) ENOS – Productos Agrícolas No

b) ENOS – Productos Agrícolas



Fuente: Elaboración propia

Apéndice B

Metodología Cuasi-correlación cruzada

La metodología propuesta por Abiad et al. (2013) definen una cuasi-correlación cruzada como:

$$ccc_{t,ij} = \frac{(g_{it} - g_{it}^*)(g_{jt} - g_{jt}^*)}{(\sigma_{t,i}\sigma_{t,j})}$$

donde g_{it} , es el valor de las variables involucradas, g_{it}^* , representa la media y $\sigma_{t,i}$ es la desviación estándar. En línea con Duval et al. (2014), este indicador presente ciertas ventajas en comparación a las técnicas tradicionales:

- 1) Permite calcular la relación estadística en cada instante del tiempo, entre las dos series de tiempo. Por el contrario, la correlación de Pearson móvil puede introducir artificialmente la autocorrelación de las series temporales debido al grado de solapamiento de las observaciones a lo largo de la muestra.
- 2) La medida de cuasi-correlación cruzada conserva algunas buenas propiedades estadísticas. En primer lugar, la media de la serie estimada converge asintóticamente al coeficiente de correlación estándar de Pearson. En segundo lugar, en cualquier momento, la medida no está necesariamente acotada entre -1 y 1.

Apéndice C

Metodología cuantilograma cruzado

La metodología propuesta por Han et al. (2016) define un cuantilograma cruzado como:

$$\rho_{\tau}(k) = \frac{E[\psi_{\tau_1}(g_{1,t} - q_{1,t}(\tau_1))\psi_{\tau_2}(g_{2,t-k} - q_{2,t-k}(\tau_2))]}{\sqrt{E[\psi_{\tau_1}^2(g_{1,t} - q_{1,t}(\tau_1))]} \sqrt{E[\psi_{\tau_2}^2(g_{2,t-k} - q_{2,t-k}(\tau_2))]}}$$

donde g_{it} , es el valor de las variables en tiempo “ t ” y $q_{i,t}$, representa el valor del cuantilograma. $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, Además $\psi_a(u) \equiv 1[u < 0] - a$, se define como una función de acierto. El cuantilograma cruzado considera la dependencia en términos de la dirección de la desviación de los cuantiles condicionales y, como tal, mide la predictibilidad direccional de una serie a otra a distintos niveles de la distribución. Los autores señalan que el cuantilograma está definido incluso para procesos infinitos, y este es invariante ante cualquier transformación estrictamente monótona aplicada a ambas series, como la transformación logarítmica.

La construcción análoga muestral del cuantilograma cruzado para las observaciones $\{x_1, \dots, x_T\}$, en primer lugar se estima las funciones cuantílicas incondicionales resolviendo los siguientes problemas de minimización, por separado:

$$\hat{q}_1(\alpha_1) = \arg \min_{v_1 \in R} \sum_{t=1}^T \pi_{\tau_1} (g_{1t} - v_1) \text{ y } \hat{q}_2(\alpha_2) = \arg \min_{v_2 \in R} \sum_{t=1}^T \pi_{\tau_2} (g_{2t} - v_2)$$

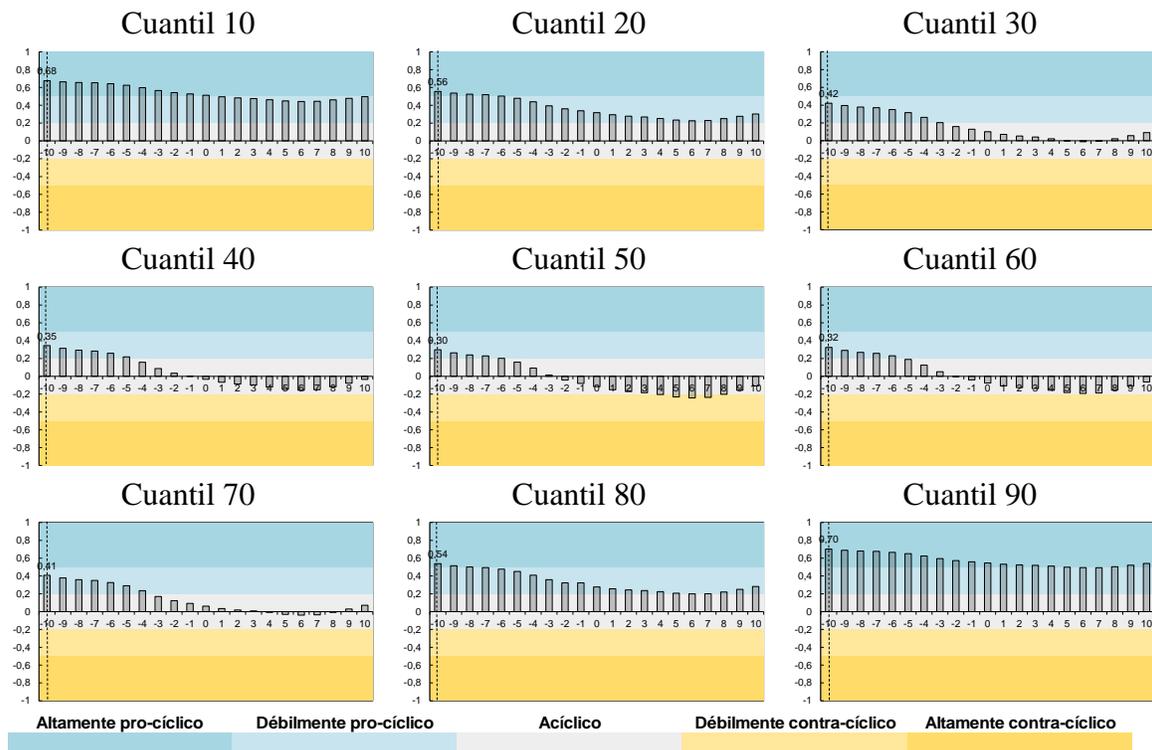
donde $\pi_a(u) \equiv u(a - 1[u < 0])$. El cuantilograma cruzado muestral se define como:

$$\hat{\rho}_{\tau}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^T \psi_{\tau_1}(g_{1,t} - \hat{q}_{1,t}(\tau_1)) \psi_{\tau_2}(g_{2,t-k} - \hat{q}_{2,t-k}(\tau_2))}{\sqrt{\sum_{t=k+1}^T \psi_{\tau_1}^2(g_{1,t} - \hat{q}_{1,t}(\tau_1))} \sqrt{\sum_{t=k+1}^T \psi_{\tau_2}^2(g_{2,t-k} - \hat{q}_{2,t-k}(\tau_2))}}$$

para $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, dado un conjunto de cuantiles, el cuantilograma cruzado considera la dependencia en términos de la dirección de la desviación de los cuantiles.

Gráfico C.1

Cuantilogramas cruzados El Niño Oscilación del Sur – IGAE de Productos Agrícolas No Industriales

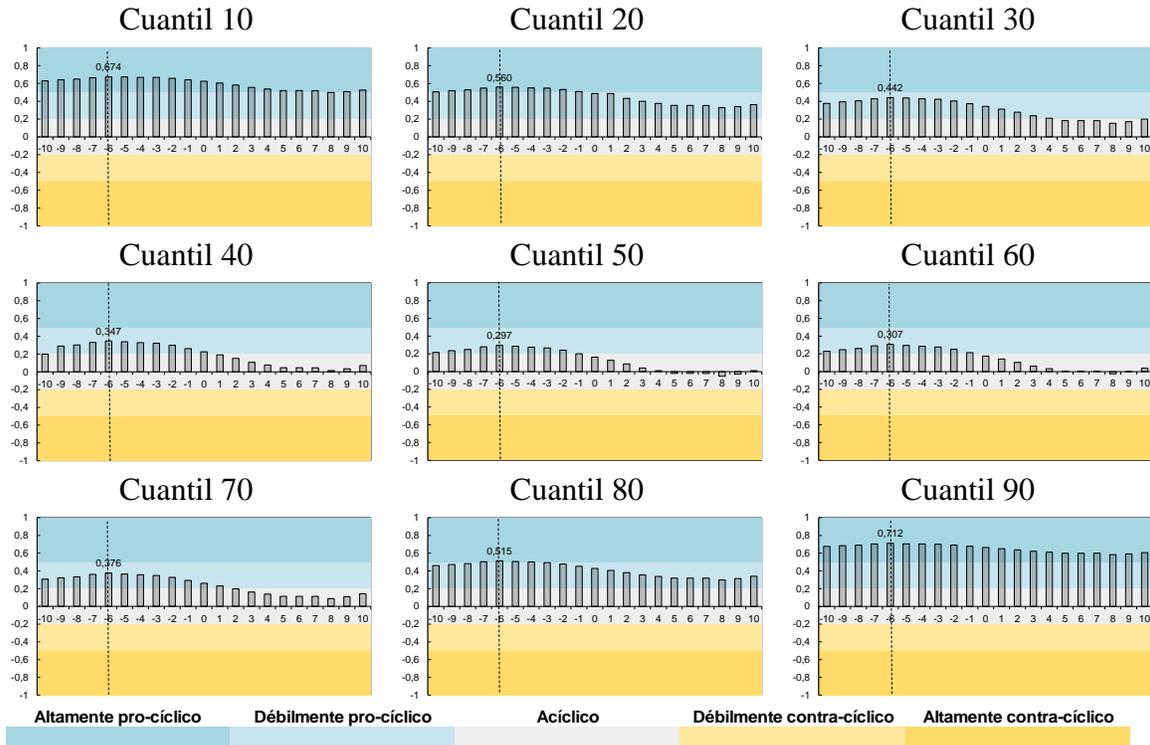


Fuente: Elaboración propia

Nota: Los umbrales de los co-movimientos se obtuvieron con base a Argandoña et al. (1997).

Gráfico C.2

Cuantilogramas cruzados El Niño Oscilación del Sur – IGAE de Productos Agrícolas Industriales



Fuente: Elaboración propia

Nota: Los umbrales de los co-movimientos se obtuvieron con base a Argandoña et al. (1997).

Apéndice D

Cuadro D.1

Determinantes de la Producción de Cereales

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	0,584*** (0.1190)	0,866*** (0.0905)	0,650*** (0.1040)	0,869*** (0.0645)	1,026*** (0.1330)	0,458*** (0.1650)	1,096*** (0.1480)	0,444* (0.2280)	0,584*** (0.0774)	0,866*** (0.0929)	0,650*** (0.0778)	0,869*** (0.0975)
Certificación de semillas	0,134** (0.0493)	0,0301 (0.0717)	0,127** (0.0403)	0,0260 (0.0699)	0,1290 (0.0948)	0,0892 (0.1100)	0,1170 (0.1020)	0,1040 (0.1370)	0,134*** (0.0301)	0,0301 (0.0603)	0,127*** (0.0271)	0,0260 (0.0681)
Importación de semillas	0,0292 (0.0153)	0,0479** (0.0132)	0,0332** (0.0097)	0,0470*** (0.0101)	0,0153 (0.0154)	0,0456*** (0.0094)	0,0116 (0.0146)	0,0457*** (0.0111)	0,0292** (0.0127)	0,0479*** (0.0121)	0,0332** (0.0133)	0,0470*** (0.0115)
Precipitación	0,00 (0.0002)	0,00 (0.0001)	0,00 (0.0005)	0,0005 (0.0003)	-0,0001 (0.0002)	0,0000 (0.0002)	0,0005 (0.0004)	0,0004 (0.0004)	0,000252* (0.0001)	0,0000 (0.0002)	0,000903*** (0.0003)	0,0005 (0.0004)
Precipitación_2			0,00 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			-3,11e-07* (0.0000)	0,0000 (0.0000)			-3,83e-07** (0.0000)	0,0000 (0.0000)
Humedad	0,0069 (0.0042)	0,0073 (0.0041)	0,0337 (0.0736)	0,0108 (0.0141)	0,0005 (0.0037)	0,0024 (0.0051)	0,0178 (0.0253)	0,0138 (0.0233)	0,00686*** (0.0027)	0,00728* (0.0039)	0,0337 (0.0323)	0,0108 (0.0205)
Humedad_2			0,00 (0.0007)	0,0002 (0.0001)			-0,0002 (0.0002)	-0,0002 (0.0002)			-0,0002 (0.0003)	0,0002 (0.0002)
Heladas	0,00 (0.0013)	0,00 (0.0011)	0,00 (0.0022)	-0,0013 (0.0027)	0,0003 (0.0013)	0,0005 (0.0019)	-0,00901** (0.0044)	0,0018 (0.0047)	-0,0007 (0.0012)	-0,0015 (0.0013)	-0,0041 (0.0027)	-0,0013 (0.0030)
Heladas_2			0,00 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			3,76e-05** (0.0000)	0,0000 (0.0000)			0,0000 (0.0000)	0,0000 (0.0000)
Temperatura media	0,0684*** (0.0165)	0,0521** (0.0132)	0,0623** (0.0186)	0,0496*** (0.0104)	0,0214 (0.0280)	0,0095 (0.0456)	0,0256 (0.0318)	0,0156 (0.0528)	0,0684*** (0.0192)	0,0521** (0.0244)	0,0623*** (0.0207)	0,0496* (0.0270)
Niño	-0,09 (0.0449)	-0,02 (0.0446)	-0,0751* (0.0354)	-0,0168 (0.0433)	-0,0016 (0.0495)	-0,0046 (0.0477)	0,0028 (0.0435)	0,0010 (0.0503)	-0,0851 (0.0566)	-0,0184 (0.0468)	-0,0751* (0.0546)	-0,0168 (0.0480)
Niña	-0,0774* (0.0379)	-0,04 (0.0263)	-0,0612* (0.0295)	-0,0360 (0.0262)	-0,0340 (0.0362)	-0,0495 (0.0370)	-0,0278 (0.0359)	-0,0437 (0.0358)	-0,0774* (0.0427)	-0,0448 (0.0363)	-0,0612 (0.0451)	-0,0360 (0.0318)
Capital privado doméstico		0,16 (0.1620)		0,1210 (0.1910)		0,1890 (0.1750)	0,1780 (0.2130)	0,1780 (0.1150)		0,1590 (0.1100)		0,1210 (0.1430)
Capital Público		0,02 (0.1090)		0,0548 (0.1160)		0,1010 (0.1420)	0,1150 (0.1790)	0,1150 (0.0734)		0,0190 (0.0734)		0,0548 (0.0879)
Constant	1,77 (0.9850)	-1,72 (1.0710)	0,32 (1.4770)	-1,2400 (1.7630)	-1,9330 (1.7020)	2,3280 (2.1530)	-3,007* (1.7220)	1,6640 (3.0560)	1,768*** (0.5320)	-1,719* (1.0190)	0,3190 (0.9970)	-1,2400 (1.3730)
Observations	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64
R-squared	0.978	0.994	0.981	0.994	0.728	0.872	0.775	0.879	0.728	0.872	0.775	0.879
Number of dpto	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5

Robust standard errors in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.2

Determinantes de la Producción de Estimulantes

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	0,964*** (0.0173)	0,977*** (0.0120)	0,961*** (0.0179)	0,976*** (0.0079)	1,385*** (0.2110)	0,0399 (0.3500)	1,403*** (0.2560)	-0,031 (0.3920)	0,964*** (0.0161)	0,977*** (0.0193)	0,961*** (0.0217)	0,976*** (0.0217)
Certificación de semillas	0,0903* (0.0417)	0,0993* (0.0465)	0,0884* (0.0401)	0,0887** (0.0311)	0,0536 (0.0802)	0,0067 (0.0783)	0,0489 (0.0802)	0,0067 (0.0862)	0,0903* (0.0610)	0,0993* (0.0540)	0,0884 (0.0649)	0,0887 (0.0539)
Importación de semillas	0,0125 (0.0166)	0,0114 (0.0068)	0,0127 (0.0152)	0,0112 (0.0063)	0,0077 (0.0099)	0,0142* (0.0083)	0,0055 (0.0132)	0,0150 (0.0097)	0,0125 (0.0087)	0,0114 (0.0074)	0,0127 (0.0091)	0,0112 (0.0079)
Precipitación	0,00 (0.0001)	0,00 (0.0001)	0,00 (0.0001)	0,0002 (0.0002)	0,0001 (0.0001)	0,0000 (0.0001)	0,0000 (0.0003)	0,0001 (0.0002)	0,0001 (0.0001)	0,0001 (0.0001)	0,0001 (0.0003)	0,0002 (0.0002)
Precipitación_2			0,00 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			0,0000 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			0,0000 (0.0000)	0,0000 (0.0000)
Humedad	0,0063 (0.0032)	0,0008 (0.0016)	0,0078 (0.0195)	0,0127 (0.0104)	0,0004 (0.0037)	0,0004 (0.0030)	0,0168 (0.0237)	0,0070 (0.0178)	-0,00632** (0.0031)	0,0008 (0.0024)	0,0078 (0.0261)	0,0127 (0.0194)
Humedad_2			0,00 (0.0002)	-0,0001 (0.0001)			-0,0002 (0.0003)	0,0001 (0.0002)			-0,0001 (0.0003)	-0,0001 (0.0002)
Heladas	0,00 (0.0015)	0,00161* (0.0006)	0,00 (0.0025)	0,0009 (0.0008)	0,0003 (0.0018)	0,0003 (0.0013)	-0,0007 (0.0047)	0,0005 (0.0032)	0,00206** (0.0010)	0,00161** (0.0008)	0,0017 (0.0027)	0,0009 (0.0023)
Heladas_2			0,00 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			0,0000 (0.0000)	0,0000 (0.0000)			0,0000 (0.0000)	0,0000 (0.0000)
Temperatura media	0,0199 (0.0142)	0,0224 (0.0131)	0,0162 (0.0118)	0,0163 (0.0108)	0,0464 (0.0471)	0,0055 (0.0356)	0,0395 (0.0553)	0,0062 (0.0407)	0,0199 (0.0203)	0,0224 (0.0211)	0,0162 (0.0233)	0,0163 (0.0216)
Niño	-0,04 (0.0240)	0,00 (0.0208)	-0,0416* (0.0191)	0,0018 (0.0158)	-0,0194 (0.0356)	-0,0163 (0.0224)	-0,0148 (0.0375)	-0,0180 (0.0242)	-0,0447 (0.0330)	-0,0025 (0.0224)	-0,0416 (0.0320)	0,0018 (0.0224)
Niña	-0,01 (0.0114)	0,00 (0.0129)	-0,01 (0.0120)	-0,0030 (0.0114)	0,0074 (0.0306)	-0,0230 (0.0237)	0,0063 (0.0320)	-0,0226 (0.0255)	-0,0097 (0.0335)	-0,0044 (0.0233)	-0,0102 (0.0345)	-0,0030 (0.0245)
Capital privado doméstico		0,12 (0.0820)		0,0991 (0.0862)		-0,0272 (0.1020)		-0,0418 (0.1140)		0,1200 (0.0871)		0,0991 (0.0912)
Capital Público		0,04 (0.0527)		0,0638 (0.0567)		0,268** (0.1070)		0,290** (0.1250)		0,0440 (0.0626)		0,0638 (0.0698)
Constant	-0,72 (0.4840)	-2,843*** (0.4740)	-1,10 (0.7080)	-3,151*** (0.7430)	-4,382*** (1.3050)	3,6660 (2.4580)	-4,630*** (1.7570)	4,1840 (2.6120)	-0,7190 (0.4830)	-2,843*** (0.5080)	-1,0970 (0.8870)	-3,151*** (0.8240)
Observations	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
R-squared	0.999	1	0.999	1	0.711	0.868	0.716	0.871	0.711	0.868	0.716	0.871
Number of dpto	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Robust standard errors in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.3

Determinantes de la Producción de Frutales

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	1,179*** (0.0029)	1,309*** (0.0075)	1,179*** (0.0044)	1,313*** (0.0071)	1,428*** (0.0947)	1,278*** (0.1950)	1,434*** (0.1050)	1,228*** (0.2390)	1,179*** (0.0048)	1,309*** (0.0212)	1,179*** (0.0052)	1,313*** (0.0199)
Certificación de semillas	0,0287*** (0.0038)	-0,0844*** (0.0095)	0,0293** (0.0091)	-0,0894*** (0.0157)	-0,0476 (0.0413)	-0,0494 (0.0502)	-0,0483 (0.0437)	-0,0426 (0.0516)	0,0287*** (0.0076)	-0,0844*** (0.0226)	0,0293*** (0.0083)	-0,0894*** (0.0233)
Importación de semillas	0,00407 (0.0047)	0,00796 (0.0057)	0,00425 (0.0038)	0,00755 (0.0055)	0,00628 (0.0039)	0,0115** (0.0049)	0,00587 (0.0041)	0,0122** (0.0047)	0,00407 (0.0041)	0,00796** (0.0040)	0,00425 (0.0038)	0,00755* (0.0044)
Precipitación	-0,000134** (0.0000)	-1,87E-06 (0.0000)	-0,000114 (0.0002)	0,000122 (0.0001)	-6,53E-07 (0.0000)	8,97E-06 (0.0000)	2,37E-05 (0.0001)	0,000216** (0.0001)	-0,000134*** (0.0000)	-1,87E-06 (0.0000)	-0,000114 (0.0001)	0,000122 (0.0001)
Precipitación_2			-1,07E-08 (0.0000)	-5,85E-08 (0.0000)			-1,19E-08 (0.0000)	-9,47e-08* (0.0000)			-1,07E-08 (0.0000)	-5,85E-08 (0.0000)
Humedad	-0,00708** (0.0022)	-0,00122 (0.0014)	-0,0085 (0.0166)	-0,00722 (0.0057)	-0,00138 (0.0014)	-0,00184 (0.0027)	0,00449 (0.0107)	-0,0111 (0.0105)	-0,00708*** (0.0014)	-0,00122 (0.0019)	-0,0085 (0.0124)	-0,00722 (0.0098)
Humedad_2			1,34E-05 (0.0002)	5,70E-05 (0.0000)			-5,46E-05 (0.0001)	8,87E-05 (0.0001)			1,34E-05 (0.0001)	5,70E-05 (0.0001)
Heladas	0,00 (0.0006)	-0,00181** (0.0004)	-0,0012 (0.0018)	-0,00222 (0.0013)	-0,00075 (0.0007)	-0,000298 (0.0011)	-0,0015 (0.0014)	-1,79E-05 (0.0019)	-0,00105* (0.0005)	-0,00181*** (0.0004)	-0,0012 (0.0015)	-0,00222 (0.0014)
Heladas_2			7,63E-07 (0.0000)	2,42E-06 (0.0000)			3,06E-06 (0.0000)	4,25E-07 (0.0000)			7,63E-07 (0.0000)	2,42E-06 (0.0000)
Temperatura media	0,00472 (0.0096)	0,0195* (0.0077)	0,00406 (0.0116)	0,0194* (0.0082)	-0,00276 (0.0097)	-0,00298 (0.0193)	-0,00131 (0.0099)	-0,000785 (0.0200)	0,00472 (0.0088)	0,0195** (0.0084)	0,00406 (0.0099)	0,0194* (0.0099)
Niño	-0,024 (0.0141)	-0,0276 (0.0176)	-0,0242 (0.0132)	-0,0276 (0.0193)	-0,0290* (0.0173)	-0,021 (0.0170)	-0,0284 (0.0178)	-0,0211 (0.0173)	-0,024 (0.0202)	-0,0276 (0.0170)	-0,0242 (0.0209)	-0,0276* (0.0168)
Niña	-0,0184* (0.0090)	-0,0195 (0.0109)	-0,0179 (0.0097)	-0,0175 (0.0118)	-0,0153 (0.0117)	-0,014 (0.0124)	-0,0154 (0.0126)	-0,0103 (0.0135)	-0,0184 (0.0162)	-0,0195* (0.0111)	-0,0179 (0.0165)	-0,0175 (0.0125)
Capital privado doméstico		0,0234 (0.0848)	0,0087 (0.0935)	0,0087 (0.0638)		0,0301 (0.0765)	0,00965 (0.0880)	0,0234 (0.0880)		0,0234 (0.0387)	0,0087 (0.0387)	0,0087 (0.0423)
Capital Público		0,0424 (0.0625)	0,0562 (0.0935)	0,0562 (0.0638)		0,0495 (0.0872)	0,0783 (0.1080)	0,0424 (0.1080)		0,0424 (0.0319)	0,0562 (0.0319)	0,0562 (0.0352)
Constant	0,474** (0.1790)	-0,711 (0.5070)	0,51 (0.4990)	-0,541 (0.5840)	-1,078 (0.7180)	-0,654 (1.7860)	-1,279 (0.9500)	-0,202 (2.2140)	0,474*** (0.1480)	-0,711** (0.3010)	0,51 (0.3390)	-0,541 (0.4330)
Observations	90	64	90	64	90	64	90	64	90	64	90	64
R-squared	0.999	0.999	1	0.999	0.926	0.955	0.926	0.958	0.926	0.955	0.926	0.958
Number of dpto	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5

Robust standard errors in parentheses
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.4

Determinantes de la Producción de Hortalizas

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	0,941*** (0.1530)	0,406* (0.1490)	0,916*** (0.1470)	0,382* (0.1780)	1,001*** (0.1960)	0,726*** (0.1630)	0,993*** (0.2320)	0,766*** (0.1950)	0,941*** (0.1080)	0,406*** (0.1370)	0,916*** (0.1210)	0,382** (0.1500)
Certificación de semillas	-0,247** (0.0677)	0,206 (0.1430)	-0,236*** (0.0635)	0,223 (0.1350)	0,0358 (0.1100)	0,1 (0.1500)	0,0336 (0.1110)	0,0548 (0.1520)	-0,247*** (0.0475)	0,206** (0.0981)	-0,236*** (0.0544)	0,223** (0.0991)
Importación de semillas	0,0321** (0.0122)	0,0171** (0.0040)	0,0334** (0.0092)	0,0167* (0.0076)	0,0142 (0.0167)	0,0374** (0.0174)	0,0123 (0.0183)	0,0455** (0.0178)	0,0321** (0.0167)	0,0171 (0.0135)	0,0334* (0.0177)	0,0167 (0.0148)
Precipitación	-7,67E-06 (0.0002)	-0,000152 (0.0002)	0,000257 (0.0004)	-0,000565 (0.0003)	-0,000114 (0.0002)	-2,21E-05 (0.0002)	-0,000175 (0.0005)	-4,00E-05 (0.0004)	-7,67E-06 (0.0002)	-0,000152 (0.0002)	0,000257 (0.0005)	-0,000565 (0.0005)
Precipitación_2			-1,32E-07 (0.0000)	1,99E-07 (0.0000)			3,00E-08 (0.0000)	6,83E-09 (0.0000)			-1,32E-07 (0.0000)	1,99E-07 (0.0000)
Humedad	-0,0278*** (0.0068)	-0,0256** (0.0064)	0,0121 (0.0596)	-0,00134 (0.0469)	-0,00832* (0.0045)	-0,00892* (0.0052)	0,00999 (0.0325)	-0,0421 (0.0259)	-0,0278*** (0.0049)	-0,0256*** (0.0051)	0,0121 (0.0358)	-0,00134 (0.0270)
Humedad_2			-0,000375 (0.0005)	-0,000219 (0.0004)			-0,000167 (0.0003)	0,000333 (0.0003)			-0,000375 (0.0003)	-0,000219 (0.0003)
Heladas	-0,00226 (0.0019)	-0,00156 (0.0013)	-0,00319 (0.0049)	-0,000922 (0.0030)	-0,00239* (0.0014)	0,000742 (0.0023)	-0,0049 (0.0046)	0,00326 (0.0049)	-0,00226 (0.0016)	-0,00156 (0.0014)	-0,00319 (0.0042)	-0,000922 (0.0033)
Heladas_2			6,12E-06 (0.0000)	-3,07E-06 (0.0000)			1,04E-05 (0.0000)	-1,23E-05 (0.0000)			6,12E-06 (0.0000)	-3,07E-06 (0.0000)
Temperatura media	0,0695** (0.0257)	0,00433 (0.0233)	0,0727* (0.0345)	0,00644 (0.0229)	-0,0172 (0.0431)	0,000971 (0.0569)	-0,013 (0.0479)	0,000722 (0.0589)	0,0695*** (0.0241)	0,00433 (0.0266)	0,0727** (0.0294)	0,00644 (0.0303)
Niño	-0,0278 (0.0501)	0,0393 (0.0515)	-0,0285 (0.0540)	0,0392 (0.0468)	-0,0394 (0.0437)	0,00366 (0.0318)	-0,0383 (0.0448)	-0,00336 (0.0342)	-0,0278 (0.0594)	0,0393 (0.0465)	-0,0285 (0.0635)	0,0392 (0.0481)
Niña	-0,00702 (0.0487)	0,019 (0.0523)	-0,00266 (0.0512)	0,0126 (0.0510)	0,0205 (0.0427)	0,0151 (0.0280)	0,0175 (0.0430)	0,0168 (0.0284)	-0,00702 (0.0520)	0,019 (0.0497)	-0,00266 (0.0529)	0,0126 (0.0492)
Capital privado doméstico		0,523 (0.2540)	0,558* (0.2250)	0,558* (0.2250)		0,411* (0.2350)	0,38 (0.2420)	0,523*** (0.1620)		0,523*** (0.1620)	0,558** (0.1730)	0,558** (0.1730)
Capital Público		-0,149 (0.1510)	-0,179 (0.1260)	-0,179 (0.1260)		-0,101 (0.1900)	-0,0741 (0.2100)	-0,149 (0.1070)		-0,149 (0.1070)	-0,179 (0.1220)	-0,179 (0.1220)
Constant	5,216*** (0.9180)	1,528 (2.2480)	4,149* (2.0080)	0,893 (1.6730)	1,627 (1.5770)	-0,677 (2.9270)	1,293 (2.0930)	0,29 (2.8730)	5,216*** (0.6670)	1,528 (1.5490)	4,149*** (1.0540)	0,893 (1.5570)
Observations	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64
R-squared	0.923	0.963	0.925	0.965	0.688	0.899	0.69	0.904	0.923	0.963	0.925	0.965
Number of dpto	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5

Robust standard errors in parentheses
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.5

Determinantes de la Producción de Tubérculos

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	1,260*** (0.0617)	1,134*** (0.1440)	1,249*** (0.0603)	1,170*** (0.1400)	1,716*** (0.1970)	1,817*** (0.3770)	1,772*** (0.2170)	1,933*** (0.4330)	1,260*** (0.0339)	1,134*** (0.1110)	1,249*** (0.0329)	1,170*** (0.1410)
Certificación de semillas	-0,0556** (0.0221)	-0,12 (0.1150)	-0,0448 (0.0273)	-0,138 (0.1180)	-0,315*** (0.0769)	-0,275* (0.1490)	-0,327*** (0.0765)	-0,282* (0.1620)	-0,0556*** (0.0135)	-0,12 (0.0980)	-0,0448*** (0.0144)	-0,138 (0.1140)
Importación de semillas	0,00109 (0.0109)	0,0186** (0.0065)	0,00222 (0.0083)	0,0188** (0.0045)	-0,00553 (0.0069)	0,00627 (0.0111)	-0,00713 (0.0066)	0,00347 (0.0130)	0,00109 (0.0088)	0,0186* (0.0100)	0,00222 (0.0075)	0,0188* (0.0109)
Precipitación	-0,000256* (0.0001)	6,64E-05 (0.0001)	0,000156 (0.0004)	0,000198 (0.0003)	4,61E-05 (0.0001)	4,92E-05 (0.0001)	0,000197 (0.0003)	0,00024 (0.0003)	-0,000256*** (0.0001)	6,64E-05 (0.0001)	0,000156 (0.0003)	0,000198 (0.0004)
Precipitación_2			-2,05E-07 (0.0000)	-5,78E-08 (0.0000)			-8,23E-08 (0.0000)	-8,96E-08 (0.0000)			-2,05E-07 (0.0000)	-5,78E-08 (0.0000)
Humedad	0,0078 (0.0046)	-0,00565 (0.0063)	-0,0193 (0.0279)	-0,0157 (0.0241)	-0,0011 (0.0031)	-0,00555 (0.0046)	-0,0293 (0.0264)	-0,0204 (0.0279)	0,00780** (0.0031)	-0,00565 (0.0049)	-0,0193 (0.0255)	-0,0157 (0.0270)
Humedad_2			0,000243 (0.0003)	0,0001 (0.0003)			0,000272 (0.0003)	0,00015 (0.0003)			0,000243 (0.0002)	0,0001 (0.0003)
Heladas	0,000129 (0.0010)	0,000342 (0.0004)	-0,000884 (0.0019)	0,00129 (0.0014)	0,000734 (0.0012)	-0,000637 (0.0019)	-0,0026 (0.0028)	-0,00182 (0.0033)	0,000129 (0.0009)	0,000342 (0.0008)	-0,000884 (0.0025)	0,00129 (0.0022)
Heladas_2			4,73E-06 (0.0000)	-6,62E-06 (0.0000)			1,35E-05 (0.0000)	6,76E-06 (0.0000)			4,73E-06 (0.0000)	-6,62E-06 (0.0000)
Temperatura media	0,0687** (0.0199)	0,0713 (0.0347)	0,0589*** (0.0151)	0,075 (0.0389)	0,0164 (0.0260)	-0,017 (0.0364)	0,00834 (0.0263)	-0,0162 (0.0418)	0,0687*** (0.0154)	0,0713** (0.0341)	0,0589*** (0.0167)	0,0750** (0.0377)
Niño	0,0221 (0.0316)	-0,0156 (0.0206)	0,0149 (0.0294)	-0,0187 (0.0207)	-0,012 (0.0258)	-0,00256 (0.0304)	-0,0142 (0.0272)	-0,0039 (0.0351)	0,0221 (0.0296)	-0,0156 (0.0301)	0,0149 (0.0349)	-0,0187 (0.0330)
Niña	-0,031 (0.0292)	-0,0432 (0.0281)	-0,0241 (0.0230)	-0,0407 (0.0257)	-0,0399 (0.0301)	-0,0292 (0.0235)	-0,0384 (0.0314)	-0,0274 (0.0258)	-0,031 (0.0371)	-0,0432 (0.0268)	-0,0241 (0.0344)	-0,0407 (0.0283)
Capital privado doméstico		0,257 (0.2950)	0,233 (0.2990)	0,233 (0.2990)		0,0922 (0.2190)	0,082 (0.2350)	0,082 (0.2350)		0,257 (0.1580)	0,233 (0.1580)	0,233 (0.1780)
Capital Público		-0,134 (0.1800)	-0,116 (0.1880)	-0,116 (0.1880)		-0,0758 (0.1920)	-0,085 (0.2050)	-0,085 (0.2050)		-0,134 (0.1020)	-0,116 (0.1170)	-0,116 (0.1170)
Constant	-1,512 (0.9290)	-0,63 (1.3760)	-0,777 (0.8140)	-0,553 (1.2640)	-1,878 (1.5410)	-2,657 (3.5820)	-1,389 (1.6190)	-3,256 (3.8320)	-1,512*** (0.5480)	-0,63 (1.0570)	-0,777 (0.7390)	-0,553 (1.1960)
Observations	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64
R-squared	0,97	0,989	0,972	0,989	0,739	0,85	0,758	0,856	0,7	0,5	0,7	0,5
Number of dpto					7	5	7	5	7	5	7	5

Robust standard errors in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.6

Determinantes de la Producción de Forrajes

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	0,999*** (0.0317)	1,066*** (0.1050)	0,991*** (0.0301)	1,073*** (0.0663)	0,791*** (0.0501)	0,460*** (0.0749)	0,800*** (0.0452)	0,487*** (0.0833)	0,999*** (0.0178)	1,066*** (0.1390)	0,991*** (0.0205)	1,073*** (0.1450)
Certificación de semillas	0,0192 (0.0329)	-0,191 (0.1120)	0,0142 (0.0284)	-0,179* (0.0657)	0,124*** (0.0357)	0,0623* (0.0355)	0,113*** (0.0337)	0,0831** (0.0399)	0,0192 (0.0180)	-0,191** (0.0744)	0,0142 (0.0172)	-0,179** (0.0739)
Importación de semillas	-0,0117 (0.0118)	-0,0106 (0.0137)	-0,0104 (0.0101)	-0,00916 (0.0142)	-0,0112*** (0.0043)	-0,00686 (0.0056)	-0,0125*** (0.0044)	-0,0125** (0.0051)	-0,0117 (0.0103)	-0,0106 (0.0123)	-0,0104 (0.0101)	-0,00916 (0.0120)
Precipitación	-0,000591** (0.0002)	-0,000195 (0.0002)	-0,000503 (0.0007)	-0,000487 (0.0004)	-1,37E-05 (0.0001)	-2,92E-05 (0.0000)	-0,000135 (0.0001)	-8,80E-05 (0.0001)	-0,000591*** (0.0001)	-0,000195 (0.0002)	-0,000503 (0.0004)	-0,000487 (0.0006)
Precipitación_2			-4,44E-08 (0.0000)	1,57E-07 (0.0000)			6,27E-08 (0.0000)	2,47E-08 (0.0000)			-4,44E-08 (0.0000)	1,57E-07 (0.0000)
Humedad	0,00401 (0.0052)	-0,00297 (0.0068)	0,0442 (0.0462)	0,0392 (0.0752)	0,00292* (0.0017)	0,0031 (0.0023)	0,0428*** (0.0117)	0,0230** (0.0105)	0,00401 (0.0034)	-0,00297 (0.0106)	0,0442 (0.0300)	0,0392 (0.0333)
Humedad_2			-0,000381 (0.0004)	-0,000411 (0.0007)			-0,000371*** (0.0001)	-0,000197** (0.0001)			-0,000381 (0.0003)	-0,000411 (0.0003)
Heladas	-0,00198 (0.0019)	-0,00133 (0.0023)	-0,00213 (0.0051)	0,00394 (0.0054)	-0,000585 (0.0006)	0,000254 (0.0009)	-0,00171 (0.0016)	-0,00214 (0.0017)	-0,00198* (0.0011)	-0,00133 (0.0015)	-0,00213 (0.0033)	0,00394 (0.0041)
Heladas_2			2,06E-06 (0.0000)	-3,40E-05 (0.0000)			4,89E-06 (0.0000)	1,12E-05 (0.0000)			2,06E-06 (0.0000)	-3,40E-05 (0.0000)
Temperatura media	0,0281 (0.0312)	0,1 (0.0698)	0,0337 (0.0326)	0,104 (0.0607)	-0,00359 (0.0109)	0,021 (0.0144)	0,00419 (0.0099)	0,0155 (0.0158)	0,0281 (0.0179)	0,100* (0.0605)	0,0337 (0.0210)	0,104* (0.0608)
Niño	0,024 (0.0355)	-0,0131 (0.0250)	0,0258 (0.0312)	-0,0154 (0.0199)	-0,0365** (0.0173)	-0,0121 (0.0123)	-0,0321** (0.0159)	-0,0105 (0.0141)	0,024 (0.0423)	-0,0131 (0.0412)	0,0258 (0.0437)	-0,0154 (0.0393)
Niña	-0,0278 (0.0207)	-0,0233 (0.0177)	-0,0271 (0.0165)	-0,0256 (0.0160)	-0,0166 (0.0144)	-0,0113 (0.0107)	-0,0201 (0.0127)	-0,0147 (0.0117)	-0,0278 (0.0366)	-0,0233 (0.0424)	-0,0271 (0.0356)	-0,0256 (0.0382)
Capital privado doméstico		-0,079 (0.1160)	-0,0488 (0.0808)	-0,0488 (0.0808)		-0,117** (0.0521)	-0,0876 (0.0580)	-0,0876 (0.0580)		-0,079 (0.1550)	-0,0488 (0.1430)	-0,0488 (0.1430)
Capital Público		-0,0125 (0.1510)	-0,0474 (0.0979)	-0,0474 (0.0979)		0,241*** (0.0593)	0,200*** (0.0608)	0,200*** (0.0608)		-0,0125 (0.1050)	-0,0474 (0.1100)	-0,0474 (0.1100)
Constant	1,306 (0.9240)	3,221 (1.5660)	0,267 (1.5630)	1,951 (1.9430)	1,891*** (0.5230)	3,960*** (0.8420)	0,867 (0.7150)	3,261*** (0.8680)	1,306*** (0.5010)	3,221* (1.7690)	0,267 (0.9590)	1,951 (1.8960)
Observations	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64	92	64
R-squared	0,993	0,994	0,993	0,995	0,916	0,971	0,929	0,976	0,7	0,5	0,7	0,5
Number of dpto					7	5	7	5	7	5	7	5

Robust standard errors in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro D.7

Determinantes de la Producción de Productos Industriales

VARIABLES	POLS				Efectos fijos				Efectos aleatorios			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Superficie cultivada	1,173*** (0.1220)	0,867*** (0.1070)	1,166*** (0.1150)	0,811*** (0.0909)	1,167*** (0.4150)	0,934** (0.3850)	1,173*** (0.4270)	0,943** (0.4130)	1,173*** (0.1100)	0,867*** (0.1280)	1,166*** (0.1110)	0,811*** (0.1240)
Certificación de semillas	-0,948*** (0.0932)	-0,523* (0.2050)	-0,909*** (0.0727)	-0,341* (0.1550)	-0,439* (0.2460)	-0,925* (0.4960)	-0,461* (0.2740)	-1,073** (0.5190)	-0,948*** (0.1180)	-0,523*** (0.1770)	-0,909*** (0.1080)	-0,341* (0.1770)
Importación de semillas	0,0626 (0.0552)	0,0286 (0.0509)	0,0543 (0.0466)	0,0274 (0.0388)	-0,0664*** (0.0219)	-0,0775** (0.0329)	-0,0627** (0.0261)	-0,0485 (0.0335)	0,0626 (0.0512)	0,0286 (0.0361)	0,0543 (0.0452)	0,0274 (0.0302)
Precipitación	0,000910** (0.0002)	0,000179 (0.0003)	0,00197** (0.0006)	0,00136* (0.0006)	0,000405* (0.0002)	1,58E-05 (0.0003)	0,000308 (0.0007)	0,00018 (0.0009)	0,000910** (0.0004)	0,000179 (0.0004)	0,00197* (0.0011)	0,00136 (0.0012)
Precipitación_2			-4,57E-07 (0.0000)	-5,20E-07 (0.0000)			4,31E-08 (0.0000)	-5,66E-08 (0.0000)			-4,57E-07 (0.0000)	-5,20E-07 (0.0000)
Humedad	-0,0381*** (0.0064)	0,0284** (0.0093)	-0,133 (0.1290)	-0,166* (0.0747)	-0,00983 (0.0105)	0,00983 (0.0220)	-0,0637 (0.0603)	-0,089 (0.0984)	-0,0381*** (0.0080)	0,0284 (0.0184)	-0,133 (0.0836)	-0,166 (0.1030)
Humedad_2			0,000783 (0.0012)	0,00176* (0.0007)			0,000508 (0.0006)	0,000986 (0.0010)			0,000783 (0.0008)	0,00176* (0.0010)
Heladas	0,00507 (0.0068)	0,0143* (0.0067)	0,0198 (0.0161)	0,0378** (0.0110)	-0,0104** (0.0053)	-0,0139 (0.0101)	-0,0105 (0.0096)	0,000155 (0.0102)	0,00507 (0.0054)	0,0143** (0.0061)	0,0198 (0.0120)	0,0378** (0.0130)
Heladas_2			-9,27E-05 (0.0001)	-0,000157** (0.0000)			-5,99E-08 (0.0000)	-6,78E-05 (0.0001)			-9,27E-05 (0.0001)	-0,000157** (0.0001)
Temperatura media	0,193 (0.1380)	0,268 (0.1460)	0,179 (0.1250)	0,196* (0.0779)	-0,0115 (0.0497)	-0,121 (0.1240)	-0,0284 (0.0588)	-0,101 (0.1430)	0,193* (0.1100)	0,268** (0.1220)	0,179 (0.1090)	0,196* (0.1170)
Niño	0,0112 (0.0952)	0,104 (0.1220)	-0,0227 (0.0922)	0,0537 (0.0867)	-0,0749 (0.1330)	0,0378 (0.1350)	-0,0811 (0.1470)	0,0226 (0.1480)	0,0112 (0.1780)	0,104 (0.1660)	-0,0227 (0.1870)	0,0537 (0.1670)
Niña	-0,0348 (0.0582)	-0,028 (0.0530)	-0,0186 (0.0481)	0,0122 (0.0756)	-0,0445 (0.1070)	-0,0253 (0.1120)	-0,0451 (0.1050)	-0,00801 (0.1180)	-0,0348 (0.1270)	-0,028 (0.1440)	-0,0186 (0.1320)	0,0122 (0.1290)
Capital privado doméstico		0,447 (0.4290)		0,471 (0.5210)		-0,137 (0.7060)		-0,29 (0.7500)		0,447 (0.5250)		0,471 (0.4920)
Capital Público		0,247 (0.1450)		0,243 (0.1690)		0,723 (0.6990)		0,894 (0.7360)		0,247 (0.3810)		0,243 (0.3870)
Constant	10,05*** (0.9480)	-4,292 (6.5310)	12,10** (3.4350)	-0,538 (6.4550)	7,531** (3.8200)	12,12* (7.3070)	9,426** (4.3830)	15,51* (8.7720)	10,05*** (1.0070)	-4,292 (3.9780)	12,10*** (2.2090)	-0,538 (5.1960)
Observations	78	64	78	64	78	64	78	64	78	64	78	64
R-squared	0,982	0,976	0,983	0,981	0,584	0,713	0,587	0,728	0,982	0,976	0,983	0,981
Number of dpto					6	5	6	5	6	5	6	5

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia

Apéndice E

Cuadro E.1

Test de Hausman

Cereales

$$F(6, 6) = 18.37$$

$$\text{Prob} > F = 0.0013$$

Hortalizas

$$F(6, 6) = 77.30$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Productos industriales

$$F(5, 5) = 97.69$$

$$\text{Prob} > F = 0.0001$$

Estimulantes

$$F(4, 4) = 38.18$$

$$\text{Prob} > F = 0.0019$$

Tubérculos

$$F(6, 6) = 463.40$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Frutales

$$F(6, 6) = 157.12$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Forrajes

$$F(6, 6) = 77.00$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Apéndice F

Cuadro F.1

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Cereales (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	41.6820194	13	3.20630919	F(13, 78)	=	19.07
Residual	13.1152341	78	.168144026	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.7607
				Adj R-squared	=	0.7208
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.41005

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niño2	-.0923394	.1278699	-0.72	0.472	-.3469088 .1622301
lncer	.8501946	.2608419	3.26	0.002	.3308982 1.369491
ln_scer	-.788665	.2469904	-3.19	0.002	-1.280385 -.2969448
ln_sem	.3021394	.0652437	4.63	0.000	.1722492 .4320296
ln_semimp	.0102195	.0226506	0.45	0.653	-.0348743 .0553133
ln_prec	.0024937	.0008157	3.06	0.003	.0008698 .0041175
ln_prec2	-6.85e-07	4.01e-07	-1.71	0.092	-1.48e-06 1.14e-07
humedad	.0418221	.0816515	0.51	0.610	-.1207336 .2043777
humedad2	-.000823	.0007522	-1.09	0.277	-.0023205 .0006745
heladas	.0023028	.005963	0.39	0.700	-.0095686 .0141742
heladas2	-.0000125	.0000305	-0.41	0.682	-.0000732 .0000482
Tem_med	-.0993042	.0452587	-2.19	0.031	-.1894075 -.009201
niña2	.1277494	.0996302	1.28	0.204	-.0705991 .3260978
_cons	8.131174	2.662692	3.05	0.003	2.83016 13.43219

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0632334	-.1782304 .0280319
Direct Effect	-.101878	-.3433423 .1433244
Total Effect	-.1651115	-.431791 .0973197
% of Tot Eff mediated	.3173276	-3.485727 3.236046

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.2

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Estimulantes (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	63
Model	28.2974686	12	2.35812238	F(12, 50)	=	142.03
Residual	.830153099	50	.016603062	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9715
				Adj R-squared	=	0.9647
Total	29.1276217	62	.46980035	Root MSE	=	.12885

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niño2	-.020304	.0445608	-0.46	0.651	-.1098069 .0691989
lnest	.7940703	.2014148	3.94	0.000	.3895167 1.198624
ln_sest	-.6896761	.1945919	-3.54	0.001	-1.080525 -.2988268
ln_sem	.3496394	.0697013	5.02	0.000	.2096403 .4896385
ln_semimp	-.0473183	.0107945	-4.38	0.000	-.0689997 -.0256369
ln_prec	.0007421	.0003665	2.03	0.048	6.06e-06 .0014782
ln_prec2	-2.30e-07	1.51e-07	-1.53	0.133	-5.33e-07 7.25e-08
humedad	.017449	.0279144	0.63	0.535	-.0386187 .0735167
humedad2	-.0002225	.0002673	-0.83	0.409	-.0007593 .0003143
heladas	-.0046951	.002737	-1.72	0.092	-.0101927 .0008024
heladas2	.0000351	.0000157	2.23	0.030	3.47e-06 .0000667
Tem_med	-.0321081	.0236449	-1.36	0.181	-.0796004 .0153841
_cons	7.974946	.952412	8.37	0.000	6.06197 9.887922

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0281163	-.0826223 .0167265
Direct Effect	-.0193502	-.1028487 .0682061
Total Effect	-.0474665	-.1458257 .0455641
% of Tot Eff mediated	.3990734	-4.106867 6.805337

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.3

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Frutales (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	90
Model	46.4732222	12	3.87276852	F(12, 77)	=	66.80
Residual	4.46383579	77	.057971893	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9124
				Adj R-squared	=	0.8987
Total	50.937058	89	.572326494	Root MSE	=	.24077

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
niño2	-.1350086	.0670211	-2.01	0.047	-.2684646	-.0015525
lnfru	-.1045549	.393718	-0.27	0.791	-.8885475	.6794378
ln_sfru	.3307205	.4641913	0.71	0.478	-.5936025	1.255043
ln_sem	.1200269	.0329868	3.64	0.000	.0543418	.185712
ln_semimp	.0052421	.0126161	0.42	0.679	-.0198798	.030364
ln_prec	.001347	.0004775	2.82	0.006	.0003961	.0022979
ln_prec2	-7.20e-08	2.33e-07	-0.31	0.758	-5.35e-07	3.91e-07
humedad	.0083969	.0480392	0.17	0.862	-.0872613	.1040551
humedad2	-.0003238	.0004428	-0.73	0.467	-.0012055	.0005578
heladas	.0023944	.0034379	0.70	0.488	-.0044513	.00924
heladas2	-3.23e-06	.0000177	-0.18	0.855	-.0000385	.000032
Tem_med	-.0187977	.0243656	-0.77	0.443	-.0673159	.0297205
_cons	8.974866	1.411203	6.36	0.000	6.164801	11.78493

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]	
ACME	.0020088	-.0168672	.0228926
Direct Effect	-.133574	-.259159	-.001886
Total Effect	-.1315653	-.2601169	.0035854
% of Tot Eff mediated	-.0147569	-.0807972	.0345763

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.4

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Hortalizas (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	50.8230333	12	4.23525278	F(12, 79)	=	84.19
Residual	3.97422019	79	.050306585	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9275
				Adj R-squared	=	0.9165
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.22429

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
niño2	.0388903	.0623288	0.62	0.534	-.085172	.1629527
lnhort	.4089208	.1216386	3.36	0.001	.1668052	.6510364
ln_short	1.167966	.1533076	7.62	0.000	.8628148	1.473117
ln_sem	-.1860928	.0571661	-3.26	0.002	-.299879	-.0723065
ln_semimp	.0288086	.0120173	2.40	0.019	.0048886	.0527285
ln_prec	.0016585	.0004373	3.79	0.000	.0007881	.0025289
ln_prec2	-9.07e-07	2.05e-07	-4.43	0.000	-1.31e-06	-4.99e-07
humedad	-.0225585	.0446647	-0.51	0.615	-.1114613	.0663444
humedad2	.0002083	.0004173	0.50	0.619	-.0006223	.0010389
heladas	.0009133	.0031438	0.29	0.772	-.0053443	.0071709
heladas2	8.15e-08	.0000163	0.00	0.996	-.0000324	.0000326
Tem_med	-.0267289	.0244173	-1.09	0.277	-.0753302	.0218725
_cons	-.8109569	1.432852	-0.57	0.573	-3.662978	2.041064

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]	
ACME	-.0113508	-.0617886	.033807
Direct Effect	.0402244	-.0765679	.1626926
Total Effect	.0288736	-.100585	.153643
% of Tot Eff mediated	-.1232191	-2.73607	2.132043

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.5

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Tubérculos (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	52.3981446	12	4.36651205	F(12, 79)	=	143.78
Residual	2.39910888	79	.030368467	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9562
				Adj R-squared	=	0.9496
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.17427

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niño2	-.0421922	.0478947	-0.88	0.381	-.1375242 .0531398
ln_tub	.3854774	.1469188	2.62	0.010	-.0930429 .6779118
ln_stub	.6096809	.1907749	3.20	0.002	.229953 .9894088
ln_sem	.0279847	.0254928	1.10	0.276	-.0227574 .0787268
ln_semimp	.0106623	.0088793	1.20	0.233	-.0070115 .0283362
ln_prec	.001042	.0003465	3.01	0.004	.0003522 .0017317
ln_prec2	-2.43e-07	1.66e-07	-1.46	0.147	-5.74e-07 8.75e-08
humedad	-.0200007	.0348237	-0.57	0.567	-.0893155 .0493141
humedad2	.0003487	.0003271	1.07	0.290	-.0003023 .0009998
heladas	.0020171	.0024338	0.83	0.410	-.0028273 .0068616
heladas2	-7.55e-06	.0000127	-0.59	0.554	-.0000328 .0000177
Tem_med	.0497777	.0202592	2.46	0.016	.0094528 .0901027
_cons	-.2011057	1.06096	-0.19	0.850	-2.312894 1.910683

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.0099895	-.0175302 .0439133
Direct Effect	-.041167	-.1309127 .05294
Total Effect	-.0311776	-.1278306 .0664093
% of Tot Eff mediated	-.1432028	-2.32277 2.763481

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.6

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Forrajes (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	51.298118	12	4.27484317	F(12, 79)	=	96.51
Residual	3.49913547	79	.044292854	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9361
				Adj R-squared	=	0.9264
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.21046

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niño2	-.0096542	.0581596	-0.17	0.869	-.1254179 .1061095
ln_forr	-.2126626	.1611877	-1.32	0.191	-.5334988 .1081735
ln_sforr	.763865	.1633301	4.68	0.000	.4387646 1.088965
ln_sem	.5823043	.0256963	22.66	0.000	.531157 .6334515
ln_semimp	-.0212856	.0112617	-1.89	0.062	-.0437013 .0011302
ln_prec	.0007132	.0004317	1.65	0.102	-.0001461 .0015724
ln_prec2	-3.48e-07	1.97e-07	-1.76	0.082	-7.41e-07 4.53e-08
humedad	.0534457	.0421537	1.27	0.209	-.0304591 .1373504
humedad2	-.0003314	.0003908	-0.85	0.399	-.0011093 .0004464
heladas	-.0041499	.0029507	-1.41	0.164	-.0100231 .0017233
heladas2	7.94e-06	.0000153	0.52	0.605	-.0000225 .0000384
Tem_med	.02541	.0221107	1.15	0.254	-.0186003 .0694202
_cons	-1.342737	1.301416	-1.03	0.305	-3.933141 1.247668

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0086551	-.0366238 .0101279
Direct Effect	-.0084094	-.1173894 .1058668
Total Effect	-.0170645	-.1268592 .1044689
% of Tot Eff mediated	.100032	-2.054984 2.494346

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.7

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Cereales (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	41.5943358	12	3.46619465	F(12, 79)	=	20.74
Residual	13.2029177	79	.16712554	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.7591
				Adj R-squared	=	0.7225
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.40881

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.1595289	.0891129	1.79	0.077	-.0178459 .3369036
lncr	.8790346	.2569846	3.42	0.001	.3675196 1.39055
ln_scer	-.7757058	.2455904	-3.16	0.002	-1.264541 -.2868702
ln_sem	.292977	.0638039	4.59	0.000	.1659784 .4199755
ln_semimp	.0106492	.0225741	0.47	0.638	-.0342833 .0555818
ln_prec	.0023955	.0008018	2.99	0.004	.0007995 .0039914
ln_prec2	-6.71e-07	4.00e-07	-1.68	0.097	-1.47e-06 1.24e-07
humedad	.044289	.0813326	0.54	0.588	-.1175994 .2061774
humedad2	-.0008465	.0007492	-1.13	0.262	-.0023377 .0006448
heladas	.0020706	.0059362	0.35	0.728	-.0097452 .0138863
heladas2	-.0000114	.0000304	-0.38	0.707	-.0000719 .0000049
Tem_med	-.1007861	.0450751	-2.24	0.028	-.1905057 -.0110664
_cons	7.740739	2.599314	2.98	0.004	2.566933 12.91454

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0319873	-.1090687 .0314566
Direct Effect	.1614363	-.0055445 .3365318
Total Effect	.129449	-.0534569 .3075493
% of Tot Eff mediated	-.2076775	-2.229757 1.711896

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.8

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Estimulante (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	63
Model	28.3066116	12	2.3588843	F(12, 50)	=	143.66
Residual	.821010145	50	.016420203	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9718
				Adj R-squared	=	0.9650
Total	29.1276217	62	.46980035	Root MSE	=	.12814

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.0301217	.0343998	0.88	0.385	-.0389724 .0992158
lnest	.8030735	.1978429	4.06	0.000	.4056944 1.200453
ln_sest	-.7036962	.1900411	-3.70	0.001	-1.085405 -.3219874
ln_sem	.3680543	.069895	5.27	0.000	.2276661 .5084424
ln_semimp	-.0466463	.010768	-4.33	0.000	-.0682745 -.0250182
ln_prec	.0007254	.0003615	2.01	0.050	-.7.28e-07 .0014516
ln_prec2	-2.29e-07	1.50e-07	-1.53	0.132	-5.30e-07 7.14e-08
humedad	.017032	.0276791	0.62	0.541	-.0385631 .0726271
humedad2	-.0002209	.0002647	-0.83	0.408	-.0007525 .0003107
heladas	-.0046493	.0027193	-1.71	0.094	-.0101111 .0008126
heladas2	.0000345	.0000157	2.20	0.032	3.07e-06 .000066
Tem_med	-.0386623	.0246633	-1.57	0.123	-.0882 .0108754
_cons	7.902167	.9337527	8.46	0.000	6.026669 9.777664

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.0040773	-.0350614 .0429743
Direct Effect	.030858	-.0336008 .0984493
Total Effect	.0349353	-.0409761 .1091339
% of Tot Eff mediated	.074386	-1.051056 1.207033

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.9

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Frutales (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	90
Model	46.345314	12	3.8621095	F(12, 77)	=	64.76
Residual	4.59174397	77	.059633039	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9099
				Adj R-squared	=	0.8958
Total	50.937058	89	.572326494	Root MSE	=	.2442

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.071995	.053663	1.34	0.184	-.0348617 .1788517
lnfru	.0056193	.3988836	0.01	0.989	-.7886595 .7998981
ln_sfru	.1996487	.4703832	0.42	0.672	-.737004 1.136301
ln_sem	.119283	.0334772	3.56	0.001	.0526214 .1859446
ln_semimp	.0075233	.0128786	0.58	0.561	-.0181213 .0331678
ln_prec	.0012997	.0004848	2.68	0.009	.0003344 .002265
ln_prec2	-5.45e-08	2.36e-07	-0.23	0.818	-5.24e-07 4.15e-07
humedad	.0132724	.0486092	0.27	0.786	-.0835208 .1100657
humedad2	-.0003631	.0004483	-0.81	0.420	-.0012557 .0005295
heladas	.0021045	.0035052	0.60	0.550	-.0048751 .0090842
heladas2	-1.14e-06	.000018	-0.06	0.949	-.0000369 .0000346
Tem_med	-.019457	.0250474	-0.78	0.440	-.0693327 .0304188
_cons	8.768812	1.42491	6.15	0.000	5.931453 11.60617

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.0002167	-.0154731 .0148225
Direct Effect	.0731436	-.0274108 .1785846
Total Effect	.0733603	-.028277 .1801474
% of Tot Eff mediated	.0025536	-.023014 .0348717

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.10

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Hortalizas (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	50.8341868	12	4.23618224	F(12, 79)	=	84.44
Residual	3.96306667	79	.050165401	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9277
				Adj R-squared	=	0.9167
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.22398

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.038294	.0489203	0.78	0.436	-.0590794 .1356674
lnhort	.4034094	.1213131	3.33	0.001	.1619418 .6448771
ln_short	1.149576	.152638	7.53	0.000	.8457578 1.453394
ln_sem	-.1762988	.0569551	-3.10	0.003	-.289665 -.0629326
ln_semimp	.0299165	.0120922	2.47	0.016	.0058476 .0539855
ln_prec	.001778	.0004326	4.11	0.000	.000917 .0026391
ln_prec2	-9.43e-07	2.04e-07	-4.62	0.000	-1.35e-06 -5.37e-07
humedad	-.026431	.0445576	-0.59	0.555	-.1151206 .0622586
humedad2	.0002369	.0004165	0.57	0.571	-.0005921 .001066
heladas	.0005303	.0031643	0.17	0.867	-.0057681 .0068287
heladas2	8.55e-07	.0000163	0.05	0.958	-.0000317 .0000334
Tem_med	-.0325653	.0246561	-1.32	0.190	-.081642 .0165115
_cons	-.5305597	1.415	-0.37	0.709	-3.347046 2.285927

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.0021598	-.0353557 .0399347
Direct Effect	.0393411	-.0523263 .1354633
Total Effect	.0415009	-.0603371 .1397424
% of Tot Eff mediated	.029485	-.61231 .4852507

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.11

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Tubérculos (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	52.426605	12	4.36888375	F(12, 79)	=	145.59
Residual	2.37064852	79	.030008209	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9567
				Adj R-squared	=	0.9502
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.17323

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.0500877	.0380394	1.32	0.192	-.0256278 .1258033
lntub	.3961691	.1464476	2.71	0.008	.1046724 .6876657
ln_stub	.5946574	.1901695	3.13	0.002	.2161346 .9731803
ln_sem	.0307744	.0255023	1.21	0.231	-.0199866 .0815354
ln_semimp	.0123334	.0089118	1.38	0.170	-.0054052 .030072
ln_prec	.001057	.0003424	3.09	0.003	.0003756 .0017384
ln_prec2	-2.49e-07	1.65e-07	-1.51	0.135	-5.77e-07 7.94e-08
humedad	-.0198095	.0345566	-0.57	0.568	-.0885914 .0489725
humedad2	.0003448	.0003248	1.06	0.292	-.0003016 .0009912
heladas	.0016633	.0024379	0.68	0.497	-.0031893 .006516
heladas2	-6.22e-06	.0000127	-0.49	0.625	-.0000314 .000019
Tem_med	.0463183	.0204455	2.27	0.026	.0056226 .087014
_cons	-.1889645	1.047855	-0.18	0.857	-2.274668 1.896739

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0114608	-.0397322 .0097723
Direct Effect	.0509019	-.0203768 .1256446
Total Effect	.0394412	-.0377248 .1149175
% of Tot Eff mediated	-.2000101	-2.698983 2.343126

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.12

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas No Industriales a partir de la Producción de Forrajes (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	92
Model	51.3951909	12	4.28293257	F(12, 79)	=	99.45
Residual	3.40206261	79	.043064084	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9379
				Adj R-squared	=	0.9285
Total	54.7972535	91	.602167621	Root MSE	=	.20752

ln_PIBNIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	.0686688	.0454522	1.51	0.135	-.0218016 .1591392
lnforr	-.1856702	.1591994	-1.17	0.247	-.5025487 .1312083
ln_sforr	.7345372	.1609679	4.56	0.000	.4141386 1.054936
ln_sem	.5833155	.0252363	23.11	0.000	.5330838 .6335471
ln_semimp	-.018668	.0112371	-1.66	0.101	-.0410349 .0036988
ln_prec	.0008153	.0004212	1.94	0.057	-.0000231 .0016537
ln_prec2	-3.79e-07	1.94e-07	-1.95	0.055	-7.65e-07 7.52e-09
humedad	.0486508	.0414665	1.17	0.244	-.038862 .1311878
humedad2	-.000292	.0003848	-0.76	0.450	-.0010578 .0004738
heladas	-.0046171	.0029258	-1.58	0.119	-.0104408 .0012067
heladas2	9.50e-06	.0000151	0.63	0.532	-.0000206 .0000396
Tem_med	.0182419	.0220614	0.83	0.411	-.0256702 .0621539
_cons	-1.202176	1.271238	-0.95	0.347	-3.732511 1.32816

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.007086	-.0076466 .0282115
Direct Effect	.0696417	-.0155272 .1589496
Total Effect	.0767277	-.0110063 .1705979
% of Tot Eff mediated	.0862107	-.4129867 .6732425

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.13

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas Industriales a partir de la Producción (El Niño)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	64
Model	440.463475	12	36.7052896	F(12, 51)	=	525.36
Residual	3.56319758	51	.069866619	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9920
				Adj R-squared	=	0.9901
Total	444.026672	63	7.04804242	Root MSE	=	.26432

ln_PIBIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niño2	-.0138535	.0909111	-0.15	0.879	-.1963652 .1686582
lnind	.1331411	.0771982	1.72	0.091	-.0218406 .2881229
ln_sind	.6088638	.0912525	6.67	0.000	.4256668 .7920608
ln_sem	-.2688322	.1134282	-2.37	0.022	-.4965488 -.0411157
ln_semimp	.0608677	.0210062	2.90	0.006	.0186959 .1030395
ln_prec	.0012315	.0007157	1.72	0.091	-.0002052 .0026683
ln_prec2	-1.97e-07	2.97e-07	-0.67	0.509	-7.93e-07 3.98e-07
humedad	-.0847152	.0590026	-1.44	0.157	-.2031679 .0337374
humedad2	.0009652	.0005644	1.71	0.093	-.0001678 .0020982
heladas	.0136721	.0059606	2.29	0.026	.0017056 .0256386
heladas2	-.0000438	.0000339	-1.29	0.202	-.0001119 .0000243
Tem_med	.1427957	.0487062	2.93	0.005	.0450138 .2405776
_cons	2.840492	1.931039	1.47	0.147	-1.036231 6.717216

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	-.0107768	-.0668934 .0350666
Direct Effect	-.0119076	-.182258 .1667213
Total Effect	-.0226844	-.2067773 .1560284
% of Tot Eff mediated	.0688059	-2.134813 1.250211

Fuente: Elaboración propia

Cuadro F.14

Determinantes del PIB de Productos Agrícolas Industriales a partir de la Producción (La Niña)

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	64
Model	440.487837	12	36.7073197	F(12, 51)	=	529.01
Residual	3.53883591	51	.069388939	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9920
				Adj R-squared	=	0.9902
Total	444.026672	63	7.04804242	Root MSE	=	.26342

ln_PIBIND	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
niña2	-.0421864	.0689389	-0.61	0.543	-.180587 .0962142
lnind	.1344818	.0767577	1.75	0.086	-.0196156 .2885793
ln_sind	.6100051	.0903804	6.75	0.000	.4285589 .7914514
ln_sem	-.2755423	.1135995	-2.43	0.019	-.5036029 -.0474817
ln_semimp	.0586948	.0211149	2.78	0.008	.0163049 .1010848
ln_prec	.0011828	.000704	1.68	0.099	-.0002306 .0025962
ln_prec2	-1.82e-07	2.95e-07	-0.62	0.539	-7.74e-07 4.09e-07
humedad	-.080248	.0584348	-1.37	0.176	-.1975608 .0370648
humedad2	.0009224	.0005573	1.66	0.104	-.0001964 .0020412
heladas	.0135484	.0059111	2.29	0.026	.0016814 .0254155
heladas2	-.0000413	.0000339	-1.22	0.228	-.0001093 .0000267
Tem_med	.1490361	.0496687	3.00	0.004	.0493221 .2487501
_cons	2.722487	1.909736	1.43	0.160	-1.111469 6.556443

The number of observations in the data is less than the number of simulations. Expanding the data to the number of simulations

Effect	Mean	[95% Conf. Interval]
ACME	.0010242	-.0365878 .0411989
Direct Effect	-.0407108	-.1698893 .0947454
Total Effect	-.0396867	-.1794485 .0977191
% of Tot Eff mediated	-.0104785	-.1833637 .1450056

Fuente: Elaboración propia

Apéndice G

Análisis de mediación causal

Según Hicks & Tingley (2011), el análisis de mediación causal trata de cuantificar el efecto de un tratamiento que opera a través de un mecanismo concreto.

Sea $M_i(t)$ que denota el valor potencial de un mediador de interés para la unidad i en el estado de tratamiento $T_i = t$. De forma similar, sea $Y_i(t, m)$ que denota el resultado potencial si las variables de tratamiento y mediación son iguales a t y m . Observando un resultado potencial $Y_i\{T_i, M_i(T_i)\}$, este depende tanto del estado de tratamiento como del nivel del mediador en el estado de tratamiento observado.

La cantidad clave de interés es el cálculo de qué parte de la variable de tratamiento es transmitida por la variable mediadora. Siguiendo a Robins & Greenland (1992) y Pearl (2001) se definen los efectos indirectos y efectos causales de mediación, para cada unidad i como:

$$\delta_i(t) \equiv Y_i\{t, M_i(1)\} - Y_i\{t, M_i(0)\} \quad (\text{i})$$

para cada estado de tratamiento $t = 0, 1$. Este efecto causal es el cambio en el resultado correspondiente ante variaciones en el mediador desde el valor que se obtendría en la condición de control, $M_i(0)$, al valor que se observaría en la condición de tratamiento, $M_i(1)$, manteniendo el estado de tratamiento constante en t .

Los efectos directos del tratamiento se definen como:

$$\zeta_i(t) \equiv Y_i\{1, M_i(t)\} - Y_i\{0, M_i(t)\} \quad (\text{ii})$$

para cada unidad i y cada estado de tratamiento $t = 0, 1$. Esto representa todos los demás mecanismos causales que vinculan el tratamiento con el resultado.

El enfoque estándar del análisis de mediación puede dividirse en: 1) un conjunto de pasos en los que se evalúa la significancia estadística de las estimaciones de la pendiente en una regresión o 2) la multiplicación de los coeficientes de la pendiente a lo largo de la vía causal y una prueba de la significancia del producto.

Existen principalmente dos limitaciones prácticas de estos métodos. La primera es la dificultad para ampliarse a modelos no lineales (probit/logit). Cuando la variable mediadora y la variable de resultado son continuas y se ajustan con una regresión lineal, el efecto de mediación bajo el supuesto de Ignorabilidad Secuencial (SI, por sus siglas en inglés), equivale a ajustar dos regresiones:

$$M_i = \alpha_2 + \beta_2 T_i + \xi_2^T X_i + \epsilon_{i2} \quad (\text{iii})$$

$$Y_i = \alpha_3 + \beta_3 T_i + \gamma M_i + \xi_3^T X_i + \epsilon_{i3} \quad (\text{iv})$$

Y tomando el producto del coeficiente sobre la variable de tratamiento en el primer modelo con el coeficiente sobre el modelo mediador en el segundo, $\beta_2 \gamma$.

La segunda limitación tiene que ver con no considerar la no aleatorización del mediador. Por ello, los autores sugieren realizar un análisis de sensibilidad o adoptar diferentes diseños experimentales.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Baron y Kenny (1986)

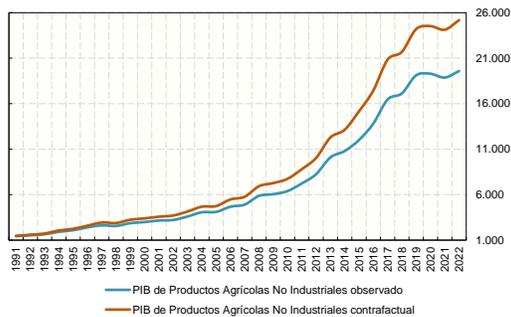
Apéndice H

Gráfico H.1

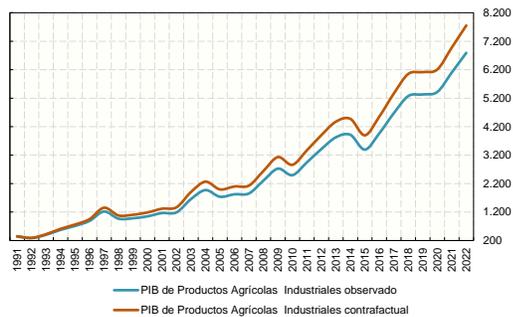
PIB agrícola

(En Millones de Bs)

a) PIB de Productos Agrícolas No Industriales



b) PIB de Productos Agrícolas Industriales



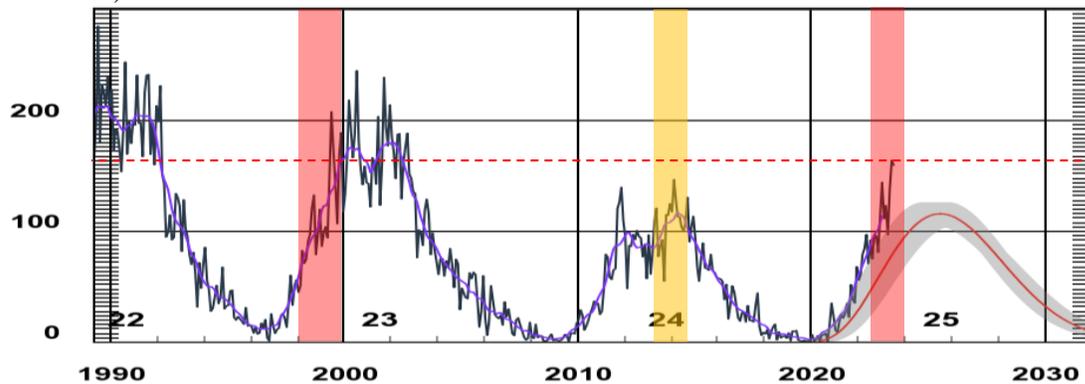
Fuente: Elaboración propia

Apéndice I

Gráfico I.1

Progresión del número de manchas solares

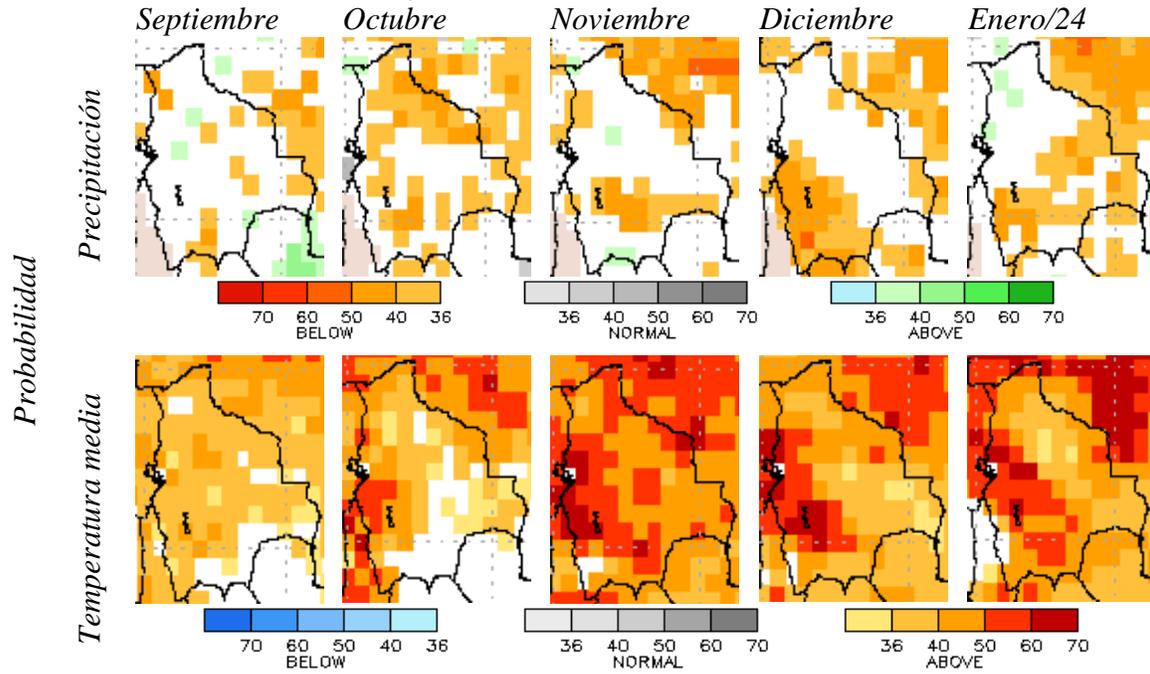
(En Nivel)



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration

Gráfico I.2

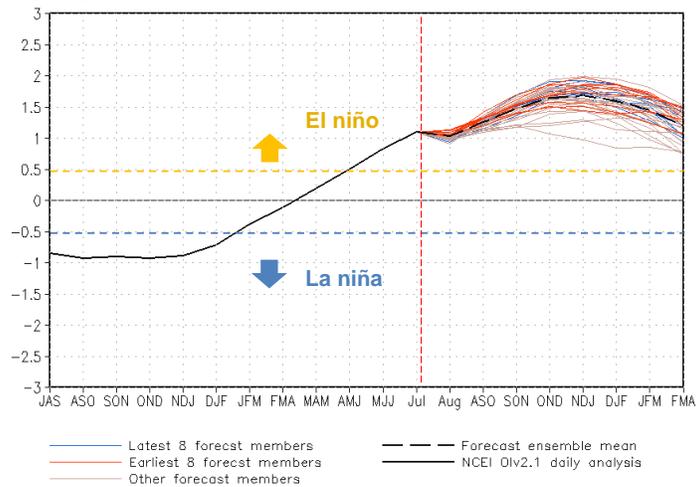
Pronóstico de condiciones atmosféricas



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration

Gráfico I.3

Pronóstico de El Niño - Oscilación Del Sur



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration

Nota: El pronóstico se realiza en zona 3.4: Situada en el Pacífico Ecuatorial Central, delimitándose por 120°O - 170°O y 5°N - 5°S. Según datos del Instituto Nacional de Estadística: la temperatura media de Bolivia registrada en el último trimestre de 2022 fue de 18,1° y; la precipitación media en Bolivia registrada en el último trimestre de 2022 de 68mm.