UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

Carrera de Economía y Negocios Internacionales

IMPACTO ECONÓMICO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL SECTOR AGRÍCOLA DEL PERÚ ENTRE LOS AÑOS 2017 – 2019 ENFOQUE DE FRONTERAS ESTOCÁSTICAS DE PRODUCCIÓN

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Economía y Negocios Internacionales

RODRIGO ROBERTO CHUNG CHUNG
(0000-0001-9155-4516)

MAURICIO ALEJANDRO NUÑEZ MENDOZA
(0000-0003-2414-7472)

Asesor:
Dr. Carlos Iván Palomares Palomares
(0000-0002-6536-3422)

Lima-Perú
2022

UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

"IMPACTO ECONÓMICO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL SECTOR AGRÍCOLA DEL PERÚ ENTRE LOS AÑOS 2017 – 2019 ENFOQUE DE FRONTERAS ESTOCÁSTICAS DE PRODUCCIÓN"

Fecha de sustentación y aprobación: viernes 04 de febrero del 2022.

Presidente de Jurado:

Dr. Bazán Navarro, Ciro

Jurados:

Dr. Mougenot, Benoit

Mg. Castañeda Limas, Roberto Oliver

IMPACTO ECONÓMICO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL PERÚ (PERÍODO DE AÑOS 2017-2019) MEDIANTE ENFOQUE DE FRONTERAS ESTOCÁSTICAS DE PRODUCCIÓN

Rodrigo Chung[1], Mauricio Nuñez[2]

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se analizarán los efectos que causa el Fenómeno de El Niño (FEN) en el sector agrícola. Se estimará la relación entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola del Perú. El método de presentación de datos es de Fronteras Estocásticas, para estimar los parámetros de producción y rendimiento de las variables de estudio. Se analizarán los efectos del fenómeno con 4 variables explicativas (productivas, económicas y climáticas); en 4 regiones del país. Se pudo comprobar la no estacionariedad de las variables independientes; su impacto significante en la producción agrícola nacional (causalidad de Granger) debido al FEN; mediante Fronteras Estocásticas, se comprueba que la producción de los productos agrícolas cae entre 5%-6%, con rendimientos productivos mixtos en las variables independientes y su cointegración a una sola regresión (*test de Johansen*). Adicionalmente, se efectúan recomendaciones para los funcionarios o políticos que toman decisiones respecto a un mejor manejo de la información vital para minimizar riesgos futuros.

Palabras clave: *Fenómeno de El Niño, Sector Agrícola, Impacto Económico, Fronteras Estocásticas, Rendimiento del Producto Promedio.*

ABSTRACT

In this paper, the effects caused by El Niño Phenomenon (ENP) in the agricultural sector productivity are analyzed. It's sought to establish a relation between El Niño phenomenon and agricultural sector productivity of Peru. The method used is Stochastic Borders with cross-sectional data, to find the population parameters in a multiple linear regression model. It would be analyzed the effects of this phenomenon in 4 variables of productivity, economy and meteorology; in 4 regions of the country. This investigation wants to reinforce the knowledge about this topic, using the current context and data to make better decisions in prevention and minimize negative effects. The non-stationary of the independent variables; their significant impact on national agricultural production (Granger causality); using Stochastic Borders, it is verified that the production of the farm products falls between 5%-6% with mixed productive returns in the independent variables and their cointegration to a single regression (*Johansen test*) could be verified. In addition, valuable suggestions were given to policy makers for better management of vital information to minimize future risks.

Keywords: *El Niño Phenomenon, Agriculture sector, Economic Impact, Stochastic Borders, Average Product Yield.*

[1] Bachiller en Economía y Negocios Internacionales de la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL).
E-mail: rodri_limax@hotmail.com

[2] Bachiller en Economía y Negocios Internacionales de la Universidad San Ignacio de Loyola. (USIL).
E-mail: mauricio_nunez_m@hotmail.com

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I:

INTRODUCCIÓN....10

Problema de la investigación 14

Planteamiento del problema....14

Formulación del problema....18

Problema principal: 18

Problemas específicos: 18

Justificación de la investigación 19

Capítulo II: Marco Referencial 19

Antecedentes....19

Marco Teórico....23

Revisión y fundamentación teórica 23

Impacto de El Fenómeno de El Niño en la geografía 24

Impacto de El Fenómeno de El Niño en la economía 26

Estimación de impacto del ENSO en la infraestructura productiva de la costa norperuana 29

Análisis de escenarios similares relacionados al ENSO en impacto económico en sector agropecuario 38

Análisis econométrico de impacto de fronteras estocásticas y eficiencia técnica 41

Modelo de producción planteado 49

Marco conceptual....52

Capítulo III: Objetivos e hipótesis de la investigación 54

Objetivos 54

Hipótesis 55

Capítulo IV: Metodología de la investigación....56

Tipo de Investigación....56

Diseño de Investigación....56

Variables 57

Muestra 59

Definición de la muestra 60

Estructura de la muestra....60

Instrumentos de investigación 60
Procedimientos de recolección de datos 60
Plan de análisis 61
Análisis econométrico previo a la estimación de análisis de datos 62
Modelo econométrico de la tesis 63
Análisis econométrico posterior a la estimación del modelo 63
Modelo de estimación.....64
Capítulo V: Resultados de la investigación.....73
Presentación de resultados 73
Discusión.....97
Discusión de antecedentes.....97
Discusión de hipótesis.....99
Discusión de marco teórico 99
Conclusiones.....102
Recomendaciones.....107
Bibliografía 112
Capítulo VI: Anexos.....115
Anexo N° 1: Mapa mental del Impacto Económico de El Fenómeno de El Niño en el sector agrícola del Perú.....116
Anexo N° 2: Matriz de consistencia de la tesis.....117
Anexo N° 3: Datos de las variables finales.....121
Anexo N° 4: Test de cointegración de Johansen.....129
Anexo N° 5: Gráfica simple de las series en niveles 136
Anexo N° 6: Matriz de correlación.....141
Anexo N° 7: Test de Causalidad de Granger 141
Anexo N° 8: Test de Dickey-Fuller Aumentado 145
Anexo N° 9: Test de autocorrelación de Breusch-Godfrey 156
Anexo N° 10: Correlogramas de las series en niveles.....157
Anexo N° 11: Test de heterocedasticidad 162
Anexo N° 12: Prueba de Normalidad 163

Anexo N° 13: Resumen Data Panel 169
Anexo N° 14: Relación rendimiento y producción de variables vs. Impacto ENSO.....170
Anexo N° 15: Modelo de Datos Panel 176
Anexo N° 16: Test de multicolinealidad 185
Anexo N° 17: Rendimientos en Tumbes 186
Anexo N° 18: Rendimientos en Piura 190
Anexo N° 19: Rendimientos en Lambayeque 199
Anexo N° 20: Rendimientos en La Libertad.....208
Anexo N° 21: Gráfica de cantidad demandada del limón en supermercados. 216
Anexo N° 22: Test de Dickey-Fuller Aumentado. 217
Anexo N° 23: Simulaciones de Monte Carlo.....227
Anexo N° 24: Test F de Fisher. 234
Anexo N° 25: Test de Levin-Lin-Chu. 235
Anexo N° 26: Test de Hausmann. 241

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consecuencias del Fenómeno de El Niño en actividades productivas y económicas del país 24

Tabla 2: Clasificación según magnitud del Fenómeno “El Niño” 25

Tabla 3: Indicadores según fases del Fenómeno “El Niño” 26

Tabla 4: Daños asociados estimados del ENSO en países de la región Andina de Sudamérica en los acontecimientos de 1982-1983 y 1997-1998 (en millones de dólares) 28

Tabla 5: Superficie agrícola bajo riego y secano (por riego natural) 28

Tabla 6: Producción agrícola en 2017 según región (en valores porcentuales) 29

Tabla 7: Producción de cultivos entre 2017-2018 por tonelada 33

Tabla 8: Funciones de producción funcionales 42

Tabla 9: Estadístico Descriptivo 74

Tabla 10: Matriz de correlación 78

Tabla 11: Matriz de covarianza 79

Tabla 12: Test de multicolinealidad 80

Tabla 13: Interpretación de coeficientes del modelo final 82

Tabla 14: Prueba de Dickey-Fuller 83

Tabla 15: Test de Fisher 85

Tabla 16: Test de Causalidad de Granger 86

Tabla 17: Test de Autocorrelación de Breusch-Godfrey 88

Tabla 18: Test de heterocedasticidad ARCH 89

Tabla 19: Análisis de Cointegración con Máximo Valor Propio 90

Tabla 20: Análisis de Cointegración de Traza 91

Tabla 21: Test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu 93

Tabla 22: Test de Hausmann 93

Tabla 23: Relación rendimiento y producción con el impacto del Fenómeno de El Niño en la eficiencia (al 95% de valor de confianza) 94

Tabla 24: Impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de las variables independientes (al 95% de valor de confianza) 95

Tabla 25: Matriz de consistencia de la tesis – Parte 1 117

Tabla 26: Matriz de consistencia de la tesis – Parte 2 118
Tabla 27: Matriz de consistencia de la tesis – Parte 3 119
Tabla 28: Datos de las variables finales – Parte 1 123
Tabla 29: Datos de las variables finales – Parte 2 124
Tabla 30: Datos de las variables finales – Parte 3 125
Tabla 31: Datos de las variables finales – Parte 4 126
Tabla 32: Datos de las variables finales – Parte 5 127
Tabla 33: Datos de las variables finales – Parte 6 128

ABREVIACIONES (según orden alfabético):

- **ADF:** Test de Dickey-Fuller Aumentado.
- **ANA:** Autoridad Nacional del Agua.
- **ASM:** Agricultural Sector Model.
- **BCRP:** Banco Central de Reserva del Perú.
- **CAF:** Banco de Desarrollo de América Latina.
- **CENEPRED:** Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre.
- **DHN:** Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- **ENFEN:** Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno de El Niño.
- **ENSO:** El Niño Southern Oscilation.
- **EPIC:** Erosion Productivity Impact Calculator.
- **FEN:** Fenómeno de El Niño.
- **FEP:** Fronteras Estocásticas de Producción.
- **IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- **IGP:** Instituto Geofísico del Perú.
- **IMARPE:** Instituto del Mar del Perú.
- **INDECI:** Instituto de Defensa Civil.
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- **INGEMMET:** Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- **IPE:** Instituto Peruano de Economía.
- **LOG:** Representación logarítmica.
- **MCO:** Mínimos Cuadrados Ordinarios.
- **MINAGRI:** Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.
- **NOAA:** National Oceanic and Atmospheric Administration.
- **PBI per cápita:** Producto Bruto Interno por poblador.
- **PEA:** Población Económicamente Activa.
- **RAE:** Real Academia Española.
- **SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

INTRODUCCIÓN

El Fenómeno de El Niño (FEN), condición que proviene de El Niño Southern Oscillation (ENSO), es uno de los eventos más influyentes e importantes en la variación de las condiciones climatológicas de periodicidad anual en la cuenca del Océano Pacífico, que cuando llegan a condiciones de variaciones extremas, se conocen comúnmente como El Niño o La Niña (Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno de El Niño -ENFEN-, 2016). El comité está conformado por: la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN), el Instituto de Defensa Civil (INDECI), el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED). Los objetivos del presente comité son estudiar el Fenómeno de "El Niño" para mejor compresión del mismo, poder predecir y determinar sus posibles consecuencias; así también de coordinar, retroalimentar y asesorar a agentes en actividades vinculadas con el fenómeno (Ministerio de Medio Ambiente de la República del Perú).

Este fenómeno se produce debido al calentamiento de la superficie del mar, lo cual altera la circulación natural de las aguas del océano y repercute en la atmósfera, provocando así una variación climatológica del clima a nivel global[3]. Esto es comprobado con un incremento en la temperatura ambiental y mayor evaporación del agua, disminuyendo su salinidad, menor presión del viento, mayor oleaje y grandes lluvias que generan inundaciones a causa del desborde de los ríos (Ministerio de Agricultura y Riego de la República del Perú, 2000). Este evento natural océano-atmosférico se caracteriza también por el traslado de aguas cálidas subsuperficiales por todo el largo del Pacífico Tropical, donde se produce el debilitamiento sostenido de vientos alisios, alterando el comportamiento de variables climatológicas dependientes de estas. Los efectos y manifestaciones principales del Fenómeno de El Niño son: menor ocurrencia anual de huracanes en el océano Atlántico, presencia de inviernos cálidos, anomalías en el ciclo hidrológico en la estación de verano de Sudamérica (Colombia, Ecuador, Perú y Chile), sequías e incendios forestales en Oceanía desde diciembre hasta mayo y alteraciones del ciclo hidrológico en África desde marzo a mayo (Meerhoff, G., 2008).

En el caso de la actividad económica, el ENSO significa un *shock negativo* en la oferta de productos y servicios, generando un incremento en los precios debido a la escasez y disminución en la actividad productiva. Los sectores de la productividad nacional y económicos que dependen de factores climatológicos serán siempre los más afectados ante

[3] Mayor referencia en: http://www.hidromet.com.pa/nino_nina.php

la ocurrencia del ENSO como consecuencia de las alteraciones térmicas o pluviales, afectando la producción de bienes y daños en infraestructura, impidiendo el correcto desarrollo de otros sectores económicos como el de transporte, comercio, entre otros (Contreras, A., Martínez, F., Regalado, F., Vásquez, K., 2017).

En el caso peruano, el ENSO tiene implicancias históricas respecto al impacto negativo que genera en la economía a nivel nacional. El efecto primario de las consecuencias del ENSO son las expectativas negativas que genera, debido a que esto desmotiva la producción agrícola, el crédito agrícola como consecuencia de la vulnerabilidad de los campos de sembrío y el aumento de productos y servicios de protección (seguro de desastres naturales, etc.). Como consecuencia también, se incrementa el precio de los productos agrícolas[4] (por menor oferta de estos), en la canasta básica familiar, balanza comercial afectada por incremento de importaciones y disminución de exportaciones y en menor recaudación de impuestos por el Estado debido al impacto en infraestructura productiva, materias primas y mano de obra (Contreras et al., 2017).

Esta investigación, busca responder el problema general, el cual es: ¿Existe una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en el Perú entre los años 2017 y 2019? También, se plantean problemas específicos en la investigación referentes a la contrastación de una posible relación relación del Fenómeno de El Niño con la producción agrícola de los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad y Tumbes, por cuanto estos representan el 26.40% de la producción agrícola nacional[5] y servirán como muestra de análisis.

La población agricultora y el Estado no ejecutan adecuados planes de prevención o no tienen la información debida acerca de esta situación lo que hace que tomen decisiones erróneas respecto a temas de prevención del desastre que, en un corto y mediano plazo, puede afectar su economía debido al impacto económico que el Fenómeno del Niño produciría en su economía familiar y nacional.

En esta investigación, se establecerá la relación entre el Fenómeno del Niño y la productividad agrícola en el Perú. Debido a que muchos agricultores de las zonas afectadas no cuentan con la debida información del comportamiento de este fenómeno natural y cuáles son las

[4] Precio de productos agrícolas pueden ser fijados al ser commodities. Food and Agriculture Organization (FAO). 2010.

[5] Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA). Ministerio de Agricultura y Riego. 2015.

repercusiones de este en su economía familiar y, hablando de la presencia del Estado, también sus efectos en la economía nacional. Es por ello que, mediante la Resolución Ministerial Nº0286-2012AG, se crea el “Plan de Prevención y/o Mitigación por los Efectos Adversos del Fenómeno de El Niño para el Sector Agrario, período 2012-2021”. El objetivo general de este plan es establecer los procedimientos para reducir los daños que pudieran ser causados a los bienes del sector agrario ante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, considerando la planificación de las intervenciones para su ejecución oportuna, por los organismos responsables en las cuencas hidrográficas respectivas. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012).

El Estudio Nacional del Fenómeno de El Niño (2015) pronosticó que, el Fenómeno de El Niño de este año sería similar al del período 1982-83, el cuál causó pérdidas de S/.3,500 millones (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1999). Es por ello que es necesaria la eficacia de las autoridades locales y regionales de cuatro puntos de impacto de este fenómeno, los cuales son los departamentos de: Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, y que representan 251 puntos críticos altamente propensos a los efectos de este fenómeno. El Instituto Peruano de Economía (2015) señaló que el gobierno central ya ha destinado cerca de S/.5,000 millones para enfrentar el Fenómeno de El Niño. Sin embargo, más dinero no asegura una ejecución eficiente. Cabe recordar que la inversión pública en infraestructura cayó 30% a nivel de gobiernos locales y 10% en los regionales entre enero y junio (Infraestructura para Todos, 2015), esto debido principalmente al cambio de autoridades.

El gobierno central, a través del Ministerio de Agricultura y Riego, cuenta con un Seguro Agrario Catastrófico, con el objetivo de cubrir más de 600,000 hectáreas de tierras de cultivo ante los efectos de El Niño. Los efectos reales de este fenómeno se comprobarán al cuarto mes, cuando inicie su etapa más crítica y pondrá a prueba las operaciones de los gobiernos locales, regionales y del gobierno central en temas de prevención, eficiencia y eficacia.

Se busca también detallar, evidenciar y explicar la relación existente y causal entre la presencia de un Fenómeno de El Niño con la producción agrícola del Perú, centradamente, en la producción de la zona norperuana. Para ello, se establecieron objetivos e hipótesis que sirven de guía para identificar las causas y consecuencias del impacto económico generado por el ENSO. Se analiza evidencia del impacto en acontecimientos anteriores en diversas regiones del país, así como la variación en la producción agrícola por el incremento de intensidad de la Oscilación Sur de El Niño leve, moderada o fuerte. Se busca incentivar la previsión futura en un corto, mediano y largo plazo. Para el análisis del modelo se utilizará el modelo desarrollado por Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), quienes plantearon un modelo de

medición usando *Fronteras Estocásticas de Producción* (FEP), para medir su modelo y obtener un mejor valor económico en la predicción de producción y rendimientos de las variables independientes según su interacción entre ellas e insumos para la producción usados en su investigación relacionada a la producción del sector cafetalero en Colombia para pequeños, medianos, grandes productos y sector general. Ya que su modelo se supone tiene relación lineal, la estimación de la misma se llevó a cabo usando el presente método de FEP cuadrático, modelo translogarítmico.

Tras la introducción, en el primer capítulo, se realiza el planteamiento del problema, la formulación de las preguntas y la justificación de la presente investigación.

En el segundo capítulo, se presenta la literatura revisada (antecedentes nacionales e internacionales) relacionada y el marco teórico de la investigación, en el cual se explican las definiciones técnicas del ENSO, los últimos impactos generados en el ámbito geográfico, económico y social. También se muestran investigaciones de estudio del ENSO y sus resultados. Finalmente, se detalla la investigación base para la presente tesis desarrollada por Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) y se plantea el modelo ecuacional propuesto para la tesis, en la cual se detallan las variables explicativas del modelo (cuatro variables de producción representadas en: rendimientos agrícolas, superficie agrícola, PBI per cápita y precipitaciones acumuladas, definiendo la producción agrícola en cuestión).

En el tercer capítulo, se detalla la metodología aplicada para la realización de la investigación, la cual presenta el tipo y el diseño de investigación, las variables definidas, la población objeto de estudio, la estructura de la muestra, los instrumentos de la investigación, el procedimiento de la recolección de datos analizados, el plan de análisis y el modelo de estimación.

Finalmente, en el cuarto capítulo se detallan los resultados de la investigación, se presentan las estimaciones econométricas que se obtuvieron, la discusión respecto a los resultados, las conclusiones y recomendaciones dirigidas hacia los agentes involucrados en la toma de decisiones y al sector académico para futuras investigaciones. Por último, como parte del quinto capítulo, se detalla la bibliografía de estudio y los anexos de la tesis respectivamente.

Según lo detallado, se busca fomentar mayores investigaciones que proporcionen valioso conocimiento a las autoridades gubernamentales y hacedores de política con el fin de tener una mejor preparación ante desastres naturales como el Fenómeno de El Niño (FEN). Adicionalmente, se busca desarrollar nuevas acciones frente al impacto del ENSO, planes de

prevención y respuesta después del desastre, para reactivar de una manera eficiente el sector agricultura que es uno de los más perjudicados.

Problema de la investigación

Planteamiento del problema

El Fenómeno de El Niño es un fenómeno natural que se caracteriza por el incremento inusual de la temperatura del océano en el Pacífico Ecuatorial. Este acontecimiento natural es una oscilación del sistema océano-atmosférico en el Pacífico tropical, teniendo relevantes consecuencias en el clima a nivel mundial. Una de ellas es el incremento de las precipitaciones en toda la región del Pacífico Sur, causando destructivas inundaciones y sequías. Se considera que la duración de las anomalías atmosféricas causadas por este fenómeno tiene una duración de pocos meses a un año (NOAA[6], 2015).

Según Martín, N. (2016), el Perú es el país de la región andina más vulnerable y más afectado por este fenómeno, debido a su cercanía de la región ecuatorial, ya que las corrientes de El Niño y Humboldt chocan en Cabo Blanco, en la región de Piura (IGP[7]). A lo largo de la historia, este fenómeno natural ha impactado en el territorio nacional, afectando principalmente la costa norte del país con regiones como: Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad. Este fenómeno afecta gravemente la infraestructura productiva y la producción de productos agropecuarios -como la papa, el arroz, la caña de azúcar, el café, espárragos, limón, frijol, etc.- que son muy dependientes de las condiciones climáticas y de la ocurrencia de desastres naturales que puedan ser provocados por las variaciones anómalas en el clima local. Uno de los episodios más graves fue el acontecimiento del Fenómeno de El Niño en el período 1982-83, considerado el más largo del siglo 20 (NOAA, 1998). El Niño genera daños irreparables, tanto en materiales como en vidas humanas, y afectan las actividades diarias de las personas. En el aspecto económico, genera graves pérdidas en sectores como la agricultura y la industria manufacturera, afectando la producción y el comercio de sus productos, como ha sucedido a lo largo de la historia reciente. Por ejemplo, El Niño 1997 – 1998, periodo en el que la categoría de este fenómeno fue extraordinaria redujo el PBI nacional en un 4.5% (CAF, 2001)[8]. Los periodos mencionados (1982-1983 y 1997-1998) generaron enormes desastres en todos los frentes: pérdidas humanas y económicas. A consecuencia de estos sucesos, la

[6] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

[7] Instituto Geofísico del Perú (IGP).

[8] Los mayores daños fueron ocasionados por intensas lluvias e inundaciones, teniendo una participación en los desastres de 57% (CAF, 2001).

comunidad científica ha empezado a priorizar cada vez más el estudio a este fenómeno[9], ya que afecta a todos los países con límite al océano pacífico, mayormente, a zonas tropicales y sub-tropicales (Takahashi, K., 2014).

En el mapa presentado dentro del **anexo N°3**, muestra las regiones divididas por localización en el Océano Pacífico. Las regiones del Niño 1 y 2 (90°-80W, 10°S-0) aquellas que afectan mayormente a la zona ecuatorial y sub-ecuatorial (Colombia, Ecuador, Perú y Chile) están basadas en el Índice Costero El Niño (ICEN) y las regiones del Niño 3 y 4 (5°S-5°N, 170°W-120°W), aquellas que afectan a los demás países del Pacífico (Australia, Nueva Zelanda, Filipinas, Pacífico tropical y sub-tropical, etc.). (NOAA, 1992).

En la actualidad, no existe información que se actualice al instante y que esté publicada en portales de fácil acceso a la población y a las autoridades locales que permita un mejor manejo de la situación gracias a la información en tiempo real. El impacto del ENSO afecta a varias regiones del país; sin embargo, se debería poner más énfasis en la previsión de los desastres naturales ocasionados que afecten la infraestructura más afectada, que son las regiones de la costa norte anteriormente mencionadas. Se debe colocar mayor énfasis en prever el impacto económico generado en los campos agrícolas en estas regiones, ya que generan aproximadamente el 23% de la producción agrícola nacional (MINAGRI, 2017). Se debe saber el impacto a tiempo real.

Como este es un escenario repetitivo, es decir, este fenómeno natural sucede a menudo y siempre impactará negativamente al país, se deben tomar las medidas de precaución necesarias para poder afrontar esta situación. El gran impacto que genera el Fenómeno de El Niño se debe a la falta de medidas de adaptación y mitigación del gobierno nacional frente a desastres naturales de gran magnitud como este, así como débiles políticas de prevención del gobierno que impiden una buena respuesta en eficacia y eficiencia de respuesta frente a este desastre natural (Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, CV., Gutiérrez, EL., Ramos, W., 2016).

Según un informe publicado por el SENAMHI en 2014, el Perú ha experimentado más de 120 Fenómenos de El Niño en los últimos cinco siglos. Esto demuestra claramente del escenario repetitivo, de los posibles daños humanos y económicos y la importante prevención del Estado central y autoridades regionales y locales en la mitigación del riesgo que es recurrente. Estos acontecimientos naturales como el incremento de lluvias, desborde de ríos o la generación de

[9] Se ha instalado 70 boyas ATLAS (Autonomous Temperature Line Acquisiton System) en varias zonas del Pacífico Tropical. Estas boyas brindan información en tiempo real con una profundidad de hasta 500 metros (Agencia Japonesa de Ciencias Marinas y Tecnología, JAMSTEC en inglés).

huaicos (deslizamientos de tierra) se pueden convertir en desastres cuando existe repercusión humana y económica, lo cual las autoridades responsables deben prevenir que estén ubicados en zonas de emergencia y propensas a estos acontecimientos naturales. Está claro que, por los daños ocasionados en cada Fenómeno de El Niño, no son prevenidos correctamente a pesar de que existe información para analizar los riesgos.

Se cuentan con instituciones peruanas para la medición de riesgos y daños sobre el suelo como: Instituto Geofísico del Perú (IGP), Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Estos institutos realizan y publican investigaciones de largo plazo, complementados por los estudios climatológicos del SENAMHI, otorgan al Estado peruano de vital información para entender un posible panorama adverso frente a las fuertes lluvias y deslizamientos provocados por el ENSO para prevenir los riesgos posibles; sin embargo, en la práctica, las autoridades preventivas no han tomado decisiones eficaces y correctas a lo largo de los años, las cuales son necesarias para preservar la productividad e infraestructura productiva de las zonas afectadas, especialmente, en la costa norte del país. El ENSO es un fenómeno que sus características han sido estudiadas y conocidas a lo largo del tiempo, aun así, faltan más estudios constantes que permitan brindar un mejor panorama, pero si existe el conocimiento de las zonas que son más afectadas y cómo son afectadas también. Todos estos informes son de fácil acceso, ubicados en las páginas web de las instituciones y llegan a las autoridades regionales y locales, por lo cual no puede haber excusa de falta de información ni poco acceso a ello, cuando lo real es que no se toman decisiones correctas con la data estadística y científica.

El Fenómeno de El Niño tiene una periodicidad de ocurrencia entre 12 y 15 años (Contreras et al., 2017) de carácter medio a fuerte. Con la experiencia vista a lo largo de la historia científica, se debe contar con información no solo a largo plazo, sino también estudios que brinden un mejor entendimiento del fenómeno a corto y mediano plazo, sobre todo, para la población en zonas en riesgo, ya que no cuentan con la debida información respecto a la prevención del desastre para poder tomar decisiones respecto a la producción planteada semanal y mensualmente, esto con el fin de evitar muchas pérdidas económicas por el desastre ocasionado en los campos agrícolas afectados por deslizamientos de tierra y desborde de ríos que destruyen toda o gran parte de la producción agrícola. Según el Banco Central de Reserva del Perú, en 2017, los productos agrícolas representativos del norte del país son: café, caña de azúcar, arroz, papa y espárrago, este último orientado más a la agroexportación. El ENSO puede darse de manera anual, con una magnitud leve, y se necesita información y acciones a corto y mediano plazo, que preparen un posible escenario

catastrófico para la producción agrícola; para ello, es importante una mayor participación colectiva entre el comité ENFEN, el Ministerio de la Producción, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Comercio Exterior y Turismo que no se ve en acciones ni planes de contingencia actualmente, ocasionado que estos productos agrícolas y otros más se vean afectados, causando siempre grandes pérdidas cada vez que sucede este acontecimiento. Es importante poder monitorear las posibles consecuencias negativas que genera el cambio climático ocasionada por la corriente de El Niño e informar a la población en riesgo; lamentablemente, la presente ausencia de ello se ve reflejada en las pérdidas que se generan durante el acontecimiento de un FEN.

El ENFEN ha tomado recientemente mayor protagonismo debido a los acontecimientos durante 2017; no obstante, este comité multisectorial fue creado en 1997 y recién adecuada su denominación mediante en la Ley N° 29158, acto debió haberse realizado años atrás debido a la importancia que representa el comité conformado por varias instituciones científicas del Estado y un mayor monitoreo por parte de los ministerios competentes. Las autoridades locales y regionales, conjuntamente con autoridades relacionadas al ENFEN, no dotan de información en tiempo real a las poblaciones en riesgo y que llevan asentadas varios años en espacios de riesgo latente, dando clara muestra de una falta de organización y creación de una cultura de prevención y realidad al riesgo en la población. Debería existir una verdadera propagación de información de estudios de riesgo (del IGP e Ingemmet, por ejemplo) a la población y autoridades locales que puedan ejecutar acciones preventivas de manera eficaz, pero esto no se hace. Además, asegurarse que la información compartida sea necesariamente entendida por la población y autoridades locales, no solo brindar informes llenos de cuadros, tablas y figuras que no permitan una comunicación efectiva.

Dada esta situación, los gobiernos locales y regionales, apoyados por el gobierno central en presupuesto, deben tomar las medidas de control preventivo necesarias para hacer frente a un impacto económico del Fenómeno del Niño en el sector agrícola. Además, la población no tiene la información debida acerca de esta situación y hace que tomen decisiones erróneas que, a corto y mediano plazo, puede afectar su economía debido a que no tomaron en cuenta la gravedad de la situación a la que se están enfrentando y, en ciertos casos, no cuentan con la ayuda suficiente del gobierno local y central para evitar desastres catastróficos en aspectos sociales y económicos. Lamentablemente, el ENFEN no ha tenido una participación inmediata que ayude a los políticos tomadores de decisiones a poder menguar el impacto económico del ENSO en las regiones ya afectadas y la asistencia que se le brinda a la población desplazada de sus localidades. Este fenómeno afecta de peor manera la costa norte peruana y se necesita al comité ENFEN para que pueda monitorear la evolución de los acontecimientos

en el escenario de impacto mayor y poder brindar sugerencias e ideas fundamentadas en hechos locales y antecedentes internacionales respecto al manejo de la información. Esta situación no se da y no se desarrollan políticas preventivas, generándose siempre cuantiosas pérdidas humanas y materiales, retrasando el desarrollo social y económico local.

Por último, existe información detallada sobre tierra cultivada, mano de obra, maquinaria, fertilizantes e insecticidas utilizados que se ubican en el Censo Agrario realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI); sin embargo, el último censo agrarios se realizó en 2012, siendo el cuarto y el anterior a este se realizó en 1994, mostrando una gran dispersión de tiempo e información actualizada respecto a las variables mencionadas.

Formulación del problema

- Problema principal:

¿Qué relación existe entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola del Perú entre los años 2017-2019?

- Problemas específicos:

Problema específico 1

¿Cuál fue el impacto del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019?

Problema específico 2

¿Cómo afectó la ocurrencia del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y la superficie agrícola en regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019?

Problema específico 3

¿Qué políticas de prevención contra desastres naturales cuenta el Perú para poder minimizar el impacto del Fenómeno de El Niño para las regiones más vulnerables de la costa norte del país?

Justificación de la investigación

Para justificar el problema a investigar, se usarán las justificaciones teóricas y prácticas.

Teórico: La presencia del Fenómeno de El Niño será siempre permanente, y aunque existen investigaciones desarrolladas en otros países y campos de desarrollo y aplicación más diversificados y conocidos, lo que busca esta investigación es extender la información existente hacia las personas que son las más afectadas por este fenómeno natural y lograr que los gobiernos locales realicen más labores de predicción y prevención de desastres para ello. Los resultados que se obtengan de esta investigación también servirán como apoyo a futuras investigaciones relacionadas a los efectos económicos que tiene el Fenómeno de El Niño en el sector agrícola del Perú.

Práctica: Esta investigación es un tipo de investigación de economía aplicada, en este caso, a la economía agrícola. Es por ello que, mostrará resultados relevantes que servirán a las personas para que tengan una visión más clara y que cuenten con mayor información que les permita realizar buenas decisiones en el sector agrícola para reducir el impacto que tendría el Fenómeno de El Niño, ya que no cuentan con acceso a esta información o les es muy complicado de interpretar. Asimismo, fomentar mayores acciones en el gobierno nacional, gobiernos regionales y gobiernos locales para generar políticas de prevención dado los efectos que genera tanto en el país como en la región Sudamericana.

Marco Referencial

Antecedentes

Investigaciones Internacionales

Directas

- Martín, L., (2016). Llevo a cabo la investigación con apoyo del Departamento de Países del Grupo Andino del Banco Interamericano de Desarrollo sobre los efectos del Fenómeno de El Niño en la región andina. Desarrollado en Estados Unidos. El objetivo general fue demostrar qué tan impactados económicamente son los diversos sectores de la producción nacional de diversos países de la región andina. Se empleó modelos autoregresivos univariados para calcular el efecto e impacto del Fenómeno de El Niño sobre la actividad económica de los países andinos, la cual fue medida por la variación anual en el PBI de cada país. Entre los resultados se halló que Perú y Ecuador representan en pérdidas cerca de 80% de las pérdidas

ocasionadas por el fenómeno en la región. Los sectores más afectados fueron: agricultura, infraestructura y energía.

- Avellaneda, J., & García, F., (2014). Realizaron una investigación sobre los efectos del Fenómeno de El Niño en la economía, desarrollado en Colombia. El objetivo general fue pronosticar los efectos del Fenómeno de El Niño en la economía colombiana de acuerdo a su magnitud. Se utilizaron datos y proyecciones de agencias meteorológicas e investigaciones llevadas a cabo en otros países respecto al impacto económico de este fenómeno. Entre las conclusiones, se supo que el efecto del Fenómeno de El Niño en los niveles de inflación en el precio de alimentos ha disminuido gracias a la mayor oferta alimentaria, mejoras en la infraestructura e integración comercial; no obstante, un ENSO de leve podría aumentar en 35 puntos porcentuales en los primeros meses, aumentando su impacto en la economía en el segundo y tercer trimestre.

- Perdomo, J. & Hueth, D., (2010). Llevaron a cabo una investigación sobre el comportamiento de la producción cafetera en Colombia según el tipo de productor. La presente investigación se llevó a cabo en Colombia y su objetivo fue demostrar explicar la relación entre los insumos para la producción cafetera y hallar una eficiencia técnica bajo el análisis de fronteras estocásticas según el tipo de productor. Se usaron datos recogidos de 999 fincas distribuidas en regiones de Caldas, Risaralda y Quindío, por la facultad de Economía del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de Los Andes en el año 2004. Como resultado de la investigación, el promedio de eficiencia técnica mediante el modelo de fronteras estocásticas de producción para pequeños, medianos, grandes productores y sector cafetero general fue de: 70%, 66%, 99% y 71.9% de eficiencia técnica respectivamente.

- Bonilla, A., Rosales, R., & Maldonado, J., (2003). Realizaron una investigación sobre el valor económico de la predicción del Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur “ENOS” para el sector azucarero colombiano. Desarrollado en Colombia. El objetivo general fue determinar el impacto de este fenómeno natural sobre el rendimiento del sector, especialmente en la producción azucarera de Colombia. Se utilizaron datos recogidos por el Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE), de la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes, Colombia. Como conclusión, el rendimiento agrícola decreció 4.3% a causa del impacto del Fenómeno de El Niño.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2002). Llevó a cabo una investigación a cerca de los efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno de El Niño. Desarrollado en Colombia. El objetivo general fue proporcionar información de servicio público sobre el desarrollo del proceso de los fenómenos naturales, en este caso el Fenómeno de El Niño, y cómo afectan la actividad socioeconómica nacional. Se utilizaron datos y pronósticos recogidos por el mismo instituto autor de esta investigación. Se busca que el Estado deba regir y fomentar políticas de prevención, a fin de minimizar las cuantiosas pérdidas económicas y pérdidas humanas a través de información preventiva para evacuaciones tempranas de localidades en riesgo. Los resultados del estudio demuestran que, utilizando adecuadamente el presupuesto otorgado a los municipios para labores de prevención, se pueden prevenir hasta en un 50% las posibles pérdidas económicas relacionadas al sector agropecuario, infraestructura y comunicaciones, ubicándose un grupo de 4 regiones más afectadas por el Fenómeno de El Niño: Caldas, Risaralda, Tolima, Quindío. El producto agrícola de mayor impacto económico que es afectado es el café.

Investigaciones Nacionales

Directas

- Contreras et al., (2017). Realizaron un estudio acerca del impacto del Fenómeno de El Niño en la economía peruana. El objetivo general de la investigación es detallar el impacto de este fenómeno en diversos sectores de la producción nacional. Los datos utilizados fueron recogidos del Banco Central de Reserva del Perú para medir, en corto plazo, los efectos del Fenómeno de El Niño sobre el PBI sectorial usando un modelo de vectores autorregresivos (VAR). La importancia de la investigación fue demostrar los efectos contractivos estadísticamente significativos sobre los sectores de pesca, agropecuario y manufactura primaria. Estos efectos se disipan en un periodo entre 4 y 6 trimestres.

- Grippa, F., (2015). Llevó a cabo una investigación sobre el impacto económico que tendría el Fenómeno de El Niño en el PBI del 2015. El objetivo general de la investigación es brindar más información a las autoridades locales y regionales para que tomen mayores decisiones respecto a la previsión de un mayor desastre natural. Se utilizaron datos de los informes recientes del comité multisectorial del Fenómeno de El Niño (ENFEN), que pronostican una intensidad de nivel fuerte de este evento. Esta investigación detalla cómo se decidió recortar la previsión del crecimiento económico del Perú a 2.8% para el año 2016, esto debido a la intensidad fuerte que tendrá este fenómeno natural en aquel año.

- Galarza, E., Kámiche, J., Collado, M., & Pacheco, A., (2012). Realizaron una investigación acerca de los impactos del Fenómeno de El Niño en la economía regional de Piura, Lambayeque y La Libertad. El objetivo general de la investigación fue presentar los resultados producto de este estudio, a fin de contribuir a que las autoridades locales, regionales y público en general puedan tomar decisiones acertadas mediante la información presente y disminuir el riesgo e impacto del fenómeno. Se utilizaron datos recogidos de los anteriores impactos del Fenómeno de El Niño en el Perú (1982-83 y 1997-98). Entre los resultados, teniendo en cuenta el escenario más pesimista, un ENSO intenso para las regiones produciría daños por 2,915 millones de dólares, siendo Piura la región más golpeada representando cerca del 43% de estos daños; además, las principales fuentes de financiamiento para la reconstrucción en estas regiones serían las siguientes: presupuesto público del Estado central y regional, endeudamiento público o privado y mecanismos de tercerización para riesgos (este último sería el más aceptable debido a su eficiencia en costos y aceleración en resultados).

Los antecedentes demuestran las implicancias del paso del ENSO en la economía local de los países y sirven como propósito explicativo para la presente investigación, sobre los datos utilizados, el análisis realizado, la metodología de estudio y sus conclusiones. Todas estas son discutidas y expuestas a más profundidad más adelante.

Marco Teórico

Impacto del Fenómeno de El Niño en la geografía y economía nacional

Revisión y fundamentación teórica

En línea al planteamiento del problema propuesto es necesario describir los conceptos inmersos en torno a lo que se entiende por fenómeno natural concentrándonos en el Fenómeno de El Niño, al mismo tiempo se requiere definir el impacto del mismo, profundizando su efecto en la economía del sector agrícola del Perú.

Como se citó en Villamar, R., & González, M., (2003), es necesario saber la diferencia entre Corriente del Niño[10] y el Fenómeno de El Niño. El primero lleva su nombre desde el siglo pasado, cuando los pescadores del sur de Ecuador y el norte del Perú empezaron a asociarlo con la llegada del niño Jesús, en vísperas de navidad. Esta corriente transporta aguas cálidas que llegan a alcanzar la costa norte del Perú, iniciando la época húmeda y cálida en la región norte justamente. El Fenómeno de El Niño, por su parte, presenta series anómalas de gran escala en la atmósfera y el océano del Pacífico Sur, las cuales elevan la temperatura de la superficie marítima y de la atmósfera por un período que va entre doce a dieciocho meses.

Existen diversas formas de definir el Fenómeno de El Niño, la cual es definida, según la National Oceanic and Atmospheric Administration -NOAA- (1998), como un cambio inusual en la condición natural de temperatura del agua en el océano Pacífico ecuatorial. Este se caracteriza justamente por el calentamiento de las aguas del mar. Según Ñiguen, M., (1999), la corriente de El Niño es producida por alteraciones en la temperatura de interacción del océano y la atmósfera, que conlleva al alza sostenida de temperatura superficial del mar y debilita los vientos alisios que van de Este a Oeste en la zona del Pacífico Tropical. Al debilitarse los vientos alisios, dejan pasar aguas cálidas cuya procedencia va desde Australia e Indonesia hacia Sudamérica, gracias a las llamadas ondas Kelvin[11], que se originan en Indonesia y forman la llamada “piscina caliente”, el espacio de aguas calientes más extenso

[10] Ver: Marina de Guerra del Perú, Departamento de Oceanografía, (2015). http://www.naylamp.dhn.mil.pe/nino/mainFrame.htm

[11] “*Ondas especiales de gravedad que son afectadas por la rotación del planeta y se encuentran atrapadas en el Pacífico ecuatorial. Estas ondas son generadas por vientos provenientes del Oeste y se propaga posteriormente en dirección hacia las costas sudamericanas, ocasionando el calentamiento transitorio de las aguas superficiales en el ecosistema marino del Perú”*. Instituto del Mar del Perú – IMARPE, (2013).

de la Tierra. Estas aguas viajan hacia el Este, llegando a costas sudamericanas en un tiempo aproximado de dos meses (Ministerio de Ambiente de la República del Perú, 2014).

Impacto de El Fenómeno de El Niño en la geografía

Tabla 1

Consecuencias del Fenómeno de El Niño en actividades productivas y económicas del país.

Sector o actividad alterada	Consecuencias del Fenómeno de El Niño
Pesca	- Actividad económica más afectada. - Especies marinas migran a espacios con temperaturas más bajas. - Pesca industrial gravemente afectada por escasez de anchoveta. - Gran reducción de producción de harina y aceite de pescado.
Agricultura	- El incremento de la temperatura del mar y humedad genera mayor evaporación de las aguas de mares y ríos, incrementando las lluvias que provocan inundaciones y deslizamientos de tierra. - Disminución de cosechas de frutas y tubérculos. - Infraestructura gravemente afectada como campos de cultivo.
Ganadería	- Disminución de gran disposición de insumos ganaderos e incremento de sus costos. - Menor producción de leche, sus derivados y de carnes por menores insumos para alimentar ganado.
Transporte	- Infraestructura gravemente afectada como puentes y carreteras dañadas o destruidas.
Exportaciones	- Gran disminución por menor disponibilidad de productos provenientes de actividades agrícolas y pesqueras.
Energía	- Se reduce la capacidad de producción eléctrica debido al excesivo caudal de los ríos que no permite su buen aprovechamiento.

Nota: **l**os sectores más propensos al impacto del ENSO son: pesca, agricultura y transportes.

Fuente: Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, CV., Gutiérrez EL. & Ramos, W., (2016). Elaboración propia.

Con la llegada del nuevo milenio, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – (IDEAM, 2002) – lo define como la presencia de aguas superficiales del océano que tienen un estado relativamente mucho más cálidas de lo normal en la región del Pacífico Tropical oriental y central. Este fenómeno tiene presencia en zonas costeras del norte del Perú, en Ecuador y en la costa sur de Colombia. El Niño también perjudica otras zonas del planeta, como el continente de Oceanía y países limítrofes y cercanos al océano Índico. Es necesario saber que, los últimos acontecimientos del Fenómeno de El Niño – 1982-83 y 1997-98- fueron catalogados como muy fuertes, registrándose pérdidas humanas y gran retroceso en la economía de los países afectados[12].

[12] Ministerio del Medio Ambiente, República de Colombia, (2002).

Tabla 2

Clasificación según magnitud del Fenómeno "El Niño".

Categorías	Índice Costero "El Niño" (ICEN)
Fría fuerte	Menor a -1.4 °C
Fría moderada	Mayor igual a -1.4 °C y menor a -1.2 °C
Fría débil	Mayor igual a -1.2 °C y menor a -1.0 °C
Neutras	Mayor igual a -1.0 °C y menor igual a 0.4 °C
Cálida débil	Mayor a 0.4 °C y menor igual a 1.0 °C
Cálida moderada	Mayor a 1.0 °C y menor igual a 1.7 °C
Cálida fuerte	Mayor a 1.7 °C y menor igual a 3.0 °C
Cálida extraordinaria	Mayor a 3.0 °C

Nota: según ENFEN, el promedio de aumento de temperatura del mar al norte del país fue de entre 1.7 °C y 2.4 °C durante el último niño costero (2017).

Fuente: Comité ENFEN (2012).

Concordando con las definiciones anteriores, Meerhoff, G., (2008) define al Fenómeno de El Niño como un fenómeno meteorológico en el cual interactúan el océano y la atmósfera para preparar un evento catastrófico. Durante este acontecimiento, la presión del nivel del mar en la región tropical Pacífico Oriental tiende a disminuir, mientras la presión del mar aumenta en la región tropical del Pacífico Oriental. Debido a tales cambios en la presión atmosférica entre estas regiones del océano, El Fenómeno de El Niño suele ser asociado con la Oscilación del Sur, fenómeno que tiene como característica estos cambios en la presión atmosférica del mar. Es por ello que, como se relacionan, estos fenómenos se combinan en el término "ENOS" (El Niño Southern-Oscilation, por sus siglas en inglés, ENSO)[13].

El ENSO establece el ciclo de variación climática más importante anualmente, englobando cambios importantes en la temperatura de la superficie marítima en el área del océano Pacífico ecuatorial central, influyendo también con cambios en la presión atmosférica del Pacífico desde Australia hasta Tahití, en el Pacífico tropical central-oriental (Instituto de Salud Pública del Perú, 2016).

Ahora que se cuenta con algunas definiciones que ayudan a entender mejor este fenómeno y cómo actúa y se caracteriza, se relaciona el Fenómeno de El Niño con el impacto económico que produce en la economía agrícola del Perú. Serán explicadas la producción agrícola del Perú, específicamente, en la zona costa norte del país, la cual está conformada por las siguientes variables independientes a analizar: producción agrícola de papa, producción agrícola de café, producción agrícola de caña de azúcar, producción agrícola de espárragos,

[13] International Research Institute for Climate and Society. Iri.columbia.edu/climate/ENSO.

producción agrícola de arroz, superficie agrícola, precipitaciones acumuladas y PBI per cápita para conocer la variación en los ingresos de los ciudadanos.

Tabla 3

Indicadores según fases del Fenómeno "El Niño".

Fases	Eventos	Magnitud
Iniciación	Termoclima	Profundización
	Nivel del mar	Elevación del nivel marítimo medio del Perú
	Vientos alisios	Débiles (provenientes desde el Pacífico sur-occidental)
	IOS[14]	Negativo
	Anomalía TSM[15]	En positivo > 2°C en consecutivo
Desenvolvimiento	Viaje de las aguas	Aguas calientes desde Australia hacia Perú
	Nivel del mar	Continua en elevación en Perú
	Salinidad	Se incrementa la salinidad
	IOS	Se marcan en valores negativos
	Anomalía TSM	Continúan en incremento
Madurez	Precipitación	Aumenta su frecuencia y magnitud
	Vientos alisios	Se marca debilidad y se nota un cambio de dirección
	Temperatura del aire	Incrementan las temperaturas máximas y mínimas
	Humedad del aire	Incrementa
Aplanamiento		Se retorna a condiciones normales

Nota: el período de iniciación puede iniciar entre agosto y setiembre, seguir variando hasta el aplanamiento de la alteración de indicadores del ENSO entre marzo y abril del siguiente año.

Fuente: Contreras et al. (2017). Elaboración propia.

Impacto de El Fenómeno de El Niño en la economía

En el año 2015, el Ministerio de Economía y Finanzas de la República del Perú realizó estimaciones debido a la inminente presencia de un Fenómeno de El Niño de carácter moderado a fuerte. En ellas, concluye que el país podría tener un retroceso en el crecimiento del PBI entre 1% y 1.5%. Esto sucedería siempre y cuando se presente un Niño de magnitud fuerte, esto tiene una probabilidad del 55% de ocurrencia[16]. En el peor de los casos, un Niño de magnitud extraordinaria podría significar una pérdida de hasta 3% en el PBI.

Basándose en los pronósticos del comité multisectorial del Fenómeno de El Niño (ENFEN), el Banco Continental, mediante su unidad de investigación (BBVA Research, 2015), decidió

[14] El Índice Oscilación Sur es el valor obtenido de la diferencia de valores superficiales en la presión atmosférica entre Tahití y Darwin (Australia), sirviendo como indicador para detección de un ENSO. (NOAA, 2010).

[15] Temperatura Superficial Marítima.

[16] Ver: informe técnico ENFEN. Agosto (2015).

recortar las previsiones de crecimiento económico a 2.6% para el año 2016, esto debido ante la posibilidad de un Niño de fuerte magnitud.

Según el Banco de Desarrollo de América Latina, el ENSO de 1982-1983 ocasionó pérdidas económicas al Perú equivalentes a 1,000 millones de dólares; mientras que el ENSO de 1997-1998 provocó más de 3,498 millones de dólares. Las principales regiones afectadas por el fenómeno fueron Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, configurando toda la costa norte del territorio nacional.

Según estimaciones de la Corporación Andina de Fomento (CAF, 1998), el Fenómeno de El Niño del año 1982-83, de magnitud fuerte, ocasionó pérdidas de $3,283 millones, equivalentes al 7% del PBI de aquel año. El Niño del año 1997-98 ocasionó pérdidas de $3,500 millones, que representa el 5% de aquel año. Por historia, el sector más afectado es el sector agrícola, ya que el aumento de temperatura altera el desarrollo del ciclo evolutivo de las plantas, las avalanchas de lodo, desbordamiento de ríos, y las intensas lluvias en la costa y sierra del país que generan inundaciones. Así también, el sur sufre de sequías.

Es muy claro que el clima es el determinante principal para la productividad agrícola. El efecto que estos cambios producen en la aparición de sequías e inundaciones afectan la producción agrícola y la oferta de suministros de comida, haciéndolos muy vulnerables a estas fluctuaciones. Se cree que, en muchas partes del mundo, el cambio año a año en la variación climática puede ser rastreado del ENSO (Departamento de Agricultura y Recursos Económicos de Oregon de Estados Unidos, 1999).

Los efectos que ocasiona el ENSO a lo largo de los años, en la productividad agrícola específicamente, muestra que no todos los daños pueden ser evitados ni las predicciones perfectas (Adams, R., 1995). Es por ello que, para tener un mejor acercamiento ante la ocurrencia de un ENSO, se estudiaron rendimientos productivos de los campos de cultivo en Estados Unidos como parte de un estudio científico de Solow, A., (1998), usando series de tiempo. Al usar estos modelos simulados, pueden brindar una visión más clara que otra data histórica sobre los campos de producción, especialmente, diferenciando fenómenos que afectan la producción sin ser motivados por cambios climatológicos. Para Solow, A., (1998), este modelo es muy común en la práctica de estas investigaciones. Gracias a modelos que siguen este patrón, se puede predecir el impacto en fluctuación de precios de productos agrícolas, suministros para siembras y el bienestar colectivo de productores y consumidores.

Tabla 4

Daños asociados estimados del ENSO en países de la región Andina de Sudamérica en los acontecimientos de 1982-1983 y 1997-1998 (en millones de dólares).

País	1982 – 1983	1997 - 1998	2017
Perú	3,283	3,500	3,100
Ecuador	1,051	2,882	2,769
Bolivia	1,372	527	27
Colombia	Data imprecisa	564	441

Nota: a lo largo de los años, los daños generados en Perú producto del ENSO han tenido una tendencia casi constante; caso contrario ocurre en Colombia, donde gracias a una mejor política preventiva, estos daños han ido decreciendo con el paso de las ocurrencias del fenómeno natural.

Fuente: Secretaría General de la Comunidad Andina (2009). CEPAL (2017).

La característica del sector agrícola peruano es que tiene mayor orientación a satisfacer el mercado interno que el externo. Según cifras del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI, 2017), los productos más representativos son el arroz, plátano, papa y yuca (hasta fines del año 2016 representaron el 18.3% de la producción agrícola nacional). De los productos anteriormente mencionados, la producción de arroz concentra un 41.4% de su producción en la costa norte del país, en los departamentos de: Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad. Estas regiones son las más afectadas por acontecimiento del ENSO. Respecto a productos agroindustriales como la caña de azúcar y el algodón son muy afectados debido al incremento de la temperatura y tropicalización que afecta su floración. Para el ENSO en la costa peruana del año 2017, un informe de la NOAA detalló que la temperatura de la superficie marítima del océano Pacífico alcanzó los 29 °C, siete grados superiores al habitual en temporada estival. El incremento de precipitaciones y deslizamientos de tierra perjudicó a 11 regiones del país.

Tabla 5

Superficie agrícola bajo riego y secano (por riego natural).

Región Natural	Total		Riego		Secano	
	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
Total	**7,125,007.77**	**100.0**	**2,579,899.88**	**100.0**	**4,545,107.88**	**100.0**
Costa	1,686,777.58	23.7	1,469,422.55	57.0	217,355.03	4.8
Sierra	3,296,008.11	46.3	989,481.65	38.4	2,306,526.45	50.7
Selva	2,142,222.09	30.1	120,995.68	4.7	2,021,226.40	44.5

Nota: los datos presentados corresponden al último censo agrario realizado en Perú (2012), los cuales se actualizan en un promedio de 12 – 15 años. Países que también son afectados por el ENSO como Colombia, cuentan con 8 censos agrarios en su historia.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – IV Censo Nacional Agrícola Perú 2012.

Según Contreras et al. (2017), debido a los variados productos agrícolas y la megadiversidad de climas del Perú, la región de la sierra, que cuenta con un cultivo secano, es la mayor abastecedora del mercado nacional; sin embargo, debido a su gran dependencia de riego por lluvias, es muy propensa a las temporadas de sequías que trae el ENSO. Las sequías en el evento del ENSO 1982-1983 fueron más severas que las producidas durante el periodo 1997-1998; El Niño tuvo mayor concentración en la costa norte del país -Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad- con una variación en la temperatura muy cálida que ocasionó intensas precipitaciones; por otro lado, en la sierra sur del Perú ocurrió lo opuesto, con precipitaciones por debajo del 50% de lo normal entre diciembre de 1982 hasta marzo de 1983.

Tabla 6

Producción agrícola en 2017 según región (en valores porcentuales).

Departamento	Participación agrícola
La Libertad	**11.6**
Ica	8.5
Lima	**8.3**
San Martín	8.3
Arequipa	7.8
Junín	6.0
Piura	**5.9**
Cajamarca	5.3
Amazonas	4.9
Puno	4.3
Lambayeque	**4.3**
Huánuco	4.0
Cusco	3.6
Ancash	**2.6**
Loreto	2.6
Tacna	2.2
Ayacucho	2.0
Apurímac	1.7
Ucayali	1.7
Huancavelica	1.4
Pasco	1.4
Tumbes	**1.0**
Moquegua	0.5
Madre de Dios	0.3

Nota: las regiones norcentrales, **en color rojo**, de la costa peruana representan más del 33% en participación agrícola nacional.

Fuente: MINAGRI (2017).

Estimación de impacto del ENSO en la infraestructura productiva de la costa norperuana

Las implicancias asociadas a la aparición del ENSO en el litoral peruano son:

- Variaciones térmicas anómalas mayores a 2 °C durante varios meses de manera consecutiva que afecta directamente a las semillas sembradas, produciendo su cocción y desalienta mayores siembras.

- Aumento de la temperatura del aire a más de 5 °C, lo que incrementa la vida, reproducción y población total de insectos que depredan las cosechas, lo que incrementa el gasto de productores en la utilización de insecticidas.

- El marcado aumento de la temperatura generan condiciones ambientales con reducción de la humedad, afectando los sembríos en los valles de la costa peruana.

- Disminución en el rendimiento productivo de la papa en la costa (representa aprox. 10% de la producción total nacional, según cifras de MINAGRI en 2017). Debido al incremento inusual de la temperatura evita la tuberización[17] correcta para la formación de la papa, produciendo que esta también reduzca su tamaño.

- Tropicalización del clima y su impacto en cultivos como la caña de azúcar y el algodón, produciendo la formación de bellotas y azúcares respectivamente, reduciendo su aprovechamiento y cosecha.

- Dormancia[18] de frutas. Contreras et al. (2017) ponen como ejemplo la producción de aceituna, que se redujo cerca al 50% en 1983 y casi desapareció durante 1997, lo cual tardó 2 años en recuperar la producción usual. Otro ejemplo que brindan es el del limón, cuya producción se redujo en 30% durante los últimos dos acontecimientos del ENSO.

Existen estudios sobre el tema en cuestión por parte de organismos nacionales e internacionales, quienes han contribuido a explorar más sobre el tema del impacto económico del ENSO en la región; sin embargo, hay limitaciones en ellos que nos llevan a poder abordar más la materia. Es importante ahondar más sobre el tema, ya que tiene antecedentes poco favorables en términos de información con falta de fuente científica y se basan en criterios. Además, la información relacionada a este tema no es de fácil acceso y comprensión; por último, la información parcial disponible por países pero no a nivel regional que nos pueda dar más detalle del comportamiento del ENSO en el sector agrícola y las acciones de mitigación que lleva a cabo cada país para minimizar las pérdidas económicas y de infraestructura agrícola; así mismo, se enfocan más al estudio del comportamiento de variables como el

[17] Proceso botánico de transformación la parte inferior del tallo u órganos radiculares en tubérculos. (Gran Diccionario de la Lengua Española – Larousse Editorial, 2016).

[18] Proceso biológico de incapacidad interna temporal de un embrión para su actividad celular. (Gran Diccionario de la Lengua Española – Larousse Editorial, 2016).

clima, temperatura marítima, afluencia de vientos y precipitaciones no se diferencia por regiones o cultivos subjetivos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2014).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2017), después del primer trimestre de azote del ENSO, cerca de 7,000 agricultores fueron afectados por su impacto, de ellos el 80% son representados por pequeños agricultores. La zona más afectada fue la costa norte del país (regiones de Tumbes y Piura), donde se perdieron cerca de 8,600 hectáreas de cultivo. No obstante, el desastre ocasionado por las inundaciones y deslizamientos también es potenciado por la aparición de plagas, algunas de ellas son: grillos, langostas, etc. Según datos del Banco Central de Reserva del Perú (2017), el PBI agrícola en el primer trimestre se redujo 1%, lo cual afectaría toda la producción estimada hasta fin de año.

Como detalló el comité técnico ENFEN (2015), existía un 55% de probabilidades de que el desenvolvimiento del ENSO para el 2016-2017 tendría similar impacto al ocurrido entre 1997-1998, el cual significó un impacto económico para el Perú de 3,500 millones de dólares, equivalentes a más del 6% de su PBI correspondiente al año 1998 (55,5 miles de millones de dólares, según el Banco Mundial). Finalmente, el impacto económico del ENSO para el periodo 2016-2017 en el Perú ocasionó pérdidas por 3,100 millones de dólares, equivalentes al 2% de su PBI del año 2017 aproximadamente (211 miles de millones de dólares, según el Banco Mundial).

Respecto a las expectativas de crecimiento económico para el año 2017, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú había estimado un crecimiento en el PBI de 3.5% a 4%; sin embargo, este porcentaje se fue ajustando por las pérdidas económicas, lo más de 800,000 damnificados (Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú, 2017) e infraestructura dañada o destruida, disminuyéndose en 1 punto porcentual. Finalmente, el crecimiento del PBI para el 2018 fue de 2.5% (Banco Mundial, 2017).

Según Galarza, F. & Kámiche, J., (2012), para estimar los daños que causaría el paso del Fenómeno de El Niño, se deben usar bases de datos recogidas por las instituciones competentes, que pueden recoger información relacionada a la temperatura del agua del océano, la intensidad con la cual se puede manifestar y, también, se puede estimar los daños de acuerdo a los efectos causados por el mismo fenómeno en ocasiones anteriores (ver gráfico Nº1).

Continuando con Galarza, F. & Kámiche, J., (2012), sostuvieron que, si el Fenómeno de El Niño se hubiese presentado en el año 2010, los daños en las regiones de La Libertad, Lambayeque y Piura –las regiones más propensas a este fenómeno- hubieran sido entre $600 millones y $1,100 millones[19]. Este aumento de temperatura del ambiente produce un efecto negativo en el crecimiento normal de los cultivos.

Según Contreras et al. (2017), los efectos Fenómeno de El Niño conllevan a un shock negativo en la oferta, como consecuencia, se genera un alza en los precios debido al menor abastecimiento de productos agrícolas, así como disminución en las exportaciones e incremento de importaciones que producen un número negativo en la balanza comercial y otros efectos de contracción en las actividades productivas sectoriales. Precisan también que este fenómeno afecta directamente a las actividades dependientes de factores climáticos, como el sector agrícola, debido a variaciones térmicas y/o pluviales que acarrean efectos adversos. Desde que inicia la alerta de este fenómeno, se produce un impacto negativo en las expectativas económicas de crecimiento y producción, afectando las intenciones de siembra, créditos de productos agrícolas vulnerables y crecimiento en la demanda de productos para prevenir futuros desastres, pérdidas o mitigar su impacto (seguros contra desastres naturales).

Meerhoof, G., (2008), sostuvo que, en el Fenómeno de El Niño (FEN) del año 1997-98, el precio de los alimentos se incrementó entre 20% y 100%. Este incremento se debió a la escasez de los productos y, también, debido a las carreteras bloqueadas. Se calculó que la pérdida sola en sectores de pesquería y agrícola ascendió a $700 millones[20].

El Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2017) realizó diversas síntesis de actividad económica de cada región del país[21]. Estos datos cualitativos y cuantitativos de cada región serán utilizados y analizados para entender su actividad económica y como pueden ser afectadas por efectos climatológicos como El Niño. Los datos recogidos pertenecen a las regiones de: Lambayeque, Piura, La Libertad y Tumbes.

[19] Impacto del Fenómeno de El Niño en la economía regional de Piura, Lambayeque y La Libertad. (2012). Informe final.

[20] Ministerio de Economía y Finanzas. República del Perú. (1998).

[21] Banco Central de Reserva del Perú. (2017). Información estadística regional.

Tabla 7

Producción de cultivos entre 2017-2018 por tonelada.

Región	Años	Arroz	Café	Caña de Azúcar	Espárrago	Papa
La Libertad	2017	8 582	22	830 945	35 161	131 171
	2018	25 760	37	1 000 715	43 250	135 171
Lambayeque	2017	18 001	0	386 261	307	1 000
	2018	20 870	10	426 679	375	1 397
Piura	2017	32 075	0	0	0	3 800
	2018	62 746	0	0	0	4 230
Tumbes	2017	10 855	0	0	0	0
	2018	16 869	0	0	0	0

Nota: a pesar de un incremento en la producción de cultivos, el aumento no fue mayor debido a la mala gestión en la reconstrucción de zonas afectadas e infraestructura, provocando que productores agrícolas migren o cambien de cultivos. (Comité multisectorial ENFEN, 2018).

Fuente: MINAGRI (2019). Elaboración propia.

La región Lambayeque cuenta con una extensión de 14,231 km^2 (1.1% del territorio nacional). Los sectores de mayor productividad de la región Lambayeque son los servicios y comercio, este último muy relacionado a la productividad y manufactura primaria de caña de azúcar y arroz. Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, existen 255 mil hectáreas de producción agrícola[22].

El sector agrícola en esta región representa un importante motor de empleo, ya que el 20.6% de la PEA ocupada obtiene sus ingresos debido a esta práctica productiva, es por ello que un Fenómeno de El Niño de intensidad moderada a fuerte generará un gran retroceso en el sector, como sucedió durante el periodo enero-marzo del año 2017. Como la práctica agrícola en esta región es minifundista, no se puede aprovechar las ventajas de la economía a escala en sus productos, lo que limita la inversión tecnológica, minimización de costos de producción y acumulación de capital, perjudicando tratos buenos comerciales.

Los productos agrícolas más representativos, históricamente, se han basado en la siembra de: caña de azúcar, arroz, algodón y maíz amarillo duro). En estos últimos años, se ha diversificado la producción de otros cultivos (orientados también para su exportación) como: páprika, pimiento morrón, uva, palta, ají jalapeño, menestras, etc.[23]

[22] 73% de ellas pertenecen a personas naturales y 23.5% a empresas. IV Censo Nacional Agropecuario, (2012).

[23] Caracterización del departamento de Lambayeque. Banco Central de Reserva del Perú. (2018).

Continuando con los datos recogidos por el Banco Central de Reserva del Perú (2017), durante el Fenómeno de El Niño costero, la situación agrícola de la región Lambayeque se contrajo un -48% interanual en marzo del presente año, explicado por la disminución de la producción de caña de azúcar (-93.6%)

Respecto al departamento de Piura, tiene una superficie de 35,892 km^2 (3.1% del territorio nacional). Tiene un clima tropical y seco, con temperatura promedio de 25°C durante el año, llegando a 40°C durante la presencia de un Fenómeno de El Niño de intensidad fuerte extraordinaria. Adicionalmente a esto, la temporada de lluvias comprende los meses de enero, marzo, siendo intensificadas por la presencia de este fenómeno climatológico que promueve vastamente la evaporación del agua[24]. Los sectores de producción más representativos son: telecomunicaciones, construcción y manufactura-comercio.

Según el Banco Central de Reserva del Perú (2018), el sector agropecuario de Piura experimentó un descenso de 20.4% de su productividad respecto al año 2016. Esto debido al impacto ocasionado por el Fenómeno de El Niño costero producido durante enero marzo de 2017, en el cual se perdió miles de hectáreas de cultivo, infraestructura productiva e interrupción temporal del comercio. Respecto a los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, Piura cuenta con 1,895.9 miles de hectáreas para la producción agropecuaria, de ellas 386.8 mil hectáreas representan superficie agrícola (20.4%). Al igual que en Lambayeque, aquí también predomina la actividad minifundista, aunque el 67.8% de esta superficie se encuentra bajo riego; no obstante, tiene las mismas dificultades productivas que la anterior región mencionada debido a la falta de inversión tecnológica en su producción, poca eficiencia en costos y tratos comerciales.

Desde el año 2007, la región de Piura ha experimentado un gran crecimiento en su productividad agrícola, especialmente, en cultivos de: arroz cáscara, maíz amarillo duro, maíz amiláceo, mango, plátano, limón sutil, trigo, frijol castilla y café. Estos cultivos representan el 83.7% del área cosechada total, pudiendo en esta última década hasta el 2017 cultivar 199.7 miles de hectáreas. Una de las variables independientes definidas para la investigación es la producción agrícola de arroz, la cual se ubica como el segundo cultivo más importante de la región, contando con el 23.2% de la productividad agrícola para el año 2017. La región también se caracteriza por ser el segundo productor nacional de arroz, entre el periodo 2007-2017, con un total de 16.6%. Debido a las consecuencias presentadas por el impacto del

[24] Caracterización del departamento de Piura. Banco Central de Reserva del Perú. (2018).

Fenómeno de El Niño entre enero y marzo de 2017, su producción fue impactada con -35.8% respecto al año 2016.

Por parte de la región de La Libertad, representa una importante contribución para el Valor Agregado Bruto del Perú en el año 2017 con un 4.5%, según cifras del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y se ubica entre los cuatro departamentos de mayor importancia detrás de Lima (48.1%), Arequipa (6.6%) y Cusco (4.6%). Esta situación para la región de La Libertad se debe gracias a tener una relevancia importante a nivel nacional en algunos sectores como el de agricultura, ganadería, caza y silvicultura representando una contribución regional de 11.1%, entre otros sectores importantes como pesca y acuicultura (8.9%), telecomunicaciones (4.9%), manufactura (4.9%), etc.

En La Libertad, la Población Económicamente Activa (PEA), según el INEI, asciende a un millón de personas, de los cuales el 97.1% está ocupada, el 2.9% restante se encuentra desocupada. Para el sector agropecuario y pesca, este es representado por el 23.1% de la PEA (225,525 personas). Este sector contribuye al Valor Agregado Bruto departamental (14.1%), constituyéndose como el tercer sector de mayor contribución. Según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), el sector agrario provee el 11.1% a nivel nacional, quedando en segundo lugar detrás de la región Lima (16.3%). Entre los años 2008-2017, el sector agropecuario ha tenido un crecimiento anual promedio de 3.1%.

Durante los últimos años, se ha diversificado la producción agroindustrial, favoreciendo el crecimiento del sector. Esta producción se sitúa en localidades de la costa y sierra de La Libertad. En la costa, destacan los cultivos de arroz cáscara, maíz amarillo duro y caña de azúcar, productos de agroindustria orientados para el mercado interno; de igual manera, los cultivos de arándano, palta, alcachofa, espárrago y pimiento, orientados para el mercado externo.

Para el año 2017, los cultivos que cuentan con mayor superficie cosechada, en hectáreas, son: arroz cáscara y caña de azúcar (34,1 mil, en igualdad de proporciones), trigo (29,7 mil), cebada (26,5 mil), papa (23,9 mil) y maíz amarillo duro (16,2 mil)[25] . Según los datos recogidos por INEI en el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el sector agropecuario ha crecido

[25] Banco Central de Reserva del Perú, (2017). Información estadística regional-La Libertad, caracterización de la región La Libertad.

significativamente al contar con 126,100 unidades agropecuarias, un 31.9% más respecto al último censo agropecuario en el año 1994[26].

Por parte de la región Tumbes, esta región cuenta con una superficie de 4,669 km^2 (representa el 0.36% del territorio nacional), un espacio muy inferior al de las otras regiones anteriormente mencionadas. Cuenta con un clima muy cálido, para ser más exactos, el más cálido de la costa peruana, que mantiene una temperatura promedio anual de 24ºC, debido a su cercanía de la línea ecuatorial. Cuenta con una temporada de precipitaciones pluviales estacionales (de noviembre a marzo)[27].

Según el Banco Central de Reserva del Perú, entre el periodo 2008-2017, el promedio anual de crecimiento económico de Tumbes fue de 4.6%, muy cerca del crecimiento promedio nacional de 4.8%; sin embargo, supera a regiones cercanas y explicadas en esta investigación como Piura (3.9%) y La Libertad (3.6%) en el mismo periodo mencionado. No obstante, a partir del año 2017, la región de Tumbes ha tenido una participación del 0.5% de la producción nacional, colocándose como la región con la menor participación de todas. Este escenario se ha mantenido constante debido a los efectos del Fenómeno de El Niño que afectó seriamente los sectores productivos y económicos de la región. El crecimiento de 4.6% de la región obtenido entre el periodo 2008-2017 se debió mayormente al crecimiento constante y alto dinamismo del sector de telecomunicaciones, administración pública y defensa, restaurante y alojamiento, construcción, manufactura y agropecuario (tuvo una producción muy baja entre 2013-2016) a lo largo de este periodo. Por otra parte, los servicios constituyeron la principal actividad para la generación de valor agregado al sumar 31.6% de la producción en la región entre los años 2008-2017 y el sector comercio, representando 17.1% de la estructura productiva de Tumbes, logrando altas expectativas de desarrollo en la región para el corto y mediano plazo.

En el caso específico del sector agropecuario, durante el periodo 2008-2017, este concentró un 7.2% de la economía en la región y hubo un crecimiento promedio anual de 4.0%[28]. La actividad agrícola significa un gran motor para la generación de empleabilidad de trabajadores en la región equivalentes al 10.4% de la PEA ocupada. Comparte comportamiento similar a

[26] Para el año 2012, las unidades agrícolas tienen, en promedio, 2.1 parcelas, mostrando una atomización persistente en el sector agropecuario (2.0 parcelas en promedio en 1994). INEI.

[27] Banco Central de Reserva del Perú, (2017). Información estadística regional-La Libertad, caracterización de la región La Libertad.

[28] Banco Central de Reserva del Perú, (2017). Información estadística regional-Tumbes, caracterización de la región Tumbes.

las otras regiones respecto a su vulnerabilidad y condicionado a factores climatológicos que se presentan periódicamente.

Durante la estación de verano del año 2017, específicamente entre los meses de enero-marzo, toda la costa norte experimentó las variaciones climatológicas extremas ocasionadas por la presencia del Fenómeno de El Niño, que ocasionó un retroceso de 1.1% en la producción agrícola de Tumbes. A lo largo de su duración, se perdieron miles de hectáreas productivas agrícolas, dañando la infraestructura productiva y hubo una interrupción del comercio producto del desabastecimiento. Para revertir la situación de destrucción y paralización comercial presentados, la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, en su Plan de Reconstrucción de setiembre de 2017 contempló una inversión de S/. 784 millones para la región Tumbes[29].

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el IV Censo Nacional Agropecuario de 2012, existen 21 mil hectáreas sembradas. Adicionalmente, el 98% del área sembrada pertenece a personas naturales, predominando la agricultura minifundista, con espacios reducidos que dificultan una mayor explotación de la extensión agrícola. Este efecto lleva al desaprovechamiento de ventajas de economías de escala que buscan minimizar costos de producción, mayor limitación para la inversión de tecnología y acumulación de capital, que dificulta tratos comerciales de gran beneficio. Con esto, se puede concluir que es una característica negativa que comparten las otras 3 regiones anteriormente mencionadas.

Grippa, F. (2015) advierte que, debido al clima más cálido y mayores lluvias, ocurrirá un efecto negativo en la producción de caña de azúcar, arroz, espárragos, limón, entre otros. Es por ello que, como el Fenómeno de El Niño afecta muchos sectores económicos del país –uno de los más afectados es el sector agrícola-, BBVA Research (2015) decidió disminuir el pronóstico de crecimiento del PBI del Perú a 2.8% para el año 2016 –se había pronosticado un crecimiento del PBI de 3.6% a julio del presente año para el siguiente período-, ya que se espera una intensidad fuerte de El Niño[28]. Los pronósticos siguieron cayendo para el año 2017, cuando se intensificó el ENSO en el primer trimestre del año, ya que las expectativas de crecimiento en el PBI, por parte de analistas económicos, se redujeron de 3.0% al 31 de marzo de 2017 llegando hasta 2.5% al 29 de setiembre de 2017, dando claras muestras de los efectos negativos del ENSO en varios sectores productivos de la economía nacional[30].

[29] Banco Central de Reserva del Perú, (2017). Información estadística regional Tumbes. Marzo, 2017.

[30] Banco Central de Reserva del Perú, (2017). Encuesta de Expectativas Macroeconómicas del PBI. Actualizado a octubre de 2017.

Análisis de escenarios similares relacionados al ENSO en impacto económico en sector agropecuario

Las precipitaciones y el cambio de temperatura son asociadas al ENSO y afecta a varios continentes; además, también se le asocian epidemias, plagas y gran variación en los rendimientos de cosechas, se rompe el equilibrio de los ecosistemas, se incrementan los incendios forestales, hay mayor hambruna debido a la escasez de algunos productos y fluctuaciones negativas en el mercado (Zebiak, S., 1999). Para evitar un impacto tan negativo en la economía, Barret, C., (1998) sugiere realizar una discusión respecto a la información disponible para poder pronosticar los cambios climáticos del ENSO y propone tres argumentos: el primero, los pronósticos realizados sólo tienen valor si pueden alterar la distribución de probabilidad de las variables estocásticas[31] que influencian la toma de decisiones de los agentes encargados; el segundo, el potencial valor de una mejor predicción climática afecta mucho más a las comunidades rurales pobres, ya que su fuente principal de ingresos es la agricultura y hay una mayor aversión al riesgo; tercero, se deben realizar estimaciones empíricas de beneficios hacia el bienestar social con una mejor predicción climatológica internacional.

Analizando casos empíricos relacionados a variaciones en la productividad económica con aparición del ENSO, Costello, J., Adams, R., & Polasky, S. (1998), resaltan una buena predicción en el pronóstico climático permitió mejorar la producción de salmón en la costa oeste de Estados Unidos. La investigación mostró que, efectuando una predicción perfecta del ENSO, generó mayores ganancias y un beneficio anual de 1 millón de dólares aproximadamente; no obstante, una predicción imperfecta ocasionó que las ganancias se redujeran de manera considerable. Costello, J., Adams, R., & Polasky, S. (1998) usaron un enfoque de programación dinámica[32] con el fin de obtener una solución óptima según la estructura misma de la información. Gracias a este modelo, se puede contar con mayor detalle del bienestar que tienen los agentes dentro de la economía, contando también con variaciones en el excedente de consumidor y en las rentas de productores.

[31] Variables aleatorias o estocásticas son un resumen numérico de resultados probabilísticos o aleatorios (Stock y Watson, 2012)

[32] El enfoque dinámico es una técnica matemática de gran utilidad para problemas de decisión, donde existen muchas situaciones donde se deben tomar una serie de decisiones consecutivas con el fin de llegar a una política óptima general donde se considera los efectos de cada decisión por separado. (Soliz, 1986). Para mayor información, ver: http://eprints.uanl.mx/88/1/1020070586.PDF

En Solow et al. (1998) se midió a largo plazo el valor económico del ENSO para el incremento del bienestar social en base al uso de pronósticos de decisiones económicas en la agricultura de Estados Unidos. Con una perfecta predicción de factores climatológicos ligados al ENSO permite un beneficio de 323 millones de dólares de valor anual. Con el análisis de la data meteorológica que incluye ciencia vegetal y economía, usando el modelo de Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC), permite a los investigadores poder simular los efectos de los rendimientos por cultivo según las variaciones en el estado del tiempo y características del suelo.

Adams et al. (1999) desarrollan estimaciones sobre las consecuencias económicas que ocasionó el evento del ENSO de 1997-1998 en la agricultura de los Estados Unidos, cuyos daños fueron cuantificados entre 1,5 – 1,7 billones de dólares. La investigación usó un modelo de modelo de programación estocástica (variabilidad de posibilidades) llamado Agricultural Sector Model (ASM). Gracias al uso del modelo, se pudo desarrollar un análisis del bienestar de los productores y consumidores cuando se verifican los rendimientos agrícolas basados en data meteorológica histórica.

Por otra parte, la investigación desarrollada por McCarl et al. (1999), verifica estimaciones anuales de daños que fueron producidos por variaciones en la frecuencia de eventos de ENSO entre 300 – 400 millones de dólares en el sistema agrícola de Estados Unidos. Sin embargo, cuando estas variaciones en la intensidad del ENSO aumenta, los daños pueden ascender a 1 billón de dólares. Los autores de la investigación analizan los cambios de los rendimientos agrícolas con distribuciones de probabilidad y añaden sus efectos en el comercio exterior afectados por el impacto del ENSO en la agricultura estadounidense.

Por último, Adams et al. (2001) realizan una investigación de este campo y relacionada con Latinoamérica. Se obtienen estimaciones de beneficios económicos por pronósticos más perfeccionados de eventos del ENSO en la agricultura mexicana. Al igual que en su trabajo de 1999, usan un modelo ASM para este sector agrícola en las regiones con mayor vulnerabilidad al ENSO. Se desarrolla un mapa para la toma de decisiones estocásticas según diferentes niveles de exactitud de predicción para eventos de este fenómeno natural. El beneficio obtenido al usar el presente modelo está comprendido entre 19 – 52 millones de dólares, según la probabilidad de exactitud por niveles. Los valores obtenidos fueron observados como la frontera mínima de beneficios del sistema de pronta alerta para el sector agrícola mexicano.

Gracias a estas investigaciones, usando distintos modelos para la representación de data agrícola y meteorológica histórica y toma de decisiones según sus mejores probabilidades de exactitud, brinda una estrategia a implementar para la pronta detección y acciones de minimización de riesgos frente al impacto del ENSO en el sector agrícola. Se puede obtener una mejor visión en el comportamiento del productor frente al riesgo del ENSO y cómo poder prevenir futuras y cuantiosas pérdidas, así también como infraestructura agrícola y de comunicación del Estado. Es importante entonces la activa búsqueda de datos que permitan predecir futuros escenarios catastróficos con el fin de poder seguir obteniendo beneficio económico, tanto para el productor como para el consumidor final sin que se vea afectada su búsqueda por satisfacer sus necesidades básicas y biológicas como es la alimentación.

Uno de los modelos empleados en este tipo de investigación aplicada fue desarrollado en Bonilla, A., Rosales, R., & Maldonado, J. (2003), donde se planteó un modelo de medición usando *Mínimos Cuadrados Ordinarios* (MCO)*,* para medir su modelo y obtener un mejor valor económico en la predicción de los efectos del Fenómeno de El Niño. Ya que su modelo se supone tiene relación lineal, la estimación de la misma se llevó a cabo usando el presente método de MCO[33]. Para lograr el modelamiento del rendimiento agrícola nacional de la caña de azúcar, se necesita una función de rendimientos de la misma, logrando medir la reacción y variación de los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar frente a la ocurrencia de un Fenómeno de El Niño, La Niña y variaciones naturales relacionadas a estos.

La presente investigación busca llevar a cabo un modelo que logre determinar y describir el efecto del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola en el norte del país. Como ya se ha explicado anteriormente, el Estado debe ser el principal interesado en disminuir el riesgo ocasionado por el ENSO, ya que el Perú es el país más afectado por este acontecimiento natural. Es por ello que, la presente investigación detalla un enfoque de fronteras estocásticas que estudia los determinantes en la variación de la productividad agrícola en las regiones estudiadas, tales como: cantidad de campos cultivados por hectáreas, PEA agrícola y productos agrícolas, que pueden variar la productividad y lograr determinar si existe o no un impacto económico real en la productividad agrícola producto de un escenario de ENSO.

Las regiones estudiadas son: Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, las 4 regiones que conforman la costa norte del Perú. Además, se estudian los siguientes productos agrícolas: arroz, papa, caña de azúcar, café y espárragos. Estos indicadores, agregados con la PEA agrícola y hectáreas cultivadas, se explican según los resultados evaluados y se brinda

[33] Greene. (1998).

conclusiones con el fin de prever un mejor escenario frente a un ENSO, brindando recomendaciones e información precisa que permita realizar decisiones acertadas e informar a la población para disminuir los riesgos socioeconómicos posibles.

Análisis econométrico de impacto de fronteras estocásticas y eficiencia técnica

En revisión de Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), quienes realizaron una investigación sobre funciones de producción y eficiencia técnica, usando un modelo de fronteras estocásticas. En el presente trabajo, analizaron los insumos utilizados para la producción cafetalera (hectáreas cultivadas, mano de obra empleada, maquinada utilizada y la cantidad de fertilizantes usados), que tienen significancia en la producción de café. Para llegar a los resultados de su investigación, la función de producción cafetalera tiene una forma funcional translogarítmica minflex Laurent para los pequeños, medianos y grandes productores y el sector general del eje cafetalero colombiano. Dado esto, los caficultores pequeños, medianos y sector general tienen ineficiencia técnica y valor estocástico[34] en su actividad agrícola; sin embargo, los grandes caficultores si tienen eficiencia técnica pero no tienen valor estocástico.

En Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), para desarrollar su función de producción, buscaron referencias en: García, H. & Ramírez, M. (2002); Duque, H. & Bustamante, F. (2002); Perdomo, J. (2006); Perdomo, J. & Mendieta, J. (2007); Leibovich, J., Estrada, L. & Vásquez, O. (2009); entre otros. Los autores mencionados utilizan varias técnicas para hallar los determinantes de la función de producción del café. En los trabajos de investigación realizados en Perú, que tratan sobre el impacto del ENSO en la economía peruana, no detallan específicamente las variables tratadas en la presente investigación, menos aún, usan un modelo de fronteras estocásticas y usan funciones de producción teóricas.

En adición, la información disponible para el análisis de las variables presentadas en esta investigación es de carácter longitudinal y puede conducir a resultados espurios en modelos y contexto político por no haber realizado los análisis de series de tiempo correspondientes, como: test de raíz unitaria, cointegración de variables, test de causalidad de Granger, test de estimación de vectores autorregresivos, test de Dickey-Fuller, entre otros.

Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) realizan el uso ecuaciones productivas para el análisis del sector cafetalero, que se enfoca en una economía de producción. La relación existente entre

[34] Sistema no determinista que tiene un comportamiento intrínseco. Sus demás procesos están determinados por acciones predecibles y/o elementos aleatorios. (Diccionario de la Real Academia Española, DRAE).

factores productivos y cantidades producidas son descritas por medio de una función de producción[35]. Se presenta el máximo nivel de producción (q) que obtiene una empresa o entidad (para el caso empleado son las cantidades producidas de fincas de café en Colombia en 2003), se combinan con factores específicos (x_i y x_j). Con este modelo planteado, se busca hallar el modelo cafetalero analizado por los autores citados, que describe una relación causa-efecto entre sus principales insumos disponibles: cantidad de hectáreas cultivadas, maquinaria utilizada, mano de obra empleada y cantidad de fertilizantes utilizados) para el cultivo y producción de café (cantidad de café en arroba en 2003) y β como parámetro respectivo del modelo. Se detallan funciones convencionales como: Cobb-Douglas y cuadrática; por otro lado, también se plantean funciones de producción flexibles como la translogarítmica y cuadrática generalizada empleada en Perdomo, J. & Mendieta, J. (2008), las cuales son las siguientes:

Tabla 8

Funciones de producción funcionales.

Función de producción	***Ecuación forma convencional***
Cobb – Douglas	$(\sigma = 1, \rho = 0): q = f\left(x_i, x_j\right) = \beta_0 x_i^{\beta_1} x_j^{\beta_1^2} \Rightarrow \beta_0, \beta_1, \beta_2 > 0$
Cuadrática	$q = f\left(x_i, x_j\right) = \beta_1 x_i x_j + \beta_2 x_i^2 + \beta_3 x_j^2$
	Flexible
Translogarítmica	$lnq = \beta_0 + \sum_{i=l}^{n} \beta_0 lnx_i + \frac{1}{2}\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{n} lnx_i\, lnx_j \Rightarrow \beta_{ij} = \beta_{ji}$
Cuadrática generalizada	$q = (\alpha_0 + 1) + \sum_{j=1}^{J} (\sum_{k=1}^{J} \frac{\alpha_{jk}}{2} - \alpha_j) + \sum_{j=1}^{J} (\alpha_j - \sum_{k=1}^{J} \alpha_{jk}) X_{ji} + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k+1}^{J} X_{ji} X_{ki}$

Nota: los autores de la investigación orientada a la producción de café en Colombia basaron su modelo en una ecuación cuadrática. La presente tesis evalúa la utilidad de este modelo y la plantea más adelante.

Fuente: Perdomo, J. & Hueth, D. (2010).

En el cuadro anterior, x_i explica la cantidad de capital que se emplea para la producción de café que está determinada por la cantidad de maquinaria que se requiere y x_j representa a la mano de obra utilizada para la actividad productiva. Se presentan también otros factores de producción, que intervienen en la variación de elasticidades entre ellas (x_j, x_i...,x_k, $x_i x_k$),

[35] Pindyck R., Rubinfeld D. (2001)

permitiendo un análisis de efectos de segundo orden[36], que describen en una perspectiva más real la conducta de la producción dados los factores mencionados.

Es por ello que, con esta información disponible respecto a los insumos utilizados para la producción de café y cantidad de su grano que obtienen los pequeños, medianos, grandes productores y sector en general de cultivadores de café colombiano se obtiene una estimación de función de producción acertada para ellos y sector general de Colombia, desarrollando un modelo de Frontera Estocástica de Producción (FEP), en la cual se ha establecido, previamente, una función de productividad convencional o flexible como las detalladas anteriormente.

Gracias a ello, se puede establecer una eficiencia técnica en cada grupo (grandes, medianos y pequeños productores) y el sector cafetalero general (donde se agrupan los grandes, medianos y pequeños productores). El fin de esta medida es buscar políticas y consensos que permitan mejorar las visibles deficiencias del manejo productivo en el sector general y cada grupo de productor cafetero.

Dado que la presente investigación de impacto de ENSO en la productividad agrícola utiliza data de variables en la misma medida y en serie de tiempo, se puede realizar la explicación de los rendimientos de las variables independientes durante el periodo 2015-2018 con data de panel. Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) utilizan una función logarítmica para explicar variables independientes de distinta medición; sin embargo, los datos que se emplean en la investigación de estos autores no está disponible de manera actualizada para el caso peruano ni para esta investigación de impacto económico del ENSO en la productividad agrícola del Perú, debido a que la data está desfasada en el tiempo y presentada por última vez en el IV Censo Nacional Agropecuario en el año 2012 realizado por el INEI.

Explicando mejor la FEP, este modelo fue planteado por Aigner, Lovell y Schmidt (1977), indicando que es una aproximación paramétrica; por otro lado, Meesen y Van den Broeck (1977), plantea que equivale al ajuste de las formas funcionales de producción (como se describieron anteriormente) mediante técnicas de econometría utilizando un modelo de máxima verosimilitud. En el modelo, la eficiencia es medida como la distancia que hay entre una observación y el valor óptimo que vaticina un modelo teórico (*ver* gráfico N° 1).

[36] Efectos que no estaban considerados en el análisis estructural de la función primaria. (Ramírez, 2015)

Expresando de mejor manera al modelo FEP, los autores anteriormente mencionados, lo describen como el más utilizado para poder evaluar la eficiencia técnica con enfoque paramétrico. Este procedimiento trata de estimar una función de producción en la frontera, permitiendo el cálculo del máximo producto, q^*, (como se detalla en la figura de "insumo" en el gráfico N° 1) que se obtiene por pequeños, medianos y grandes productores y sector de café general, con una combinación de insumos (x_i y x_j) utilizados en Perdomo, J. & Hueth, D. (2010):

$$q = f(x_i, x_j, \beta)e^{n_i}\text{, donde } n_i = v_i - u_i \qquad \textbf{(1)}$$

Es así que, con el término aleatorio en el modelo (términos residuales, n_i) en la ecuación (1) cuenta con dos determinantes que tienen una diferencia que hace al término asimétrico. Por otro lado, se explica que v_i como idéntica e independientemente distribuida (iid) $[v_i \sim N(0, \sigma_v^2]$, esta misma se distribuye normalmente con media cero y con una varianza constante, $-\infty < v_i < \infty$, guardando las variables aleatorias[37] de producción. En tanto, u_i se presenta como término asimétrico iid $[u_i \geq 0 \sim N(0, \sigma_u^2)]$ que es independiente de v_i, cortando en cero (es estrictamente ≥ a 0[38]) y donde se acumula la ineficiencia técnica[39] que provienen de las observaciones de producción.

$$Lnf\ (\pi, \sigma_s^2, \beta) = -\frac{T}{2}\ Ln\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{T}{2}\ Ln(\sigma_s^2) + \sum_{i=1}^{T} \quad Ln[1 - \varphi(Z_i)] - \frac{T}{2\sigma_s^2}\sum_{i=1}^{T} \quad (q^* - f(x_i, x_j, \beta))^2 \qquad \textbf{(2)}$$

Con las características anteriores de n_i, la FEP se estima con máxima verosimilitud; es así que, la ecuación (2) está presentando el logaritmo en la función de verosimilitud (Lnf). *T* representa el número de observaciones en la ecuación, σ_s^2 representa la varianza del modelo y $\varphi(Z_i)$ a la distribución normal estándar, en consecuencia, es igual que $z_i = \frac{(q^* - f(x_i, x_j, \beta))}{\sigma_s^2}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$. El término γ está representando al parámetro de variabilidad o eficiencia; proveniente de cada fuente del error compuesto (n_i) en la ecuación (1).

[37] Se explica cómo los factores independientes de producción, que no pueden ser controlados de manera directa por los productores. Estas variables pueden ser, por ejemplo, el cambio político institucional en los mercados, volatilidad de precios de un producto, incertidumbre generada, el riesgo, etc.

[38] Observar el análisis econométrico de Greene, tercera edición, p. 268.

[39] Se da por las variables o insumos de producción que se controlan directamente por los productores, por ejemplo, la cantidad de insumos que utilizan en el ejercicio de la producción.

Es entonces que, desde la definición para u_i y v_i, los siguientes valores serían: $\sigma_s^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ y $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_s^2} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2 + \sigma_v^2}$; ubicándose entre cero y uno, es decir, $0 \leq \gamma \leq 1$. Motivo por el cual, los parámetros ubicados en la ecuación (1) deberán obtenerse mediante máxima verosimilitud, con el objetivo de tener una eficiencia consistente y asintomática[40]. Si estos parámetros se estiman mediante el método de *Mínimos Cuadrados Ordinarios* (MCO), serán consistentes, mas no, eficientes.

En adición, una de las grandes ventajas en emplear el modelo de FEP para poder analizar la eficiencia técnica es hallando el resultado del coeficiente de eficiencia, γ , en la distribución normal estándar desprendida de la ecuación (2). Es así que, si γ tiene al valor cero es debido a que $\sigma_u^2 \to 0$, situando al efecto aleatorio como el predominante; es decir, no hay presencia de ineficiencia técnica y n_i está tendiendo a distribuirse de manera normal. Por otro lado, cuando γ está cerca o es mayor a uno, es debido a que $\sigma_u^2 \to \infty$, la ineficiencia técnica será la protagonista en la variabilidad del modelo.

De igual manera, con el uso del enfoque paramétrico se puede obtener la eficiencia técnica, ET, que se representa en la ecuación (3), que es resultante de la relación entre el producto que se obtiene y la máxima posibilidad de obtención. Planteándolo de otra manera, está representando la proporción de la producción actual, respecto a la que se puede obtener si lo productores pudieran utilizar sus recursos con efectividad técnica ($ET = \frac{q}{q^*}$). *ET* puede tomar valores mayores a 0 y menos a 1 $(0 < ET < 1)$, para poder obtener la ET_i del productor cafetalero, será necesario saber su función de FEP.

$$ET = \frac{q}{q^*} = \frac{f(x_i, x_j, \beta)e^{v_i - u_i}}{f(x_i, x_j, \beta)e^{v_i}} = e^{-u_i} \qquad \textbf{(3)}$$

De igual manera, si se diera el caso para la medición de la efectividad técnica[41] en la ecuación (3) es cercano a uno para cualquier productor de café, cuenta con eficiencia técnica; de lo contrario, si fuera cercano a cero, entonces no tiene eficiencia técnica. En consecuencia, se logra indicar al productor cafetero con mayor eficiencia, tanto por unidad de producción y hacia el sector cafetero general colombiano.

[40] Aigner, Lovell y Schmidt (1977).
[41] Escenario donde ninguna empresa podrá producir más, dado su cantidad de insumos.

Respecto a la aplicación del análisis de producción mediante FEP, en la actualidad, se aplica en economías de escala para medir su eficiencia técnica, en este caso, en el sector agrícola; no obstante, es muy visto su hizo en sectores de finanzas, comercio, manufactura, administración de empresas, entre otros. Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) indican que no se había usado antes este método para la medición productiva del café en Colombia, añadiendo también que si había un estudio de un bien agrícola como el arroz mediante el uso de FEP (Morales, 2005); no obstante, existen pocos estudios relacionados al sector agrícola bajo el análisis de FEP. Para entender mejor su aplicación, sobre todo en el sector agrícola, se pone énfasis en investigaciones nacionales e internacionales usando esta metodología.

Kumbhakar (1993), investigó los efectos de la rentabilidad proveniente de las fincas lecheras de Utah, estado federal de Estados Unidos, cuando se disminuía o aumentaba el precio de insumos usados según su usuario (pequeño, mediano y grande), donde se analiza también el insumo de mano de obra, capital usado y tierra de cada productor. Este estudio resalta la importancia del análisis de economías de escala según tamaño de productor; también, estimar la efectividad técnica proveniente de funciones de producción y costos en el sector productivo de leche, que se deriva de la aplicación de técnicas paramétricas según tipo de productor. El resultado fue el hallazgo de ineficiencia técnica en los tres grupos productores (pequeño, mediano y grande), así también que las fincas de tamaño grande y mediano contaban con la capacidad de resistir las fluctuaciones en los precios de insumos, caso contrario sucede con las fincas pequeñas y sus beneficios son inferiores en comparación a las fincas grandes y medianas. No obstante, los rendimientos a escala hallados son mayores en pequeños en comparación de medianos y grandes, distribuyéndose de esta manera: para los pequeños se hallaron rangos que fluctúan entre 0.7 y 0.85, en los medianos entre 0.63 y 0.74; finalmente, en los grandes entre 0.37 y 0.55.

Por otro lado, Battese y Broca (1997) llevaron a cabo una investigación sobre la eficiencia técnica y aplicación de FEP en los cultivos de trigo en Pakistán. En este trabajo, se empleó una función productiva translogarítmica y Cobb-Douglas usando métodos paramétricos (FEP), también utilizaron datos con series de tiempo para el análisis de cuatro ciudades pakistaníes, con lo que se estimó la eficiencia técnica mediante datos de panel. Los autores analizaron la elasticidad de los insumos utilizados en la producción de trigo y demás determinantes de eficiencia e ineficiencia técnica como: edad, grado de instrucción del productor, si es dueño o no del terreno y si cuenta o no con crédito. Se logró encontrar eficiencia técnica en las fincas de trigo pakistaníes, con un promedio de 0.9 con la función translogarítmica (se descartó Cobb-Douglas debido a la información con la que se contaba). En consecuencia, no se encontró ineficiencia técnica en la producción de las fincas de trigo; por otro lado, las

elasticidades se distribuyeron de la siguiente manera: 0.128 en fertilizantes y semillas (el mismo monto), 0.85 en tierra y -0-026 en mano de obra, en economías de escala se encontró rendimientos constantes (0.9-0.99).

En Reinhard, Lovell y Thijssen (1999), se estimó la eficiencia técnica y ambiental mediante el modelo de datos de panel para las fincas lecheras de Dutch. El creciente uso en el volumen de abonos aplicados genera un excedente de nitrógeno, así como los fertilizantes químicos que son dañinos para el insumo ambiental. En la investigación se usó un modelo FEP con función translogarítmica para poder estimar la eficiencia productiva y ambiental, esta última calculada por el uso de excedentes de nitrógeno generado en fertilizantes y eficiencia técnica para cada finca. En conclusión, se logró hallar una eficiencia técnica alta en promedio de 0.894; no obstante, los insumos para la eficiencia ambiental fueron solo de 0.441. Se mostró que las fincas de leche grandes son más eficientes y ambientalmente técnicas en comparación a las pequeñas.

La investigación desarrollada por Thanda, K. & Matthias, O. (1999), fue relevante para el estudio de la productividad cafetera en Colombia llevada por Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), según el tratamiento llevado a cabo por el tamaño del productor (pequeño, mediano y grande) de arroz y políticas que se toman a partir de los resultados mostrados. Los autores buscan una distribución más eficiente y productiva para la irrigación de cultivos arroceros en Myanmar. En el análisis, se realizan aproximaciones con el uso de FEP, para poder estimar funciones productivas translogarítimicas y Cobb-Douglas con datos que fueron agrupados de la cosecha de arroz producida en 1997. Concluyen que, con la razón de verosimilitud, la función de producción Cobb-Douglas está asociada a pequeños productores y translogarítmica para medianos y grandes productores. Los resultados de la investigación muestran un incremento en la producción de las tierras irrigadas, se encontró ineficiencia técnica representativa (0.36) en pequeños productores que no aplican fertilizantes y no significativa (0.99) en grandes productores sin la misma aplicación.

La eficiencia técnica sin uso de fertilizantes en pequeños productores es menor de 0.85, que equivalen al 45% de la muestra total de agricultores usada. Los productores pequeños y medianos pueden incrementar su productividad y eficiencia del cultivo de arroz ya que se cuenta en el estudio con un coeficiente positivo de las semillas, que explica cómo se ha incrementado el rendimiento y la cantidad de semillas sembradas. Con estos resultados, las políticas recomendadas para la mejora de la eficiencia en el sembrío de arroz en las fincas son mejorar la capacidad del capital humano y mayor conocimiento en la técnica del cultivo para incrementar su productividad, así también como las mejoras tecnológicas que se puedan

aplicar para incrementar aún más la eficiencia productiva del cultivo de arroz en el futuro. Las autoridades locales deben fomentar una mayor inversión pública en infraestructura como el riego y carreteras para el transporte del producto, proveer mayor extensión de terrenos e investigación de tierras, todo esto como parte de la ayuda técnica que pueda proporcionar el Estado para impulsar su economía.

Otra investigación para el sector agrícola fue desarrollada por Konstantinos, Kien & Vangelis (2003), en la cual se examinó los efectos de especificaciones que provenían de las formas funcionales para estimar la efectividad técnica. Para esto, se usó data panel para el estudio de fincas de olivo en Grecia entre los años 1987 y 1993. Los autores determinaron la sensibilidad de los parámetros de efectividad para la función de producción que se estableció bajo el modelo FEP. En los resultados que se obtuvieron, se indica que las medidas y decisiones de eficiencia técnica fueron sensibles en la especificación y elección en la forma funcional, siendo lo más relevante de esto, poder identificar los efectos en el comportamiento de los factores en un nivel individual; lo cual permite identificar las fuentes de ineficiencia técnica. El análisis permitió también mostrar que la identificación de la identificación funcional más acertada no será necesariamente factible estadísticamente. No obstante, el resultado de la mejor forma funcional y el uso del método de máxima verosimilitud no descarta otros problemas internos (multicolinealidad, heterocedasticidad, sesgo en la especificación o autocorrelación espacial) que puedan incluir los modelos estudiados por los autores. Los estudios realizados a partir de métodos paramétricos pueden generar crítica en su planteamiento al no tomar en cuenta una transformación Box-Cox para poder establecer una forma funcional. Es por ello que, los resultados obtenidos pueden ser sesgados dentro de los parámetros de eficiencia que se obtuvieron en cada análisis.

Otro estudio relacionado a la producción café, empleando la metodología FEP, fue desarrollado por Cárdenas, G., Vedenov, D. & Houston, J. (2005), donde se usó información de cantidad producida de café e insumos utilizados de 24 distritos del estado de Veracruz, México, entre los años 1997 y 2002. Estimando una función translogarítmica, con modelo de data panel, se hallaron valores entre 0.0004 y 0.1831 de eficiencia técnica (ET), logrando determinar la ineficiencia productiva del café en los distritos estudiados del estado. A diferencia del estudio de Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), los autores desarrollan un análisis del sector cafetero a nivel general sin dejar de lado el tipo de productor, no se analizan las economías de escala ni tampoco la sensibilidad del parámetro de efectividad productiva con la forma funcional especificada.

Siguiendo la metodología FEP, Coelli, T. & Fleming, E. (2003), analizan la eficiencia técnica en pequeños productores de café en Papúa Nueva Guinea. Usan data panel entre los años 2001 y 2002 para 18 hogares, realizando un estudio multiproducto y multinsumos en producciones de pan y café. En la ecuación funcional, escogen como variable dependiente la distancia entre errores obtenidos en la FEP y entre las variables independientes el terreno cultivado para el café y otros productos, mano de obra utilizada, producción de café y el valor comercial de otros cultivos. En los resultados, se encuentra un rendimiento creciente a escala, con una ET promedio de 0.78, y caso contrario, ineficiencia en la producción para pequeños agricultores.

Las investigaciones citadas anteriormente, relacionadas con estudios en el sector agrícola, analizan las eficiencias, ineficiencias, producción en economías de escala y la estimación de elasticidad de los productos e insumos; planteando diversas formas funcionales flexibles de costos y producción (las más utilizadas son las funciones translogarítmicas y Cobb-Douglas) mediante el modelo de FEP. Los resultados de las investigaciones demuestran el actual estado de la situación agrícola de cada producto estudiado, con el fin de plantear soluciones a los problemas económicos presentados. Estos estudios contribuyen a mejorar la relevancia de investigaciones de funciones de producción y efectividad técnica con modelos FEP.

Modelo de producción planteado

Partiendo de funciones de producción convencional o flexible, como se detalló por los autores anteriormente, Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) quieren explicar el comportamiento de la producción de café para los indicadores propuestos en Colombia. Se busca construir un modelo que ayude a explicar mejor la relación entre los insumos para la producción del café y hallar una ET según el tipo de productor. Los datos utilizados para el estudio se encontraron a partir de información primaria, proveniente de la aplicación de una encuesta cafetera para 999[42] fincas distribuidas en las regiones de Caldas, Risaralda y Quindío, por la Facultad de Economía del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Económico (CEDE), de la Universidad de los Andes en el año 2004[43].

[42] Perdomo, J. & Hueth, D. (2010) usaron información de corte transversal. Al final, solo se trabajó con 990 observaciones y se dejaron de lado 9 inconsistencias.
[43] La encuesta de uso en el 2004, después de la recolección de datos de cafeteros en el año 2003.

En la investigación, se describen principales características[44] de diferentes tipos[45] de caficultores. Volviendo a la ecuación (1) de FEP y reemplazando las variables selectas, se logra obtener la relación productiva de café para el eje colombiano y por tipo de productor.

$$P5_i = f(P1_i, L_i, CA_i, MA_i, P1_i^2, L_i^2, CA_i^2, MA_i^2, P1L_i, P1CA_i, P1MA_i, LCA_i, LMA_i, CAMA_i, \beta)e^{n_i} \quad \textbf{(4)}$$

Donde:

- **P5**: producción total de café en el año 2003.
- **P1**: área de producción de café en hectáreas en el año 2003.
- **L**: mano de obra utilizada en el año 2003.
- **CA**: agregación de cantidad de fertilizantes empleados para la producción, esta variable también es la agregación de químicos usados.
- **MA**: maquinaria usada para la producción de café, la mejor Proxy para el componente tecnológico usado para los productores.
- **$P1^2$, L^2, CA^2, y MA^2**: expresiones cuadráticas de los principales insumos que se requieren para la producción de café.
- **P1CA, P1L, P1MA, LCA, LMA y CAMA**: las interacciones entre los insumos y están tomando valores logarítmicos, raíz cuadrada o demás funciones matemáticas según las funciones de producción.

En los resultados encontrados, el promedio de eficiencia técnica mediante el modelo FEP para los pequeños productores fue de 0.70 (70% de ET). Por otro lado, las variables de cantidad de químicos empleados, maquinaria, mano de obra y el cuadrado del área de producción del café no fueron significativos para la función. El incremento de 1% en el área productiva significa el incremento de 0.8% para la producción de café (ceteris paribus los demás factores involucrados en la producción). Sin embargo, una disminución de 0.3% en la mano de obra hace decrecer en 1% la producción de café.

Para el caso de medianos productores, el promedio de eficiencia técnica es de 0.66 (66% de ET). Se halló que las variables referentes a maquinaria, cantidad de insumos químicos utilizados y la relación de productos químicos usados no son significantes en la función de producción. El factor más relevante para los medianos productores es el área productiva de café, ya que un aumento de 1% incrementa un 0.7% la producción (ceteris paribus para los

[44] Producción de grano, características socioeconómicas, financieras, geográficas, ambientales y entorno de viviendas y fincas.

[45] Grandes (mayor a 6.9 hectáreas cultivadas de café, 78 observaciones que equivalen al 7.88% de la muestra total), medianos (de 2.1 a 6.9 hectáreas cultivadas, 250 observaciones equivalentes al 25.25% de la muestra total) y pequeños (entre 0 y 2.1 hectáreas cultivadas, 662 observaciones equivalentes al 66.87% de la muestra total).

demás factores involucrados en la producción). Cuando la maquinaria aumenta en 1%, se incrementa la actividad productiva en 0.11%.

Para el caso de grandes productores, el promedio de eficiencia técnica es de 0.99 (99% de ET). Las variables para la producción como los insumos químicos utilizados, mano de obra utilizada, maquinaria y las interacciones cruzadas de área productiva-insumos químicos (LCA), maquinaria-insumos químicos (CAMA) y área productiva-insumos químicos (P1CA) no son significantes en la función de producción. La variable más importante para la actividad productiva de café es la mano de obra, dado que su aumento en 1% incrementa la producción de café en 0.77% (ceteris paribus para los demás factores involucrados en la producción). Por último, una disminución en la mano de obra utilizada en 1% hace decrecer la producción cafetera en 0.77%.

Para el sector general de producción cafetera, el promedio de eficiencia técnica es de 0.719% (71.9% de ET). Como la mayoría de productores tiene una ET inferior a 80%, la ineficiencia técnica, basándose en términos generales y en el sector cafetero para la zona de estudio, solo entre 50 y 80 productores tienen ET.

Partiendo de la ecuación de producción del café (4) propuesta por Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), se plantea la siguiente ecuación para explicar la producción agrícola de la costa norte del país junto a las variables destacadas:

$$PA_i = f(RA_i, AP_i, PAC_i, PBICANOR_i, RA_i^2, AP_i^2, PAC_i^2, PBICANOR_i^2, APPAC, RAPBICANOR, \beta)e^{n_i} \qquad \textbf{(5)}$$

Donde:

- **PA**: producción agrícola en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad desde enero/2017 a diciembre/2019.
- **RA**: rendimiento de productividad agrícola desde enero/2017 a diciembre/2019.
- **AP:** área productiva agrícola de las regiones Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad en hectáreas desde enero/2017 a diciembre/2019.
- **PAC**: precipitaciones acumuladas en las regiones Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad en milímetros desde enero/2017 a diciembre/2019.
- **PBICANOR**: Producto Bruto Interno per cápita en soles desde enero/2017 a diciembre/2019.
- **RA^2, AP^2, PAC^2, $PBICANOR^2$**: expresiones cuadráticas de las variables independientes presentadas y explicativas para la producción agrícola. Estas pueden tomar valor de raíz

cuadrática, logaritmos, entre otros más según funciones de producción y transformaciones detalladas en este capítulo.

- **APPAC, RAPBICANOR**: interacción entre las variables de producción en funciones logarítmicas, cuadráticas y demás funciones de carácter matemático según las funciones de producción.

Este modelo lineal sirve para estimar el efecto que producen las variables independientes sobre la variable dependiente. Para ello, se utilizó el programa E-Views 8 para las corridas econométricas de nuestro modelo y el programa estadístico STATA 16 para el análisis de data panel y rendimientos de las variables mencionadas, usando datos recogidos del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI). Por último, se realiza posteriormente un análisis de data panel para saber qué modelo (efectos fijos o aleatorios) es el más determinante para conocer la significancia de las variables de estudio en la presente investigación, utilizando los test de Fisher y Hausmann para dicho propósito, así como demás test relevantes para conocer la relevancia de las variables independientes y sus procesos estacionarios.

Marco conceptual

Productividad: Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial. (Real Academia Española, 2001).

Precipitación acumulada: Es toda forma de humedad que se origina en las nubes y llega hasta la superficie terrestre. Según la definición, las garúas, granizadas, lluvias y nevadas son distintas formas del mismo fenómeno de precipitación. (Chereque, 1989).

Superficie agrícola: conjunto de superficie de tierras labradas y para uso de pastos permanentes. Estas tierras labradas están compuestas por barbechos, herbáceos, huertos familiares y tierras destinadas para cultivos leñosos. (Instituto Vasco de Estadística, 2020).

Fenómeno del Niño: conocido por sus siglas “FEN”, es un cambio en el sistema océano - atmósfera que ocurre en el Océano Pacífico ecuatorial, que contribuye a cambios significativos del clima, y que concluye abarcando a la totalidad del planeta. Se conoce con el nombre de "El Niño", no solamente a la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costas de América, sino a la alteración del sistema global océano-atmósfera que se origina en el

Océano Pacífico Ecuatorial (es decir, en una franja oceánica cercana al Ecuador), generalmente durante un periodo comprendido entre diciembre y marzo. (SENAHMI, 1977).

Producto Bruto Interno: Es la magnitud macroeconómica fundamental que funciona como medidor para el valor total de la corriente de bienes y servicios finales en una economía por unidad de tiempo. (Bajo y Monés, 2000).

Producción agrícola: Su concepto se utiliza en el campo de la economía para hacer referencia al tipo de productos y beneficios que la actividad de agricultura puede generar. Se puede definir también como la cantidad total producida de los bienes destinados para el mercado nacional e internacional. (Monteros, Sumba, Salvador, 2015).

Gobiernos Regionales: Son en total 26 Gobiernos Regionales, bajo el marco de La Ley Orgánica de Gobierno Regionales, cuentan con autonomía económica y administrativa, competencias exclusivas, compartidas, y delegadas para el cumplimiento de su misión, en el marco de las políticas nacionales y sectoriales, que permitan contribuir al desarrollo integral y sostenible de la región. (Ministerio de Economía y Finanzas de la República del Perú, 2008).

ENFEN: Son las siglas del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño". Dentro del ámbito de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) viene desarrollándose el Programa "Estudio Regional del Fenómeno del Niño". Forman parte de dicho esfuerzo a nivel de la Región del Pacífico Sudeste, los Comités Nacionales de los cuatro países miembros de la CPPS[46]. Que la recurrencia del Fenómeno "El Niño" en el Pacífico Sudeste, con marcados efectos socioeconómicos, llevó en 1974 a los países que conforman la CPPS a la constitución del Programa Estudio Regional del Fenómeno "El Niño" (ERFEN) que funciona con la participación de las instituciones de investigación de los países miembros, la coordinación de la CPPS y el apoyo de otras organizaciones internacionales. En el Perú, el Comité Nacional Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" forma parte de dicho esfuerzo regional pudiéndose establecer canales de coordinación e información especiales para optimizar sus funciones. (Instituto del Mar del Perú - IMARPE, 2013).

Corriente de Humboldt: También llamada La Corriente Peruana, es parte integrante del movimiento circulatorio de aguas del Océano Pacífico Sur; es de temperatura fría y viene del sur, de la costa central chilena, se desplaza paralela a nuestro litoral hasta la altura de la península de Illescas donde vira hacia el oeste para tomar el nombre de Corriente Ecuatorial

[46] CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur-CPPS (Colombia, Ecuador, Perú y Chile).

del Sur, que por efecto de la radiación de los trópicos se vuelve de temperatura cálida al alejarse de la costa. Con este nombre llega hasta las costas australianas, cambia su dirección hacia sur-oeste con el nombre Corriente Australiana. Más adelante, con el nombre con el nombre de Corriente Gran Austral, enrumba hacia el sur-este, se vuelve fría, por estar a una latitud de 40°S y por la acción de los vientos fríos que la impulsan y, así, llega a las costas chilenas donde toma la dirección al noroeste para continuar el circuito. (Instituto Geofísico del Perú, 2015).

El Ecuador: Es el círculo máximo que se encuentra a 0° de latitud y divide a la Tierra en dos hemisferios, hemisferio Norte y hemisferio Sur. Tiene una extensión geográfica de 40,076 km. (Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 2019).

Ondas Kelvin: Las ondas Kelvin son un tipo especial de ondas de gravedad que es afectada por la rotación de la Tierra y atrapada en el Pacífico ecuatorial. Estas ondas pueden ser generadas debido a pulsos de vientos del oeste y se propaga en dirección hacia las costas de Sudamérica. El paso de estas ondas en el Pacífico oriental profundiza la termoclina, teniendo como consecuencia calentamientos transitorios en el ecosistema marino del afloramiento peruano. (Instituto del Mar del Perú – IMARPE, 2013).

Objetivos e hipótesis de la investigación

Objetivos

El presente proyecto de investigación tiene los siguientes objetivos:

- Objetivo principal

Determinar el impacto que tiene el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola en el Perú entre los años 2017-2019.

- Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Determinar el impacto del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019.

Objetivo específico 2

Detallar las consecuencias ocasionadas por el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.

Objetivo específico 3

Precisar políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú para el caso determinado como el Fenómeno de El Niño en la costa norte del país son las adecuadas.

Hipótesis

El presente proyecto de investigación tiene las siguientes hipótesis:

- Hipótesis principal

H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola del Perú entre los años 2017-2019.

H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola del Perú entre los años 2017-2019.

- Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019.

H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019.

Hipótesis específica 2

H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.

H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.

Hipótesis específica 3

H_0: No existió una relación significativa entre la disminución del impacto del Fenómeno de El Niño y políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú.

H_1: Existió una relación significativa entre la disminución del impacto del Fenómeno de El Niño y políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú.

MÉTODO

Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a una investigación cuantitativa porque se basa en el uso de técnicas estadísticas, econométricas y económicas para conocer aspectos de interés sobre la población estimada y variables que se estudia (Hueso, A. & Cascant, M., 2012).

Adicionalmente, el tipo de data utilizada para la presente investigación es de carácter de data panel, que consiste en una muestra de individuos, hogares, empresas, ciudades, estados, países u otras unidades, tomada en algún punto dado en el tiempo. En un análisis de data panel, diferencias menores de tiempo en la recolección de los datos es ignorada. Aun cuando un conjunto de familias haya sido entrevistado en semanas distintas de un mismo año, se considerará como una base de datos de data panel (Wooldridge, J., 2008).

Diseño de Investigación

El diseño será de tipo no experimental, como lo definió Kerlinger, F. (2002), ya que no se manipularán las variables de estudio, solo se observarán, medirán y analizarán. Al mismo

tiempo será de data panel pues se recogerán los datos a lo largo de un período de años (Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P., 2010).

Se utilizará un diseño descriptivo correlacional. Según Hernández et al. (2003), en esta modalidad de investigación se tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más variables o conceptos. El diseño elegido es debido a la concepción misma de los objetivos e hipótesis específicas del proyecto, donde todos estos plantean establecer si las variables exógenas o independientes de cada modelo propuesto en nuestro modelo producen impactos o determinan a su respectiva variable endógena o dependiente. En el presente trabajo de investigación, el uso de este diseño permitirá establecer el impacto que tiene el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola en el Perú.

Variables

Las presentes variables utilizadas para el modelo econométrico de medición por Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) son presentadas según la unidad de medida utilizada para su representación en resultados, así como el periodo de ocurrencia e instrumento de estimación.

Variable dependiente: Producción agrícola **(pbi_agrícola)[47].**

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Millones de Soles	Mensual	Técnicas de contabilidad nacional

Variables independientes[48]:

- Rendimiento de productividad agrícola.

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Área productiva agrícola.

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Hectáreas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

[47] Ver definición conceptual en pág. 54.

[48] Ver definiciones conceptuales en pág. 54.

- Precipitaciones acumuladas.

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Milímetros	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producto Bruto Interno per cápita.

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Porcentual	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producción agrícola de caña de azúcar

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Miles de toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producción agrícola de café (café)

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Miles de toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producción agrícola de espárragos (espárrago)

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Miles de toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producción agrícola de papa (papa)

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Miles de toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

- Producción agrícola de arroz (arroz)

Unidad de medida	Período de ocurrencia	Instrumento con el que se estima
Miles de toneladas	Mensual	Técnicas de medición de productividad nacional

Muestra

Esta sección da detalle de la elaboración de la muestra. Para ello, primero se explica cómo se definió la población y sus características, así como la unidad de análisis. Luego, se da detalle de la definición y estructura de la muestra. Se utilizaron 360 observaciones en total.

Primero, es preciso indicar que los datos de la muestra fueron de variables macroeconómicas del Perú. En ese sentido, estos se obtuvieron de las bases de datos de instituciones gubernamentales y no refirieron a individuos (personas, empresas, etc.). Por lo tanto, la definición de la población y la unidad de análisis fue diferente al caso de investigaciones que sí consideraron datos de individuos.

Segundo, la población estuvo compuesta de las variables macroeconómicas del Perú que tenían datos disponibles durante el periodo de elaboración de la tesis. De esta población no fue necesario describir características demográficas, culturales y sociales ya que se consideró la información del país como un agregado, sin analizar factores particulares de ciudades o ciudadanos de ambos países.

Tercero, la unidad de análisis fue una variable macroeconómica del país (Perú) que tenía datos disponibles durante la elaboración de la tesis. Por ende, la muestra de investigación fue un grupo de variables macroeconómicas de este país, que consistió en cinco variables peruanas (producción de papas en toneladas, producción de arroz en toneladas, producción de caña de azúcar en toneladas, producción de café en toneladas y producción de espárragos en toneladas).

Por último, así como se definió el conjunto de variables que conformaron la muestra, también se verificó la disponibilidad de sus datos. En dicho proceso, se estableció que la frecuencia mensual era la más óptima para los datos. Por ello, se consideró un rango de años lo suficientemente extenso (de 2017 a 2019), de manera que la muestra pudo generar resultados estimables.

Definición de la muestra

Con todo el detalle anterior, la definición de la muestra fue la siguiente: “Conjunto de variables macroeconómicas presentes en la economía de Perú. Estas variables tuvieron una frecuencia mensual y fueron consideradas para el periodo: Primer mes de 2017 al último mes de 2019”.

Estructura de la muestra

La estructura de la muestra fue del tipo “Única” y estuvo compuesta por un total de 360 observaciones.

Instrumentos de investigación

Esta sección detalla los instrumentos que fueron utilizados en la tesis (cuestionarios, entrevistas, observación de fenómenos económicos, etc.), para recolectar los datos de las cuatro variables finales. Primero, es preciso indicar que los datos de todas las variables fueron recolectados de fuentes secundarias (bases de datos públicas). En ese sentido, no se empleó ningún instrumento de investigación para la extracción de la información.

Segundo, no se pudo averiguar cuáles fueron los instrumentos que las instituciones públicas utilizaron para recolectar estos datos. Las razones fueron la complejidad de los instrumentos y su confidencialidad, ya que, muy probablemente, sólo podían ser utilizados por estas instituciones, encargadas de las políticas económicas del país.

Por lo tanto, basándose en todas estas razones, esta tesis no empleó instrumentos de investigación para recolectar los datos de las variables y únicamente se limitó a extraer la información de las fuentes públicas o secundarias.

Procedimientos de recolección de datos

Esta sección detalla cómo se recolectaron los datos de las cinco variables finales.

Por lo tanto, basándose en todas estas razones, esta tesis no utilizó instrumentos de investigación para recolectar los datos de las variables y únicamente se limitó a extraer la información de las fuentes públicas o secundarias del Perú. Las instituciones peruanas de donde se obtuvieron la información fueron el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI).

De la base de datos del BCRP se obtuvo la información histórica de las cinco variables de productos agrícolas: producción de papas en toneladas, producción de arroz en toneladas, producción caña de azúcar en toneladas, producción de café en toneladas y producción de espárragos en toneladas. De igual manera, se realizó la búsqueda de la superficie agrícola en hectáreas desde la misma base de estadísticas regionales. Para recoger el número de precipitaciones acumuladas en milímetros, se consultó la información recogida por las bases meteorológicas del Senamhi distribuidas localizadas en la costa norte del país. Finalmente, se recogió el PBI per cápita de los reportes inflacionarios trimestrales del BCRP.

Segundo, esta tesis requirió que los datos de todas las variables finales estén en frecuencia mensual. Cuando se extrajo la información de las fuentes públicas, los datos de las ocho variables ya estaban en frecuencia mensual, por lo tanto, no se aplicaron modificaciones a ninguna de ellas. No obstante, estas se encuentran en diferente medida, por lo que se presentan en el análisis de manera logarítmica para su proceso.

Plan de análisis

Esta sección presenta y explica el modelo econométrico empleado en esta tesis (Fronteras estocásticas de producción) y precisa diversos procedimientos que se realizaron a las variables finales antes y después de la estimación del citado modelo. Cabe apuntar que, a partir de aquí y en lo que resta de la tesis, se utilizaron los términos “Series” y “Variables” como correspondientes a las variables finales de esta investigación. Se busca explicar la producción agrícola del Perú, la cual está conformada por nuestras siguientes variables independientes a analizar: producción agrícola de Piura, producción agrícola de Lambayeque, producción agrícola de La Libertad y producción agrícola de Tumbes.

Como se detalló previamente en Bonilla, A., Rosales, R., & Maldonado, J. (2003), quienes plantearon un modelo de medición usando Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), para medir su modelo y obtener un mejor valor económico en la predicción de los efectos del Fenómeno de El Niño. Sin embargo, adecuando la investigación realizada por Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), se plantea, finalmente, un enfoque FEP para estimar los rendimientos de producción de las variables independientes y si fueron afectadas por el impacto del ENSO, si el modelo se supone tiene relación lineal, la estimación de la misma se llevó a cabo usando el presente método de FEP. Para ahondar lo anteriormente aludido, primero se esclarece la toma de las variables, las cuales ya se encontraban elaboradas por la autoridad de políticas monetarias del Perú.

Se procederá a realizar el análisis descriptivo de las variables especificando los valores obtenidos del parámetro, del valor mismo, de estadístico t, la hipótesis de referencia y su conclusión. (O se puede decir que se hallaran las medidas de tendencia central y de variabilidad para el análisis descriptivo de las variables de estudio).

Después, se aclaran algunas consideraciones técnicas que se consideraron antes de la estimación del modelo de FEP. Posteriormente, se expone y define la especificación econométrica de este modelo, el cual se estimó para hallar evidencia estadística de cointegración y correlación entre el PBI agrícola y sus determinantes macroeconómicas.

Por último, se señalan y explican escuetamente los tests econométricos que se aplicaron al modelo FEP para confirmar la robustez del producto que arrojó su estimación.

Análisis econométrico previo a la estimación de análisis de datos

Previo a la estimación del modelo FEP, se llevaron a cabo 4 análisis de datos: la verificación de autocorrelación, la validación de la estacionariedad de cada serie, la verificación de la causalidad entre las regresoras-regresando y la constatación de la existencia de cointegración entre todas las series.

En el primer análisis de datos se emplearon 2 tests, el primero es el test de Durbin-Watson (DW), el cual es un test que se emplea a menudo para detectar la autocorrelación de la serie en una primera instancia; el segundo test es el test de Breusch-Godfrey, el cual es un test que se emplea después del test de DW si este no da resultados que nos indiquen si existe o no sospecha de autocorrelación.

El segundo análisis de datos se realizó aplicando el test de Dickey-Fuller, con los resultados de estos test encontrados en la Tabla N°12.

El tercer análisis de datos, causalidad, se realizó con pares de series (regresora-regresando). En cada pareja, una serie era el PBI agrícola y la otra era alguna de sus determinantes macroeconómicas. El test econométrico empleado en este análisis fue el de Granger. Mayores detalles de cómo se empleó este test en cada pareja de series fueron dados en la tabla N°13.

El cuarto análisis de datos(cointegración) se realizó solamente con las series no estacionarias; el análisis de cointegración se ejecutó al conjunto de estas series y el test econométrico aplicado fue el de Johansen, el cual se fraccionó en 2 subtests: Traza y Máximo Valor Propio.

Finalmente, todas las series son no estacionarias, ergo todas fueron aplicadas a los tests previamente mencionados (estimación del modelo FEP y validación de la robustez del modelo). Mayores detalles de la aplicación del test de cointegración en el conjunto de series fueron dados en la sección A.3.

Modelo econométrico de la tesis

Después de confirmarse la no estacionariedad del PBI agrícola y sus determinantes macroeconómicas, y la autocorrelación de las series. Se evaluó la relación la relación entre las series bajo el modelo de Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) de data panel. La especificación econométrica de este modelo se detalla en la ecuación **(5)**. Todas las series de la ecuación están en su primera diferencia **(**Δ**)**.

Análisis econométrico posterior a la estimación del modelo

Luego de la estimación del modelo de FEP de data panel. Se realizaron 4 análisis de los datos. La elección de la mejor diferencia **(**Δ**)** para saber si hay autocorrelación o no. La estimación del mejor rezago con respecto a la estacionariedad, la evaluación del mejor orden en relación a la causalidad y la presencia de cointegración.

El primer análisis de datos conllevó estimar el modelo FEP de data panel primero en su nivel, luego en su segundo orden y finalmente en su tercer orden. Se aplicó primeramente el test de Durbin-Watson para hallar la existencia de autocorrelación, este arrojó que no se puede determinar debido a que cae en zona de indecisión; por ello se aplicó el test de Breusch-Godfrey para verificar a más profundidad la existencia de autocorrelación o no, y efectivamente hay sospecha de autocorrelación positiva de primer orden, sin embargo, a partir del segundo orden este ya no existe.

Adicionalmente, se verificó la normalidad de los errores (aplicando el test de Jarque-Bera), la heterocedasticidad (aplicando el test de ARCH) y la correcta especificación del modelo (usando el criterio de información de Akaike).

El segundo análisis de datos implicó aplicar el test de Dickey-Fuller Aumentado para determinar la estacionariedad de las series durante el período analizado. Dado que los efectos Fenómeno del Niño tienden a sentirse varios meses e incluso años desde sus comienzos.

El tercer análisis de datos incluyó aplicar el test de Granger debido a que este tipo de análisis conlleva a estudiar si las variables regresoras tienen un efecto estadísticamente significativo en la variable regresando durante el período analizado.

Y el último análisis de datos comprendió la aplicación del test de Johansen debido a que este tipo de estudio implica examinar si las variables regresoras tienen un resultado estadísticamente significativo sobre la variable dependiente.

Modelo de estimación

Se busca explicar la producción agrícola del Perú, la cual está conformada por las siguientes variables independientes a analizar: producción agrícola de Piura, producción agrícola de Lambayeque, producción agrícola de La Libertad y producción agrícola de Lima.

El modelo de Fronteras Estocásticas de Producción es un método de estimación de los parámetros creado por Carl Friedrich Gauss. De cumplirse los supuestos que listamos a continuación, los estimadores obtenidos por este procedimiento cumplen algunas propiedades estadísticas muy atractivas (Teorema de Gauss Markov)[49].

1. Supuestos de linealidad:

- El componente lineal del modelo de regresión será:

$$\beta_0 + \beta_1 X_i \qquad \textbf{(6)}$$

Por lo tanto, Y es una función lineal de X más un error aleatorio ε_i. Linealidad implica que el efecto marginal de X en Y no dependa de la regresora, es decir, que sea constante. Esto implica a su vez que el modelo tenga **linealidad en los parámetros.**

[49] Larios, F., Álvarez, V., Quineche, R. (2014)

Entonces, teniendo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \qquad \textbf{(7)}$$

Calculando la derivada de Y respecto a X:

$$\frac{dY_i}{dX_i} = \beta_1 \qquad \textbf{(8)}$$

Con lo que se comprueba que el efecto marginal es constante. Cabe precisar que

la regresora X puede ser no lineal (pudiendo ser X^2, e^x, ln x, etc).

2. Supuesto de exogeneidad estricta:

Los términos de error ε_i son independientes de los valores de X. Entonces, el valor esperado de los términos de error condicional a los valores de la variable independiente es igual a cero: E ($\varepsilon_i|X_i$) = 0

Este supuesto tiene las siguientes implicaciones:

La esperanza no condicional del término de error es cero: $E\ (\varepsilon i) = 0$

Ya que por la ley de esperanzas totales (Law of Total Expectations) se tiene que:

$$E\ (E\ (\varepsilon i|Xi)) = E\ (\varepsilon i) \qquad \textbf{(9)}$$

El valor esperado del producto de la variable independiente con el término de error (que es otra variable aleatoria) es cero para todas las observaciones de la data. Con esto se dice que la variable independiente es ortogonal al término de error:

$E\ (Xi\varepsilon i) = E[E(Xi\varepsilon i|Xi)]$ Por ley de esperanzas totales

$= E[XiE(\varepsilon i|Xi)]$ Por la linealidad de las esperanzas condicionales = 0

Por la primera implicación de que la media del término de error es cero, las condiciones de ortogonalidad son equivalentes a las condiciones de correlación cero.

$$Cov\ (\varepsilon i, i)\ =\ E\ (Xi\varepsilon i) - E\ (Xi)E(\varepsilon i) \qquad \textbf{(10)}$$

Por definición de covarianza

$= E\ (Xi\varepsilon i)$ Ya que $E\ (\varepsilon i)\ =\ 0$

$= 0$ Por la implicación anterior

Y esto dice que la exogeneidad implica que la regresora este contemporáneamente

no correlacionada con el término error.

3. Supuesto de homocedasticidad

El segundo momento (varianza) de los términos de error condicional a los valores

de la variable independiente es constante.

$$Var(\varepsilon i|Xi)\ =\ E(\varepsilon i^2|Xi)\ -\ [E(\varepsilon i|Xi)]^2 \qquad \textbf{(11)}$$

Por definición de varianza

$= E(\varepsilon i^2|Xi)$ Ya que: $E(\varepsilon i|Xi)\ =\ 0$

$= \sigma^2 > 0$ $\forall$ i = 1,2,….,n

Y ya que la regresora X_i se considera como determinística o no estocástica, entonces la esperanza condicional es igual a la esperanza no condicional del término de error ε_i, y de la misma manera aplica para la varianza, con lo que se tendrá:

$$Var(\varepsilon i)\ =\ E(\varepsilon i^2)\ -\ [E(\varepsilon i)]^2 \qquad \textbf{(12)}$$

Por definición de varianza

$= E(\varepsilon i^2)$ Ya que: $E(\varepsilon i)\ =\ 0$

$= \sigma^2 > 0$ ∀ i=1, 2, ……, n

Lo que significa que: $E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2$ ∀ i=1, 2, ……, n

4. Supuesto de no autocorrelación:

Esto dice que los términos de error aleatorios ε_i no están correlacionados unos con

otros, es decir, no hay correlación entre las observaciones.

$$Cov(\varepsilon i, \varepsilon j|Xi) = E(\varepsilon j \varepsilon i|Xi) - [E(\varepsilon j|Xi)][E(\varepsilon i|Xi)] \quad \textbf{(13)}$$

Por definición de covarianza

$Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_j|X_i) = E(\varepsilon_j\varepsilon_i)$ Ya que: $E(\varepsilon_j|X_i) = E(\varepsilon_j|X_i) = E(\varepsilon_i|X_i) = 0$ ∀ i≠j

$Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_j|X_i) = 0$ ∀ i,j = 1,2,……,n ; i≠j

Y como la regresora X_i es determinística o no estocástica, entonces la esperanza condicional ε_i es igual a su esperanza no condicional, y de la misma manera aplica para la covarianza, con lo que obtendremos lo siguiente:

$$Cov(\varepsilon i, \varepsilon j) = E(\varepsilon j \varepsilon i) - [E(\varepsilon j)][E(\varepsilon i)] \quad \textbf{(14)}$$

Por definición de covarianza

$Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_j) = E(\varepsilon_j\varepsilon_i)$ Ya que: $E(\varepsilon_j) = E(\varepsilon_j) = 0$ ∀ i≠j $Cov(\varepsilon_i,\varepsilon_j) = 0$

∀ i,j = 1,2,….n ; i≠J

Lo que significa que:

$E(\varepsilon_j\varepsilon_i) = 0$ ∀ i≠j

5. **El número de observaciones n tiene que ser mayor al número de variables regresoras:**

Esto nos dice que al menos el número de observaciones n debe ser igual al número de estimadores o parámetros poblacionales a estimar (que incluyen al estimador del intercepto).

Ejemplo:

Para estimar β_0 y β_1 (# de estimadores = 2) debemos tener al menos 2 observaciones como:

Y_i	X_i
Y_1=8	X_1=5
Y_2=15	X_2=6

Aquí se ve que solo hay una variable regresora X_i, por lo tanto:

de observaciones > # de variables explicativas 2>1

6. **Variabilidad en los valores de X_i:**

Esto dice que los valores que tome la variable X no deben ser todos iguales (lo que haría que la varianza de esta variable sea igual a cero y por lo tanto no se pueda determinar a los estimadores β_0 y β_1), ni que tampoco existan valores atípicos de X (es decir, que estos valores de X sean muy grandes respecto a los valores de esta variable en las otras observaciones y generen que la varianza de esta variable sea muy grande, con lo que los estimadores obtendrían valores muy pequeños). Por lo tanto, los valores atípicos solo generarían que los resultados de la regresión se deban a dichos valores y no a todas las observaciones como un conjunto.

7. **Análisis econométrico previo a la estimación del modelo**

Antes de la estimación del modelo FEP de data panel, se realizaron 3 análisis de datos: La verificación de autocorrelación, la verificación de estacionariedad de cada serie y la verificación de la causalidad entre pares de series.

Para el primer análisis de datos se emplearon 2 tests, el primero es el test de Durbin-Watson (DW), el cual es un test que se emplea a menudo para detectar la autocorrelación de la serie

en una primera instancia; el segundo test es el test de Breusch-Godfrey, el cual es un test que se emplea después del test de DW si este no da resultados que nos indiquen si existe o no sospecha de autocorrelación.

Para el segundo análisis de datos se empleó el test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Mayores detalles de cómo se imputó este test estacionariedad en las series fueron dados en la **Tabla 12:** Tabla de Dickey-Fuller.

Para el tercer caso de análisis de datos se aplicó el test de Causalidad de Granger, el cual fue administrado con pares de series. En cada par, una serie era el PBI agrícola (PBI_AGRICULTURE) y la otra era alguna de sus determinantes macroeconómicas. Mayores detalles de cómo se usó este test de causalidad en las series fueron dados en la **Tabla 13:** Test de Causalidad de Granger.

8. Modelo econométrico ecuacional

Después de confirmarse la no estacionariedad del PBI agrícola y sus determinantes macroeconómicas, y la autocorrelación de las series. Se evaluó la relación la relación entre las series bajo el modelo de Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) de data panel. La especificación econométrica de este modelo fue detallada en la ecuación **(5)**, estando en su primera diferencia (Δ), lo cual señala que están en su estado estacionario.

9. Análisis econométrico posterior a la estimación del modelo

Luego de la estimación del modelo de FEP de data panel. Se realizaron diversos análisis de los datos: i) la elección de la mejor diferencia (Δ) para saber si hay autocorrelación o no. ii) la estimación del mejor rezago con respecto a la estacionariedad. iii) la evaluación del mejor orden en relación a la causalidad.

El primer análisis de datos conllevó estimar el modelo FEP de data panel primero en su nivel, luego en su segundo orden y finalmente en su tercer orden. Se aplicó primeramente el test de Durbin-Watson para hallar la existencia de autocorrelación, este arrojó que no se puede determinar debido a que cae en zona de indecisión; por ello se aplicó el test de Breusch-Godfrey para verificar a más profundidad la existencia de autocorrelación o no, y efectivamente hay sospecha de autocorrelación positiva de primer orden, sin embargo, a partir del segundo orden este ya no existe.

Adicionalmente, se verificó la normalidad de los errores (aplicando el test de Jarque-Bera), la heterocedasticidad (aplicando el test de White) y la correcta especificación del modelo (usando el criterio de información de Akaike).

El segundo análisis de datos implicó aplicar el test de Dickey-Fuller Aumentado para determinar la estacionariedad de las series durante el período analizado. Dado que los efectos Fenómeno del Niño tienden a sentirse varios meses e incluso años desde sus comienzos.

El tercer análisis de datos incluyó aplicar el test de Granger debido a que este tipo de análisis conlleva a estudiar si las variables regresoras tienen un efecto estadísticamente significativo en la variable regresando durante el período analizado.

Al final, se optó por elegir el modelo FEP de data panel que cumpliera con el mayor rigor posible los supuestos requeridos para una estimación correcta e insesgada. Los supuestos son homocedasticidad, no autocorrelación, normalidad de las series, linealidad.

10. Modelo de Fronteras Estocásticas

El modelo de fronteras estocásticas parte de una función de producción idealizada:

$$y\text{^} * -f\ (x, \beta) \qquad \textbf{(15)}$$

Para cualquier productor, la frontera es estocástica por una variedad de razones incluyendo, por ejemplo, pura suerte. Por ende, para cualquier firma individual,

$$y\text{^}\circ = \ f\ (x, \beta)\ +\ u \qquad \textbf{(16)}$$

La ineficiencia entra a el modelo de producción a través de una perturbación positiva, ***u***, que es independiente de ***v***. Para la enésima firma,

Aigner, D., Lovell, K. & Schmidt, P. (1977), presentan la probabilidad de la distribución de ε bajo el supuesto que ***v*** está distribuido como N$\left[0, \sigma_i^2\right]$ y ***u*** es el valor absoluto de una variable que es independiente de ***v*** y está distribuida como N$[0, \sigma_u^2]$. La probabilidad logarítmica para una muestra de “N” observaciones es:

$$lnL = -(N/2)\,(ln2\pi + ln\sigma^2) + \sum_i^n ln\left[ln\emptyset[-\varepsilon_i\lambda/\sigma] - \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right)^2\right] \qquad \textbf{(17)}$$

donde $\emptyset[.]$ y $\emptyset[.]$ (usados abajo) son los CDF y PDF de la distribución normal estándar, respectivamente, $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ **y** $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$.

Una vez los parámetros son estimados, el interés primario se centra en la estimación de la ineficiencia, u_i. E$[u_i]$ es una medida resumen que, por obvias razones, no es particularmente satisfactoria. Jondrow, J., Lovell, K., Materov, I. & Schmidt, P. (1982), sugieren una estimación específica por firma,

$$E[u_i \setminus v_i - u_i] = E[u_i \setminus \varepsilon_i] = \frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2}\left[\frac{\phi[\varepsilon_i\lambda/\sigma]}{\phi[\varepsilon_i\lambda/\sigma]} - \frac{\varepsilon_i\lambda}{\sigma}\right] \qquad \textbf{(18)}$$

11. Modelo Pooled

El modelo pooled toma una constante igual para todas las regiones sin tomar en cuenta su heterogeneidad inobservable, es decir sin tomar en cuenta las características propias peculiares de cada uno, α_i.

Se representa de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad \textbf{(19)}$$

12. Modelo de efectos fijos y efectos aleatorios

Modelo de efectos fijos

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad \textbf{(20)}$$

El modelar adecuadamente la naturaleza de α_i es el centro de la teoría de Datos de Panel y de ello depende la consistencia de los resultados. El modelo de Efectos Fijos (EF) asume una correlación importante entre las características individuales (α_i) y las variables explicativas observables (Xit). Por este motivo se debe explicitar α_i en el modelo y el estimador a utilizar es el estimador Intragrupos –within- (consistente, aunque no necesariamente eficiente).

Se usa efectos fijos porque se cree que la principal causa de la heterogeneidad inobservable se puede ver desde las variables explicativas, dado que se nota un comportamiento desigual entre las regiones. Si estas diferentes características son susceptibles de medición, una buena metodología de estimarlos es por medio de un Modelo Datos de Panel de Efectos Fijos.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \gamma W_t + \varepsilon_{it} \qquad \textbf{(21)}$$

Modelo de efectos aleatorios

$$Y_{it} = (\alpha_i + v_i) + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad \textbf{(22)}$$

El modelo de Efectos Aleatorios (EA) asume que no existe correlación entre el efecto individual (α_i) y las variables explicativas observables (X_{it}). En este caso se utiliza el estimador entre grupos factible (between).

Se sabe que las regiones tomadas sólo son una muestra de una población que ha variado bastante en el periodo de estudio, con esto se genera un panel de datos balanceado; pero, surge el problema de que las variables explicativas no estén correlacionadas con la heterogeneidad inobservable. Por lo que resulta conveniente una estimación de modelos de datos de Panel con Efectos Aleatorios.

El modelo de Efectos Aleatorios (EA) asume que no existe correlación entre el efecto individual (α_i) y las variables explicativas observables (Xit). En este caso se utilizará el estimador entre grupos factible. Finalmente se compararán ambos estimadores y se elegirá el modelo que mejor represente la naturaleza de los datos mediante el test de Hausman.

Es por eso que podemos estimar Modelos de Efectos Específicos para cada región y así controlar las diferencias que se mantienen constantes a través del tiempo.

13. Test de Hausman

Sin embargo, se puede decidir cuál es el modelo que más se acerca a la realidad, por ello se tendrá que aplicar el test de Hausman para determinar el modelo más aproximado.

El test de Hausman permite discernir entre el estimador de efectos fijos y el de efectos aleatorios, evaluando la hipótesis nula de diferencia no sistemática en ambos coeficientes, es

decir el estimador de efectos aleatorios es el correcto; entonces si se rechaza H_o, se encuentra en un contexto de efectos fijos, y si se acepta H_o, la diferencia entre los estimadores es pequeña, por lo que se me queda con el estimador de efectos aleatorios.

Este contraste verifica la ortogonalidad de los efectos aleatorios y los regresores; es decir, se usa para encontrar el modelo más eficiente. La hipótesis nula es que la diferencia entre los coeficientes de ambas regresiones no es relevante.

RESULTADOS

En esta parte se detalla todos los resultados obtenidos en la tesis. Para ello, primeramente, se muestran los resultados que produjeron los análisis de las series y la estimación del modelo econométrico *Fronteras Estocásticas de Producción* de data panel.

Después de ello, se muestran las conclusiones de la tesis, las cuales recapitulan los primeros hallazgos y especulaciones que se originan de la discusión anterior. En suma, se brindan recomendaciones a los hacedores de políticas, científicos y académicos sobre como beneficiarse de los hallazgos de esta tesis y como hacer frente a los desafíos pendientes en el análisis del Impacto Económico del Fenómeno de El Niño en el Sector Agrícola del Perú.

Presentación de resultados

Este apartado exterioriza los resultados obtenidos a partir del análisis econométrico aplicado a las series y al modelo de investigación (Fronteras estocásticas de producción de data panel).

Primeramente, se exponen los resultados del análisis econométrico previo a la estimación del modelo, los cuales implicaron el análisis de la estacionariedad, el análisis de causalidad, la existencia de autocorrelación y la cointegración.

Y segundamente, se exponen los resultados del análisis econométrico posterior a la estimación del modelo, los cuales involucraron la determinación del orden de la autocorrelación, el número de rezagos óptimos con respecto a la estacionariedad y finalmente la cantidad de rezagos óptimos para determinar la causalidad.

Tabla 9

Estadístico Descriptivo.

	Media	Desv. Est.	Máximo	Mínimo	Jarque-Bera	Probabilidad	Observaciones
PA$_t$	148.5375	44.99172	247.2481	98.91603	5.500027	0.063927	36
Papa	424.9184	305.7416	1244.79	154.7925	12.08537	0.002375	36
Arroz	271.8788	156.4056	666.4549	121.2297	6.780936	0.033693	36
Café	29.72978	32.23931	92.45153	0.22816	4.709202	0.094931	36
Caña de azúcar	851.075	197.8009	1101.879	288.1306	5.05739	0.079763	36
Espárragos	30.8477	4.455853	42.64534	22.5203	0.955893	**0.620055**	36
PBICANOR$_t$	0.0843	0.061829	0.1693	0.0293	5.673773	0.058608	36
PAC$_t$	411.3035	353.8617	1525.675	108.25	33.8892	**0**	36
RA$_t$	97036.39	20119.12	131450	59240.54	3.273482	0.194613	36
AP$_t$	9326.412	7151.105	29725.75	2585.25	15.4907	0.000433	36

Nota**: e**l grado de probabilidad más alto es del producto *espárragos.* Por otro lado, la probabilidad más baja pertenece a las precipitaciones acumuladas. La producción agrícola, el PBI per cápita, las precipitaciones acumuladas, el rendimiento agrícola y la superficie agrícola se han colocado con sus abreviaciones (***PA$_t$, PBICANOR$_t$, PAC$_t$, RA$_t$, AP$_t$,*** respectivamente).

Fuente: Elaboración propia.

- **Media:** O también conocida como valor promedio de una variable, la media proporciona una medida de localización central de los datos. Si los datos son datos de una muestra, la media se denota $\underline{x}$; si los datos son datos de una población, la media se denota con la letra griega μ.
- **Máximo:** El valor máximo(mayor) en los datos.
- **Mínimo:** El valor mínimo(menor) en los datos.
- **Desviación estándar:** La desviación estándar, σ, se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- **Asimetría estadística:** Es una medida de asimetría de la distribución de las series alrededor de su media. La asimetría estadística se describe como:

$$S = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} = \left(\frac{y_i - \underline{y}}{\hat{\sigma}}\right)^3 \qquad \textbf{(23)}$$

- **Jarque-Bera:** Es una prueba estadística para corroborar si las series se distribuyen normalmente.
- **Probabilidad:** La probabilidad es una medida numérica de la posibilidad de que ocurra un evento.
- **Observaciones:** El conjunto de mediciones obtenidas de un elemento determinado.
- Todas las variables presentan 36 observaciones cada una, haciendo un total de 360 observaciones en la muestra.

- 148.5375 es el valor promedio de la variable PA, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 424.9184 es la desviación estándar de la variable PA, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 247.2481 es el valor máximo de la variable PA, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 98.91603 es el valor mínimo de la variable PA, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 5.500027 es el valor que corrobora si la serie PA se distribuye normalmente.
- 0.063927 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable PA se vea afectada.
- 424.9184 es el valor promedio de la variable Papa, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 305.7416 es la desviación estándar de la variable Papa, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 1244.79 es el valor máximo de la variable Papa, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 154.7925 es el valor mínimo de la variable Papa, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 12.08537 es el valor que corrobora si la serie Papa se distribuye normalmente
- 0.002375 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Papa se vea afectada.
- 271.8788 es el valor promedio de la variable Arroz, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 156.4056 es la desviación estándar de la variable Arroz, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 666.4549 es el valor máximo de la variable Arroz, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 121.2297 es el valor mínimo de la variable Arroz, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 6.780936 es el valor que corrobora si la serie Arroz se distribuye normalmente
- 0.033693 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Arroz se vea afectada.
- 29.72978 es el valor promedio de la variable Café, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 32.23931 es la desviación estándar de la variable Café, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

- 92.45153 es el valor máximo de la variable Café, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 0.22816 es el valor mínimo de la variable Café, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 4.709202 es el valor que corrobora si la serie Café se distribuye normalmente
- 0.094931 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Café se vea afectada.
- 851.075 es el valor promedio de la variable Caña de azúcar, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 197.8009 es la desviación estándar de la variable Caña de azúcar, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 1101.879 es el valor máximo de la variable Caña de azúcar, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 288.1306 es el valor mínimo de la variable Caña de azúcar, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 5.05739 es el valor que corrobora si la serie Caña de azúcar se distribuye normalmente
- 0.079763 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Caña de azúcar se vea afectada.
- 30.8477 es el valor promedio de la variable Espárragos, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 4.455853 es la desviación estándar de la variable Espárragos, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 42.64534 es el valor máximo de la variable Espárragos, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 22.5203 es el valor mínimo de la variable Espárragos, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 0.955893 es el valor que corrobora si la serie Espárragos se distribuye normalmente
- 0.620055 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Espárragos se vea afectada.
- 0.0843 es el valor promedio de la variable $PBICANOR_t$, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 0.061829 es la desviación estándar de la variable $PBICANOR_t$, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 0.1693 es el valor máximo de la variable $PBICANOR_t$, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 0.0293 es el valor mínimo de la variable $PBICANOR_t$, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.

- 5.673773 es el valor que corrobora si la serie $PBICANOR_t$ se distribuye normalmente
- 0.058608 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable Espárragos se vea afectada.
- 411.3035 es el valor promedio de la variable PAC_t, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 353.8617 es la desviación estándar de la variable PAC_t, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 1525.675 es el valor máximo de la variable PAC_t, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 108.25 es el valor mínimo de la variable PAC_t, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 33.8892 es el valor que corrobora si la serie PAC_t se distribuye normalmente
- 0 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable PAC_t se vea afectada.
- 97036.39 es el valor promedio de la variable RA_t, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 20119.12 es la desviación estándar de la variable RA_t, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 131450 es el valor máximo de la variable RA_t, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 59240.54 es el valor mínimo de la variable RA_t, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 3.273482 es el valor que corrobora si la serie RA_t se distribuye normalmente
- 0.194613 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable RA_t se vea afectada.
- 9326.412 es el valor promedio de la variable AP_t, la cual proporciona una medida de localización central de los datos de esta variable.
- 7151.105 es la desviación estándar de la variable AP_t, σ, la cual es la raíz cuadrada positiva de la varianza.
- 29725.75 es el valor máximo de la variable AP_t, el cual es el valor mayor en los datos de esta variable.
- 2585.25 es el valor mínimo de la variable AP_t, el cual es el valor menor en los datos de esta variable.
- 15.4907 es el valor que corrobora si la serie AP_t se distribuye normalmente
- 0.000433 es una medida numérica que indica la posibilidad de que la variable AP_t se vea afectada.

Tabla 10

Matriz de correlación.

	PA_t	Arroz	Café	Caña de azúcar	Espárrago	Papa	PBICANOR$_t$	PAC_t	RA_t	AP_t
PA_t	1									
Arroz	**0.86731**	1								
Café	**0.91378**	**0.83688**	1							
Caña de azúcar	-0.33569	-0.23886	-0.34930	1						
Espárrago	-0.40910	-0.43243	-0.61778	0.19821	1					
Papa	**0.87493**	0.59530	**0.76036**	-0.57255	-0.28552	1				
PBICANOR$_t$	0.02230	0.10564	0.01885	-0.00718	-0.10503	-0.00531	1			
PAC_t	0.00391	-0.13982	0.07755	-0.49849	0.07127	0.19247	-0.17290	1		
RA_t	0.41403	0.32063	0.32989	0.29226	-0.31206	0.21413	0.20183	-0.44453	1	
AP_t	-0.51398	-0.43839	-0.51670	-0.26445	0.08457	-0.33226	0.00577	0.19136	-0.27267	1

***Nota*:**
1**)** El **Color Verde** indica los coeficientes de correlación entre los pares de series que estén entre 0.70 y 0.90 en valores absolutos.
2) El **Color Rojo** indica los coeficientes de correlación entre los pares de series sean mayores a 0.90 en valores absolutos.

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de correlación: Es una tabla que presenta las intercorrelaciones entre las regresoras (variables independientes). En la tabla, En la tabla, las entradas de la diagonal principal (las que van desde la esquina superior izquierda hacia la esquina inferior derecha) suministran la correlación de una variable consigo misma, la cual por definición siempre es 1; además, las entradas fuera de la diagonal principal son las parejas de correlaciones entre las variables X. El primer renglón de esta tabla proporciona la correlación de X_1 con las otras variables X.

- 0.867312 es la correlación entre las variables Arroz y PBI agrícola.
- 0.913777 es la correlación entre las variables Café y PBI agrícola.
- -0.335692 es la correlación entre las variables Caña de azúcar y PBI agrícola.
- -0.409103 es la correlación entre las variables Espárragos y PBI agrícola.
- 0.874929 es la correlación entre las variables Papa y PBI agrícola.
- 0.022299 es la correlación entre las variables PBI per cápita y PBI agrícola.
- 0.00391 es la correlación entre las variables Precipitaciones acumuladas y PBI agrícola.

- 0.414034 es la correlación entre las variables Promedio de rendimientos y PBI agrícola.
- -0.513982 es la correlación entre las variables Superficie sembrada y PBI agrícola.

En la presente lista se presentan las intercorrelaciones entre las regresoras (variables independientes) con el regresando (variable dependiente).

Por regla general, si los resultados son menores a 0.90, entonces no hay presencia de multicolinealidad perfecta. La única variable que podría tener riesgo al presentar multicolinealidad perfecta sería la variable CAFÉ, pero no es preocupante porque no bordea 1. Por ende, se podría decir que no existe multicolinealidad perfecta.

Tabla 11

Matriz de covarianza.

	PA_t	Arroz	Café	Caña de azúcar	Espárrago	Papa	$PBICANOR_t$	PAC_t	RA_t	AP_t
PA_t	1968.03	5933.71	1288.62	-2904.48	-79.7372	11701.07	0.06031	60.5188	364370.8	-160775
Arroz	5933.71	23783.2	4102.69	-7184.48	-293.001	27676.53	0.9932	-7523.75	980911.6	-476705
Café	1288.62	4102.69	1010.50	-2165.61	-86.2809	7286.56	0.03654	860.130	208029.6	-115815
Caña de azúcar	-2904.48	-7184.48	-2165.61	38038.38	169.846	-33663.7	-0.08537	-33922.1	113078	-363674
Espárrago	-79.7373	-293.001	-86.2809	169.846	19.3031	-378.174	-0.02813	109.253	-27198.3	2620.02
Papa	11701.1	27676.5	7286.57	-33663.7	-378.174	90881.34	-0.09767	20245.1	128059	-70627
$PBICANOR_t$	0.06031	0.9932	0.03654	-0.08537	-0.02813	-0.09767	0.00372	-3.67779	244.098	2.48182
PAC_t	60.5188	-7523.75	860.130	-33922.1	109.253	20245.1	-3.67779	121740	-3076862	470788.4
RA_t	**364371**	980911	208029	113078	-27198.3	128059	244.098	-307686	3.94E+08	-381315
AP_t	**-160775**	-476705	-115814	-363674	2620.02	-706265	2.48182	470788	-3813150	4971780

***Nota*:**
1) La covarianza conjunta más alta, respecto al PBI agrícola es la de rendimientos acumulados.
2) La covarianza conjunta más baja, respecto al PBI agrícola es la de superficie sembrada.

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de covarianza: Primero definimos el término covarianza, su definición indica que es un valor que indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias respecto a sus medias.

Por lo tanto, la matriz de covarianza presenta el grado de variación conjunta entre las variables empleadas con respecto a sus medias.

- 5933.707 es la variación conjunta entre las variables Arroz y PBI agrícola.
- 1288.618 es la variación conjunta entre las variables Café y PBI agrícola.
- -2904.476 es la variación conjunta entre las variables Caña de azúcar y PBI agrícola.
- -79.73727 es la variación conjunta entre las variables Espárragos y PBI agrícola.
- 11701.07 es la variación conjunta entre las variables Papa y PBI agrícola.
- 0.060309 es la variación conjunta entre las variables PBI per cápita y PBI agrícola.
- 60.51879 es la variación conjunta entre las variables Precipitaciones acumuladas y PBI agrícola.
- 364370.8 es la variación conjunta entre las variables Promedio de rendimientos y PBI agrícola.
- -160775.4 es la variación conjunta entre las variables Superficie sembrada y PBI agrícola.

Tabla 12

Test de multicolinealidad.

Variable	Coeficiente de variación	VIF no centrado	VIF centrado
C	0.806240	8555.195	**NA**
LOG(ARROZ)	0.000996	318.2532	**2.842131**
LOG(CAFE)	0.000105	9.829280	**4.431221**
LOG(CANA_AZUCAR)	0.004058	1943.776	**3.415243**
LOG(ESPÁRRAGOS)	0.010732	1333.513	**2.288657**
LOG(PAPA)	0.001020	374.7857	**3.756232**
LOG(PBI_PER_CAPITA)	0.000193	16.41625	**1.078487**
LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	0.000271	95.51070	**1.352553**
LOG(SUPERFICIE_SEMBRADA)	0.000643	544.1998	**2.974644**
LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	0.003467	4832.515	**1.836086**

***Nota*:** dado los datos presentados en coeficiente de variación y VIF, ninguna variable logarítmica presenta multicolinealidad respecto al modelo planteado.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder analizar la existencia o no de multicolinealidad perfecta, se emplean dos métodos, los cuales son:

- Test de Factor de inflación de la varianza
- Matriz de correlación

En la columna izquierda se emplea el Test de Factor de inflación de la Varianza, el cual indica que, si la regresión tiene constante, entonces se debe usar el Centered VIF. Por regla general, si el resultado es menor de 10, entonces, se puede decir que no hay presencia de multicolinealidad perfecta. Los resultados que arroja este test demuestran que no hay presencia de multicolinealidad debido a que todos los valores son menores a 10.

En la columna derecha se hace un análisis de la matriz de correlación, ello con el fin de verificar si las variables están correlacionadas entre sí. Como regla general, si los resultados son menores a 0.90, entonces no hay presencia de multicolinealidad perfecta. La única variable que podría tener riesgo al presentar multicolinealidad perfecta sería la variable CAFÉ, pero no es preocupante porque no bordea 1. Por ende, se podría decir que no existe multicolinealidad perfecta.

Al ser un trabajo de investigación de data panel, que combina data panel y corte transversal, las variables regresoras presentan una misma tendencia, lo cual puede significar la presencia de multicolinealidad; no obstante, esta situación no viola los supuestos básicos del presente modelo, ya que teniendo en cuenta su presencia, las estimaciones si serán insesgadas y consistentes, contando también con el error estándar. Estas variables se podrán estimar de la manera correcta. (Gujarati, D. & Porter, D., 2010).

Para interpretar el presente test de multicolinealidad, nos guiamos de la regla general para la interpretación usando el test de factor de inflación de la varianza, la cual indica que, si el valor VIF es menor a 10, significa que no hay multicolinealidad severa en el modelo.

- LOG(ARROZ): 2.842131<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(CAFE): 4.431221<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(CANA_AZUCAR): 3.415243<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(ESPARRAGOS): 2.288657<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(PAPA): 3.756232<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(PBI_PER_CAPITA): 1.078487<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULAD): 1.352553<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.
- LOG(SUPERFICIE_SEMBRADA): 2.974644<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.

- LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS): 1.836086<10, por lo tanto, no hay multicolinealidad severa.

Tabla 13

Interpretación de coeficientes del modelo final.

Variable	Coeficiente
C	7.53E-05
LOG(ARROZ)	-0.001037
LOG(CAFE)	-0.000162
LOG(CANA_AZUCAR)	-0.000234
LOG(ESPARRAGOS)	-0.001128
LOG(PAPA)	0.001157
LOG(PBI_PER_CAPITA)	-0.000237
LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-2.88E-05
LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	0.000475
LOG(SUPERFICIE_SEMBRADA)	-0.000142

***Nota*:** los coeficientes fueron obtenidos mediante el uso del paquete estadístico *E-Views* 8.

Fuente: Elaboración propia.

- LOG(ARROZ): -0.001037, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable arroz conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un -0.001037%.
- LOG(CAFE): -0.000162, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable café conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un --0.000162%.
- LOG(CANA_AZUCAR): -0.000234, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable caña de azúcar conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un -0.000234%
- LOG(ESPARRAGOS): -0.001128, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable espárragos conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un --0.001128%
- LOG(PAPA): 0.001157, se puede interpretar que un incremento del 1% en la variable papa conlleva al aumento de la variable PBI_agrícola en un 0.001157%
- LOG(PBI_PER_CAPITA): -0.000237, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable PBI per cápita conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un -0.000237%
- LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULAD): -0.0000288, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable precipitaciones acumuladas conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un -0.0000288%

- LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS): 0.000475, se puede interpretar que un incremento del 1% en la variable promedio de rendimientos conlleva al aumento de la variable PBI_agrícola en un 0.000475%.
- LOG(SUPERFICIE_SEMBRADA): -0.000142, se puede interpretar que una disminución del 1% en la variable superficie sembrada conlleva en una disminución de la variable PBI_agrícola en un --0.000142%

Tabla 14

Prueba de Dickey-Fuller.

Series	Test de estacionariedad usado	Rezago Óptimo	P-value	Conclusión
PBI_AGRICOLA	DFA	3	**0.4619**	La serie PBI_AGRICOLA es no estacionaria
ESPÁRRAGO	DFA	4	**0.7453**	La serie ESPÁRRAGO es no estacionaria
CAFÉ	DFA	4	**0.0519**	La serie CAFÉ es no estacionaria
PAPA	DFA	3	**0.0849**	La serie PAPA es no estacionario
ARROZ	DFA	3	**0.2431**	La serie ARROZ es no estacionaria
CAÑA_AZUCAR	DFA	3	**0.6481**	La serie CAÑA_AZUCAR es no estacionaria
PBI per cápita	DFA	4	**0.3422**	La serie PBI per cápita es no estacionaria
Precipitaciones acumuladas	DFA	1	**0.0865**	La serie Precipitaciones acumuladas es no estacionaria
Superficie sembrada	DFA	3	**0.1525**	La serie Superficie sembrada es no estacionaria
Promedio de rendimientos	DFA	4	**0.8260**	La serie Promedio de rendimientos es no estacionaria

***Nota*:** el P-value de las variables de estudio presentan un nivel mayor al 0.05, lo que indica que no son estacionarias y se ven afectadas por los demás indicadores a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

En el primer caso la variable, **PBI_AGRICOLA**, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el segundo caso la variable, **ESPÁRRAGO**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la tercera variable, **CAFÉ**, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el cuarto caso de la variable, **PAPA**, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la quinta variable, **ARROZ**, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la sexta variable, **CAÑA_AZUCAR**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la séptima variable, **PBI per cápita**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la octava variable, **Precipitaciones acumuladas**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la novena variable, **Superficie sembrada**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

En el caso de la novena variable, **Rendimiento productivo acumulado**, es no estacionaria, lo que quiere decir que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Como lo mencionaban Contreras et al. (2017), los efectos ENSO significan impacto negativo en la oferta, como consecuencia, se genera un alza en los precios debido al menor abastecimiento de productos agrícolas, así como disminución en las exportaciones e incremento de importaciones que producen un número negativo en la balanza comercial y otros efectos de contracción en las actividades productivas sectoriales. Se detalla también que este fenómeno afecta directamente a las actividades dependientes de factores climáticos, como el sector agrícola, debido a variaciones térmicas y/o pluviales que acarrean efectos adversos. Al ser variables no estacionarias, se ven afectadas a lo largo del tiempo, ya que la presencia del ENSO se da siempre, según su magnitud, puede ser moderado a catastrófico.

La no estacionariedad (raíz unitaria) de las variables se solucionan mediante el test de Dickey-Fuller Aumentado. En esta prueba, plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula. En el test, se agregó constante (c) y un rezago para remover la no estacionariedad. **(Ver Anexo N° 22).**

Tabla 15

Test de Fisher

Test estadístico	Value	Df	Probabilidad
F-estadístico	46.69840	(8, 26)	0.0000
Chi-cuadrada	373.5872	8	0.0000

Nota: Con un F estadístico de 0%, se puede decir que el modelo es aleatorio, este test proviene del modelo de Wald **(Ver Anexo N° 24)**. Nivel de significancia 5%.

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de estacionariedad, para detectar raíz unitaria, se aplica la prueba de Dickey-Fuller Aumentado, luego para hacer que las variables sean estacionarias, se aplican simulaciones de Monte Carlo. Según Faulín, J. & Juan, ÁA. (2005), la simulación Monte Carlo es una técnica, que mediante la combinación de conceptos estadísticos (muestras aleatorias) y la capacidad de las computadoras, generan número psudo-aleatorios y automatizan cálculos. En el presente estudio, se utilizaron 100 simulaciones resultantes del trabajo de las 36 observaciones que cuenta cada variable, utilizando la media y la desviación estándar, usando análisis de hipótesis de variables para hallar las muestras aleatorias, usando el programa estadístico Microsoft Excel 2019. El p-value que arrojan las simulaciones es significativo. El resultado demuestra de que las variables pasan a ser estacionarias. **(Ver Anexo N° 23).**

En la presente corrida econométrica, se analiza el test F de Fisher, el cual brinda un **p-value del F estadístico igual a 0.0000**, a un nivel de significancia de 5%, se puede concluir que el modelo puede trabajar bajo efectos aleatorios. Según Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014), los determinantes del modelo de efectos aleatorios son más eficientes que en los modelos de efectos fijos. La hipótesis nula del presente test señala si, a un nivel de significancia de 5%, la Pchi^2 es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis alternativa, la cual indica que el modelo de efectos fijos es el más indicado para datos panel. Para el test de Fisher, las hipótesis son las siguientes **(Ver Anexo N° 24)**:

$$\boldsymbol{H_0}: \boldsymbol{P < 0.05}, \textit{las variables independientes son significativas en modelo efectos aleat.}$$
$$\boldsymbol{H_1}: \boldsymbol{P > 0.05}, \textit{las variables independientes no son significativas en modelo efectos aleat.}$$

Tabla 16

Test de Causalidad de Granger.

N°	Relación de causalidad	Rezago óptimo	P-value	Conclusión
1	$ESPÁRRAGO_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI\_AGRICOLA_t$	2	**0.0001**	Si hay causalidad de Granger
2	$CAFÉ_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI\_AGRÍCOLA_t$	2	**0.0090**	Si hay causalidad de Granger
3	$PAPA_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI\_AGRÍCOLA_t$	2	**0.0124**	Si hay causalidad de Granger
4	$ARROZ_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI\_AGRÍCOLA_t$	2	**0.2188**	No hay causalidad de Granger
5	$CAÑA\_AZUCAR_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI\_AGRÍCOLA_t$	2	**0.0306**	Si hay causalidad de Granger
6	$PBI \ per \ cápita_t \ \ GRANGER \rightarrow \ PBI \ agrícola_t$	2	**0.9831**	No hay causalidad de Granger
7	$Precipitaciones \ acumuladas_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI \ agrícola_t$	2	**0.1949**	No hay causalidad de Granger
8	$Superficie \ sembrada_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI \ agrícola_t$	2	**0.0004**	Si hay causalidad de Granger
9	$Promedio \ de \ rendimietos_t \ GRANGER \rightarrow \ PBI \ AGRÍCOLA_t$	2	**0.5052**	No hay causalidad de Granger

***Nota*:** los valores P-value de las variables espárragos, café, papa, caña de azúcar y superficie sembrada tienen un valor menor al 0.05 **(resaltado en verde)**, lo que indica que tuvieron efecto en la variable del PBI agrícola durante el periodo analizado. Los demás valores, mayores al 0.05 **(resaltados en rojo)**, no presentan impacto significativo en el PBI agrícola en el mismo periodo.

Fuente: elaboración propia.

En el test de **Causalidad de Granger**, la hipótesis nula explica que la variable independiente no causa, a manera Granger, a la variable independiente y viceversa. Por otro lado, la hipótesis alternativa indica que se rechaza la hipótesis nula. En el presente cuadro Granger, se explican los resultados obtenidos en la hipótesis nula **(P-value menor a 0.05)**.

En el primer caso, **ESPÁRRAGO**, si hay causalidad de Granger, lo que significa que la producción de espárragos tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

El segundo caso, **CAFÉ**, hay causalidad de Granger, lo que quiere decir que la producción de café afectó al PBI agrícola del Perú en el período estudiado.

En el tercer caso, **PAPA**, hay causalidad de Granger, lo que significa que la producción de papa tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

El cuarto caso, **ARROZ**, no hay causalidad de Granger, lo que quiere decir que la producción de arroz no afectó al PBI agrícola del Perú en el período estudiado.

En el quinto caso, **CAÑA_AZUCAR**, hay causalidad de Granger, lo que significa que la producción de caña de azúcar tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

En el sexto caso, **PBI per cápita**, no hay causalidad de Granger, lo que significa que la variable de PBI per cápita no tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

En el séptimo caso, **Precipitaciones acumuladas**, no hay causalidad de Granger, lo que significa que la variable de precipitaciones acumuladas no tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

En el octavo caso, **Superficie sembrada**, hay causalidad de Granger, lo que significa que la variable de superficie sembrada tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

En el noveno caso, **Promedio de rendimientos**, no hay causalidad de Granger, lo que significa que la variable de rendimientos productivos no tuvo efecto en el PBI agrícola del Perú durante el período analizado.

Aunque, según lo mencionado por Contreras et al. (2017), los efectos negativos ocasionados por el paso del ENSO en el ámbito social y económico se disipan entre 4 y 6 trimestres, aun así representa siempre un riesgo constante su vínculo directo con los efectos del clima en la productividad agrícola nacional, afectando de manera temporal y permanente los esfuerzos de los agricultores y demás personas que laboran en este sector económico, del cual se tardan mucho en su recuperación por falta de políticas serias de gobiernos regionales y locales para medir el impacto del riesgo latente del ENSO y cómo poder socorrer al desastre, las personas y evitar futuras pérdidas.

Tabla 17

Test de Autocorrelación de Breusch-Godfrey.

Variable	Coeficiente	Desv. Estand.	t-Statistic	Prob.
C	7.53E-05	0.915554	**8.22E-05**	0.9999
LOG(ARROZ)	-0.001037	0.034338	-0.030188	0.9999
LOG(CAFE)	-0.000162	0.010631	-0.015282	0.9879
LOG(CANA_AZUCAR)	-0.000234	0.0655014	-0.003604	0.9972
LOG(ESPARRAGOS)	-0.001128	0.106434	-0.010600	0.9916
LOG(PAPA)	0.001157	0.035202	0.032861	0.9740
LOG(PBI_PER_CAPITA)	-0.000237	0.014413	-0.016468	0.9870
LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULADA)	-2.88E-05	0.016775	-0.001718	0.9986
LOG(SUPERFICIE_SEMBRADA)	-0.000142	0.025906	-0.005498	0.9957
LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	0.000475	0.060287	0.007874	0.9938
RESID(-1)	0.021074	0.243671	0.086485	0.9318

***Nota*:** valores presentados a un nivel de significancia de 5%.
$p<.05$.

Fuente: elaboración propia.

Según lo detallado en el plan de análisis, el t-estadístico mostrado en la presente prueba detallada que la constante es la única que cuenta con un grupo de significancia estadística grande.

Para determinar la mejor ecuación, se valida la existencia o no de autocorrelación. Aplicando el test de Breusch-Godfrey, se llega a que la mejor ecuación es la que tiene 1 rezago en sus residuales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 18

Test de heterocedasticidad ARCH.

Variable	Coeficiente	Desv. Estand.	t-Statistic	Prob.
C	0.002345	0.000737	3.183514	0.0032
RESID^2(-1)	0.058629	0.181146	0.323657	0.7482

***Nota*:** valores presentados con un nivel de significancia de 5%.
p<.05.

Fuente: elaboración propia.

H_o: No hay heterocedasticidad

H_1: Hay heterocedasticidad

Como se detalla en el plan de análisis, el t-estadístico en la prueba de heterocedasticidad ARCH demuestra que la constante es significativamente relevante y estadístico, mostrando un efecto pequeño dentro del modelo (Scientific European Federation, 2019).

Utilizando el test de ARCH (Autoregressive conditional heteroscedasticity) para determinar la existencia de heterocedasticidad; se concluye que, observando las probabilidades, se acepta la H_o, lo que significa que no hay presencia de heterocedasticidad.

Tabla 19

Análisis de Cointegración con Máximo Valor Propio.

Rango de cointegración	Max-Eigen Statistic	Valor crítico 0.05	Probabilidad
r=0	154.8031	64.50472	0
r=1	99.75422	58.43354	0
r=2	78.19404	52.36261	0
r=3	50.78711	46.23142	**0.0152**
r=4	47.09724	40.07757	0.0069
r=5	27.18176	33.87687	0.2538
r=6	22.35687	27.58434	0.2026
r=7	8.233819	21.13162	0.8888
r=8	5.71921	14.2646	0.6495
r=9	0.172895	3.841466	0.6775

***Nota*:** es a partir del tercer rezago y con un nivel de significancia del 5%, se haya una probabilidad que demuestra la relación a largo plazo de las variables no estacionarias.

Fuente: elaboración propia

Las hipótesis son:

H_0: no cointegración.

H_1: existe cointegración.

- Dado que 154.8031 > 64.50472, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=0).
- Dado que 99.75422 > 58.43354, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=1).
- Dado que 78.19404 > 52.36261, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=2).
- Dado que 50.78711 > 46.23142, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=3).
- Dado que 47.09724 > 40.07757, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=4).
- Dado que 27.18176 < 33.87687, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=5).
- Dado que 22.35687 < 27.58434, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=6).
- Dado que 8.233819 < 21.13162, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=7).

- Dado que 5.71921 < 14.2646, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=8).
- Dado que 0.172895 < 3.841466, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=9).

De la corrida econométrica, se puede decir que, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola regresión cointegrante. Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estás variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo.

Este análisis usó el test multiecuacional de Johansen, este test fue aplicado a las 9 series en su estado no estacionario y con un nivel de significancia de 5%. De la tabla anterior, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola regresión cointegrante. Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estás variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo. Esto demuestra que el impacto del ENSO va a seguir afectando, a lo largo del tiempo, la geografía peruana y las anomalías en las variables climáticas y productivas se verán seriamente afectadas, como se detalla en el marco teórico según sus comportamientos y los escenarios anteriores ocurridos en los últimos 40 años.

Tabla 20

Análisis de Cointegración de Traza.

Rango de cointegración	Estadístico de traza	Valor crítico 0.05	Probabilidad
r=0	494.3002	239.2354	0
r=1	339.4972	197.3709	0
r=2	239.7429	159.5297	0
r=3	161.5489	125.6154	**0.0001**
r=4	110.7618	95.75366	0.0031
r=5	63.66455	69.81889	0.1404
r=6	36.48279	47.85613	0.3723
r=7	14.12592	29.79707	0.8335
r=8	5.892104	15.49471	0.7082
r=9	0.172895	3.841466	0.6775

***Nota*:** es a partir del tercer rezago y con un nivel de significancia del 5%, se haya una probabilidad que demuestra la relación a largo plazo de las variables no estacionarias.

Fuente: elaboración propia

- Dado que 494.3002 > 239.2354, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=0).
- Dado que 339.4972 > 197.3709, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=1).
- Dado que 239.7429 > 159.5297, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=2).
- Dado que 161.5489 > 125.6154, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=3).
- Dado que 110.7618 > 95.75366, se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que si existe cointegración (r=4).
- Dado que 63.66455 < 69.81889, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=5).
- Dado que 36.48279 < 47.85613, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=6).
- Dado que 14.12592 < 29.79707, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=7).
- Dado que 5.892104 < 15.49471, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=8).
- Dado que 0.172895 < 3.841466, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe cointegración (r=9).

De la tabla anterior, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola relación cointegrante. Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estas variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo.

Como conclusión, se puede decir que el rezago óptimo para llegar a una cointegración robusta es 3. También se puede inferir que con 5 rezagos existe una relación de largo plazo entre las variables. El resultado refleja lo señalado en el marco teórico, donde se plantea una relación del mismo plazo para la afección de las variables climáticas, ya que la relación entre estas y las variables productivas de rendimiento agrícola son a largo plazo ya que el escenario es repetitivo en el tiempo.

Tabla 21

Test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu.

Variable	P-value	Rezagos	Conclusión
PBI_agrícola	0.0000	1	Se rechaza la H_0
Papa	0.0000	1	Se rechaza la H_0
Arroz	0.0001	1	Se rechaza la H_0
Café	0.0000	1	Se rechaza la H_0
Caña de azúcar	0.0000	2	Se rechaza la H_0
Espárragos	0.0000	2	Se rechaza la H_0
Precip. Acumuladas	0.0147	1	Se rechaza la H_0
Superficie sembrada	0.0000	1	Se rechaza la H_0
Rendimiento agrícola	0.0000	5	Se rechaza la H_0
PBI per cápita	0	0	Programa no puede determinar

Nota: a un nivel de significancia del 5%, la mayoría de variables rechazan la hipótesis nula, por lo cual, se concluye que son procesos estacionarios en el tiempo. Para el caso del PBI per cápita, esta variable cambia anualmente sus resultados, dando mes tras mes el mismo resultado, por lo cual el modelo ya es estacionario teniendo durante cada año el mismo valor.

Fuente: elaboración propia.

En la presente tabla, se analiza el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala en su hipótesis nula que los datos panel tienen raíz unitaria, es decir, son no estacionarios. Utilizando el programa estadístico STATA 16, se realiza la medición concluyendo que las variables presentan modelos panel estacionarios, rechazándose la hipótesis nula. Para el caso de la variable *PBI per cápita*, esta no presenta variaciones mensuales, dada su medición que es anual, por lo cual, se demuestra en otros test (Dickey-Fuller Aumentado y Montecarlo) que cuenta con procesos estacionarios dada la no variación de sus datos de manera mensual.

Tabla 22

Test de Hausmann.

	Coeficientes Fijos	Coeficientes Aleatorios	Diferencia de coeficientes	H_o valor cero de coeficiente estimado
Papa	0.0740997	0.0825129	-0.0084132	Modelo panel aleatorio
Arroz	0.1060153	0.1096652	-0.0036498	Modelo panel aleatorio
Espárrago	0.4205646	0.341935	0.0786296	Modelo panel aleatorio
Caña de Azúcar	0.025097	0.0351993	-0.0101023	Modelo panel aleatorio
Café	0.6980809	0.3690029	0.329078	Modelo panel aleatorio

Nota: con un nivel de significancia de 5%, el test de Hausmann utilizado para el presente modelo concluye que el modelo más óptimo para trabajar las variables es el de efectos aleatorios, con p-value igual a 0.0000.

Fuente: elaboración propia.

En el presente cuadro, se analiza el test de Hausmann realizado a las variables agrícolas del modelo de data panel. Se estiman los modelos efectos fijos y efectos aleatorios y se realiza una comparación entre ambos, dando como resultado la **probabilidad mayor *chi*^{2} de 0.0000**

(menor a 5% de grado de significancia), a 1 grado de libertad, lo cual acepta la hipótesis nula que indica que es un modelo de efectos aleatorios. Se utilizó el programa estadístico STATA 16. Según Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014), la hipótesis nula del test de Hausmann indica que el modelo de efectos aleatorios es el más apropiado para el modelo de datos panel; por otro lado, la hipótesis alternativa señala que el modelo de efectos fijos es el más indicado. Cuando una de estas hipótesis se rechaza es probable que presenten correlación con una o más regresoras[50]

$\boldsymbol{H_0}$: $\boldsymbol{Pchi^2 < 0.05}$, *el modelo de efectos aleatorios es el más indicado para el trabajo de data panel.*

$\boldsymbol{H_1}$: $\boldsymbol{Pchi^2 > 0.05}$, *el modelo de efectos fijos es el más indicado para el trabajo de data panel.*

Análisis de Fronteras Estocásticas

Tabla 23

Relación rendimiento y producción con el impacto del Fenómeno de El Niño en la eficiencia (al 95% de valor de confianza).

	N° observaciones	T-student	Media	Eficiencia (Aprox.)
Papa	144	5.48	0.9461714	**- 6%**
Arroz	144	6.54	0.9506375	**- 5%**
Espárrago	144	6.67	0.9425724	**- 6%**
Caña de Azúcar	144	10.89	0.9462491	**- 6%**
Café	144	4.42	0.9478720	**- 6%**

***Nota*:** el presente cuadro muestra que los cinco productos básicos agrícolas presentan una eficiencia técnica negativa mínima de -5% a una máxima de -6%.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de fronteras estocásticas nos permite analizar el impacto del fenómeno de El Niño sobre el rendimiento y producción de los productos seleccionados, y determinar el nivel de eficiencia perdido por causa del desastre natural. Esta es una manera de determinar cuánto disminuye la eficiencia debido al impacto del desastre natural. Todo el análisis se realiza con el software de análisis econométrico Stata.

Explicando el cuadro anterior, las variables independientes pierden eficiencia entre 5% y 6% aproximadamente debido a la presencia de un ENSO, con datos recogidos entre los años 2017-2019; es decir, los productos agrícolas pierden productividad en su ejercicio económico.

[50] Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014). *Fundamentos de Econometría*. Fondo editorial Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Primera edición, p. 311.

Las variables de productos agrícolas involucradas en la productividad y rendimiento señalan una vinculación significativa en el análisis t-student, siendo superiores a 4, denotan una significancia media y grande según lo señalado en el plan de análisis.

Tabla 24

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de las variables independientes (al 95% de valor de confianza).

	N° observaciones	Probabilidad aleatoria (z)	H_o valor cero de coeficiente estimado
Papa	144	0.599	No se rechaza H_o
Arroz	144	0.067	No se rechaza H_o
Espárrago	144	0.021	Se rechaza H_o
Caña de Azúcar	144	0.004	Se rechaza H_o
Café	144	0.196	No se rechaza H_o

***Nota*:** el presente cuadro detalla el coeficiente estimado de valor cero, el cual indica que se rechaza la **hipótesis** H_o para el espárrago y la caña de azúcar, lo que señala que el impacto del ENSO afectó significativamente la producción de estos productos.

Fuente: elaboración propia.

Respecto al rendimiento del arroz, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, ninguna variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de arroz. **(Ver anexo N° 15)**.

El rendimiento de la papa, Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de la papa. **(Ver anexo N° 15)**.

En el rendimiento del espárrago, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable fenómeno de El Niño resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), pero con signo positivo. Para elegir cuál modelo es más eficiente se realiza el Test de Hausman, el cual tiene por hipótesis nula que el modelo de efectos aleatorios es el más eficiente; sin embargo, luego de múltiples iteraciones el test no arroja resultados, además como resulta el mismo valor para ambos modelos, podemos

concluir que el fenómeno de El Niño tuvo un impacto positivo sobre la producción de espárrago, lo cual no se condice con la realidad. **(Ver anexo N° 15)**.

Respecto al rendimiento de la caña de azúcar, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), y con signo negativo. Por lo tanto, podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de la caña de azúcar. **(Ver anexo N° 15)**.

Por último, el rendimiento del café, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, ninguna variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de café. **(Ver anexo N° 15)**.

Según el cuadro de impacto en el rendimiento de las variables, se cuenta con una relación de resultados similar a la obtenida en Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), en relación a cómo afecta el rendimiento de las variables cuando se les afecta su producción un 1%. En el análisis, se realizan aproximaciones con el uso de FEP, para poder estimar funciones productivas translogarítimicas y Cobb-Douglas con datos que fueron agrupados de los rendimientos obtenidos según las variables independientes entre enero de 2017 y diciembre de 2019.

Como se menciona en el cuerpo de la presente investigación, se estima el modelo mediante una función Cobb-Douglas, con modelo de data panel, halla una ineficiencia operativa entre 0.05 y 0.06 de eficiencia técnica (ET), logrando determinar la ineficiencia productiva de las variables independientes referentes al rendimiento agrícola en las regiones de estudio dentro del periodo de tiempo de análisis. A diferencia del estudio de Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), los autores desarrollan un análisis del sector de cafetero a nivel general sin dejar de lado el tipo de productor, no se analizan las economías de escala ni tampoco la sensibilidad del parámetro de efectividad productiva con la forma funcional especificada.

Con el test de F-estadístico = 0.000748 es menor a 5%, lo que significa que es estadísticamente significativo. **(Ver anexo N° 9: Test de Breusch-Godfrey).**

Se concluye que, con este resultado, las variables regresoras pueden influir la variable regresando por lo que se debería trabajar con un modelo de efectos aleatorios (analizando p-value obtenido).

Discusión

Esta sección da detalle del contraste hecho entre los resultados obtenidos del modelo final y las hipótesis propuestas en la subsección de *hipótesis*, a fin de comprobar si estas fueron rechazadas o no. Asimismo, se detalla el contraste entre los resultados y algunas de las investigaciones revisadas en la subsección *antecedentes*, para ver si existieron hallazgos similares y/o puntos de coincidencia y en la subsección *marco teórico*.

Discusión de antecedentes

Respecto a los antecedentes internacionales, Martín, N. (2016) muestra en su investigación un análisis de series de tiempo relacionada con el PBI variado anualmente en cada país de la región andina y su relación con el impacto del ENSO. Empleando un modelo autoregresivo univariado concluye que Ecuador y el Perú son los países más afectados, donde los sectores más perjudicados son: agropecuario, infraestructura y energía. Esta investigación detalla impactos relacionados y analizados en la presente investigación, donde se visualiza el impacto al sector agrícola y cómo se comporta en las regiones del norte de la costa peruana, siendo las más afectadas.

Avellaneda, J., & García, F., (2014) realizaron una investigación realizada con el impacto del ENSO en la economía colombiana utilizando datos y proyecciones meteorológicas cuya conclusión fue que se mantuvo relativamente estable el precio de alimentos gracias a la gran oferta de estos, mejoras en infraestructura y comercio. En ese sentido, la realidad peruana fue opuesta a lo que se analizó en este antecedente, debido a que si genero un incremento de inflación en el primer trimestre del año 2017 por encima del rango establecido por el BCRP, el cual es entre 1% - 3% de inflación. La disminución de oferta de productos agropecuarios y daños en infraestructura y vías de comunicación ocasionaron esta variación negativa. Es importante entonces que el estado brinde mayor soporte de infraestructura y rutas de comunicación, así como diversificar a otras regiones e incentivar el cultivo de frutas y verduras para una mayor oferta en casos de desabastecimiento.

En el último antecedente internacional, Bonilla, A., Rosales, R., & Maldonado, J. (2003) llevaron a cabo una investigación sobre la predicción del ENSO para el sector azucarero en Colombia. El objetivo fue tratar de pronosticar el impacto en esta industria en particular y gracias a los datos expuestos, se comprueba y beneficio relevante en esta práctica para salvaguardar la industria agrícola. En ese sentido, el Estado Peruano debe fortalecer sus esfuerzos para poder utilizar herramientas disponibles para una predicción lo más certera posible y brindar de información veraz a los productores sobre el ENSO, ya que se ha

comprobado la efectividad del análisis de estos datos y sus resultados para disminuir riesgos de pérdidas millonarias.

Respecto a los antecedentes nacionales, Contreras et al. (2017) realizan un análisis sobre el impacto del ENSO en la economía peruana. Utilizando datos económicos del BCRP y con un modelo VAR, se demuestra el impacto del ENSO en varios sectores de la economía; sin embargo, estos efectos que se ven en un corto plazo en el PBI, se disipan en un año aproximadamente. Esto refleja una relación con la realización de la presente investigación, ya que se evidencia que los efectos ocasionados por el ENSO en la productividad de productos agrícolas se ven recuperados en un lapso de 4 trimestres, gracias a la ayuda de bonos de emergencia que brindó el Estado para poder reactivar la capacidad productiva del sector agrícola.

Por otro lado, Grippa, F. (2015), estudió el impacto del ENSO en la economía peruana en el año 2015. Con el uso de datos y estimaciones realizadas por el comité ENFEN, se proyectó una magnitud fuerte para el ENSO del siguiente año con un impacto en el PBI negativo. En este caso, las predicciones para el crecimiento económico durante el evento del ENSO costero de 2016 – 2017 y la magnitud fuerte de este, ocasionó que las proyecciones de crecimiento del PBI se redujeran hasta en -1.5% de lo que se tenía proyectado previo a este desastre natural. Es importante tomar en cuenta investigaciones que detallan los posibles impactos en la economía ya que permite al Estado preparar políticas pre y post impacto del ENSO, minimizando su repercusión en la economía nacional y sus efectos en productores y variaciones de precios en la canasta básica de alimentos para consumidores.

Por último, Galarza et al. (2012), analizaron el impacto del ENSO a nivel regional, específicamente, para las regiones de Piura, Lambayeque y La Libertad, utilizando datos de los dos últimos acontecimientos del ENSO. Este trabajo guarda gran relación con la presente investigación debido a que se estudia el comportamiento del ENSO en las mismas regiones utilizadas como objeto de estudio. A partir de los resultados en común, es importante brindar de mayor poder de acción ante desastres naturales a las autoridades locales y regionales, ya que se cuenta con data histórica de las pérdidas ocasionada por impactos del ENSO y se deben minimizar sobrecostos por reconstrucción y maximizar beneficios de la mejor manera posible, esto gracias a mayores estudios de prevención de desastres valorando los posibles riesgos que conllevan ciertas localidades de cultivos según cultivos e infraestructura.

Discusión de hipótesis

Respecto a las hipótesis presentadas en la investigación, en primer lugar, luego de corroborar los resultados obtenidos con las hipótesis propuestas, se verificó que las 3 hipótesis alternas (H_1) no se rechazaron. Esto se da gracias a la aplicación del test de Causalidad de Granger, en donde se puede observar que las variables regresoras si afectan a la variable regresando con un rezago óptimo de dos.

En segundo lugar, se pudo comprobar que en relación con el resultado principal esperado (existencia de autocorrelación), este es inexistente a partir de su segundo orden. En su primer orden no se puede saber ya que el DW cae en zona de indecisión mientras que con el test de Breusch-Godfrey existe sospecha de autocorrelación positiva de primer orden.

En tercer lugar, se pudo constatar que todas las variables, tanto independientes como la dependiente, son no estacionarias. Y esto es visualizable gracias a la imputación del test de Dickey-Fuller Aumentado, en donde se puede apreciar que las variables son no estacionarias con un rezago en promedio óptimo de dos.

En cuarto lugar, luego de realizado el test de cointegración para las variables independientes, se pudo comprobar que existe una tendencia marcada hasta el tercer rezago, por lo cual confirma que la hipótesis nula de la relación del ENSO sobre la productividad agrícola de las variables independientes es rechazada. Esto nos lleva también a que existe una relación a largo plazo, lo que indica que las políticas de prevención que tiene el Estado para prevenir riesgos son vitales y relacionada para disminuir su impacto económico en la economía y productividad agrícola en general.

Discusión de marco teórico

La presencia de un ENSO, sea cual fuera su magnitud, tiene un impacto relevante en la economía agrícola, en especial, en las zonas más próximas al escenario de acontecimientos climatológicos y geográficos como lo son las regiones de la costa norte peruana. Los rendimientos productivos de las variables independientes se ven comprometidos según el análisis de la data mediante un enfoque de Fronteras Estocásticas con uso de Data Panel para corroborar la variabilidad de las observaciones estudiadas con el rendimiento agrícola.

El impacto de cada una de las variables explicativas es estadísticamente significativo sobre la variable explicada, ya que, al haber un Fenómeno del Niño, el PBI agrícola tiende a la baja en varios departamentos del país (especialmente en los departamentos del norte debido a su

cercanía con el Ecuador). Se puede visualizar el impacto negativo en la productividad agrícola, que conlleva mayores esfuerzos para lograr recuperar la capacidad ordinaria y brindar ayuda integral a los productores, alentando nuevamente la capacidad productiva y diversificación de cultivos con el apoyo de los gobiernos locales y regionales, quienes juegan un papel importante debido a la cercanía con productores y mejor comunicación.

Como se demuestra en las tablas 1, 3, 5 y 8, específicamente, la profundidad del impacto de un ENSO moderado a fuerte, lo que muestra una recurrencia del fenómeno en el clima del Perú y cómo puede afectar a los sectores de producción y económicos más perturbados y más expuestos como lo son el sector agrícola, pecuario, infraestructura, comunicaciones. La importancia de la prevención es esencial para poder mitigar los mayores riesgos socioeconómicos que puede provocar, así también como la recuperación económica y los planes de reactivación de la economía local para el bien de las familias, comunidades más afectadas y que necesiten no solo del apoyo del gobierno local sino también del central.

La investigación de apoyo en la cual se basa la presente tesis es la de Perdomo, J. & Hueth, D. (2010), la cual muestra una investigación de eficiencia técnica en el sector agrícola (cafetero) para poder tener un margen de análisis respecto a las variables incluidas y expuestas a la producción de café en Colombia según el sector productivo. Esta investigación ayuda a poder visualizar un mejor panorama de los alcances de estas técnicas de investigación y métodos de análisis de las variables para poder obtener el resultado más eficiente según su población participante. Es importante el uso de fronteras estocásticas de producción para poder ver el efecto en la variación de ciertas variables involucradas en la productividad (insumos, climáticas, de producción) para visualizar el cambio de productividad y efectividad técnica en los productos agrícolas finales.

MINAGRI (2017) señala que, durante el suceso del ENSO Costero de 2017, las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad estimaron pérdidas que sobrepasan los S/. 850 millones en el sector agricultura. Más de 32,000 hectáreas tuvieron cultivos afectados, de las cuales, 15,500 hectáreas se declararon completamente en pérdida. Los productos en común denominador que más se vieron afectados por las inundaciones y desbordes de río fueron: arroz, caña de azúcar, algodón, limón y maíz. Debido a la alta pérdida de estos productos agrícolas, los precios de productos de la canasta básica familiar comenzaron a subir; además, en el reporte inflacionario del I Trimestre del BCRP, se registró una inflación superior al 3%, sobrepasando la meta inflacionaria de dicha entidad de regulación monetaria.

El territorio peruano es muy sensible a los cambios climáticos, que suelen generar fenómenos y desastres naturales en diversas zonas del territorio, donde los agricultores se ven afectados no solo por intensas lluvias, sino también por huaycos, heladas, inundaciones por desborde de ríos, entre otros. Este escenario es muy riesgoso sobre todo para los micro y pequeños agricultores, que pueden llegar a perder toda su producción y todo su capital invertido.

Según un estudio respecto al tema de la División de Negocios Empresariales de Pacífico Seguros (2020), más del 50% de deudas morosas en créditos agrícolas son producto de cambios climáticos, afectando gran parte de su producción, así también, como su capital. Si los agricultores contaran con un seguro, este actuaría en estas circunstancias, logrando que puedan afrontar mejor sus deudas. Durante el último ENSO (2017), se perdieron 158,000 hectáreas, calculándose en un valor de US$ 189 millones; sin embargo, si este escenario se repitiera, muchas empresas del sector podrían quebrar. El estudio detalla también las opciones de seguros con las que cuentan los agricultores: seguro comercial, contratado con una aseguradora o con entidades financieras, que tienen una penetración mínima debido a la limitada oferta y poca difusión, y el seguro catastrófico que es subsidiado por el Estado peruano y llega a proteger solo el 20% de la agricultura.

Estas pérdidas ocasionaron un incremento entre 0.9% y 1% en la inflación, según el I Reporte Inflacionario del BCRP (2017), por el aumento de precios de hasta 40% en los alimentos. Según un estudio del BBVA Research (2017), el Índice de Precios al Consumidor (IPC) fue el mayor de los últimos cuatro años, teniendo la inflación mensual más alta de los últimos nueve años. Los productos agrícolas que más se encarecieron fueron: hortalizas, cebolla, tomate y limón; no obstante, en los mercados mayoristas, el precio de la papaya, piña, choclo, papa y limón aumentaron ligeramente. Al término del primer trimestre, la inflación estimada supero el límite establecido por el BCRP (entre 1% y 3%) y fue de 3.1%.

Durante el primer trimestre del año 2017, a raíz del daño superficie agrícola en la costa norte y el incremento de la inflación, algunos productos agrícolas incrementaron su precio. Uno de lo más notorios fue el incremento del precio del limón, subiendo hasta 167% en el Mercado Mayorista de Lima en julio. Durante el mes de abril, el precio del limón al por menor llegó a venderse en S/. 40; por otro lado, en los supermercados de Lima, el precio por kilo superaba los S/. 9, cuando semanas atrás no superaba los S/. 3 (SISAGRI, 2017). Mankiw (2007) indica que, un incremento en el precio, no altera la posición de la curva de demanda, solo se produce un desplazamiento en el punto de equilibrio, incrementándose el precio y disminuyendo la cantidad demandada, solo se realiza desplazamiento de la curva en demás escenarios que no alteren el precio. **(Ver Anexo N° 21)**.

Por otro lado, las exportaciones en una comparativa de enero-octubre de 2016 y 2017, el limón tuvo una caída de -15%, pasando de US$ 27 millones a US$ 23 millones. Para el caso de los espárragos (fresco y en conserva) tuvo una caída de -5%, bajando de US$ 439 millones en 2016 a US$ 417 en 2017. (SISAGRI, 2017).

Este escenario de desastre natural activó los seguros agrícolas comerciales que, a su vez, significan en un incremento en el precio del seguro agrícola. El Departamento de Seguros Agrarios de La Positiva Seguros (2017), realizó un estudio sobre la usabilidad de los seguros agrarios a raíz de los acontecimientos de desastres naturales en los últimos años. El pago por los siniestros ocasionados en el ramo agrícola se incrementó en 281% de setiembre de 2015 a setiembre de 2017, superando de S/. 7.8 millones a cerca de S/. 30 millones. El índice de siniestralidad (pago por los siniestros / primas agrícolas captadas) logró pasar de 25% a 125%. Estos cambios bruscos se deben a la sequía de 2015 en la costa norte y a la presencia del ENSO en 2017 provocaron un mayor costo a las empresas del sector agrario a la hora de adquirir una póliza; aun así, la tasa del seguro agrícola es baja comparada a la de los demás países latinoamericanos, donde la tasa de Perú ronda el 2.8%, mientras los demás países de la región varían entre 5% y 15%.

A raíz del ENSO en la costa norte, los seguros agrícolas han aumentado su demanda en esa región del país, caso contrario sucede en la costa sur donde el riesgo es más bajo frente a este fenómeno; sin embargo, no están exentas de presenciar sequias. Para fines del 2016, se registra una afiliación a 18,645 pólizas en Perú; para el caso chileno, se inició las afiliaciones y en 5 años se obtuvieron 10,000 afiliaciones con subsidio del Estado. Aun así, en Perú, sin subsidio, se ha logrado captar un mayor número de pólizas. Para cierre del año 2017, La Positiva Seguros era la única empresa que ofrecía seguro agrario comercial.

Finalmente, se puede aseverar que el Fenómeno del Niño sí tiene un efecto considerable en el Producto Bruto Interno agrícola en Perú ya que su efecto se siente con mayor intensidad en las regiones del norte del país por su cercanía al Ecuador. Y es en estas regiones donde se da un buen porcentaje de la producción de arroz en el país.

Conclusiones

Esta sección menciona y explica las conclusiones alcanzadas a partir de la discusión de los resultados hechos en la sección anterior y considerar si los objetivos propuestos en la investigación fueron abordados adecuadamente. Asimismo, se detallan otras conclusiones que dejó la propia elaboración de la tesis.

Primero, respecto al objetivo general de la investigación, se buscó determinar el impacto que tiene el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola en el Perú entre los años 2017-2019. Con los resultados obtenidos, se puede indicar que si se pudo determinar el impacto del FEN gracias a los datos históricos respecto a los daños socioeconómicos recogidos por entidades nacionales e internacionales; además, se abordó un ejemplo práctico del incremento de precio de productos, evidentemente agrícolas, como se demuestra en el anexo N° 21 debido a la inflación generada por menor productividad, demanda constante e incremento de costos de producción. Asimismo, el FEN durante el 2017, ocasionó pérdidas por más de 3,100 millones de dólares (CEPAL, 2017). Por otro lado, todas las variables de estudio se vieron afectadas por el impacto del FEN, se pierde eficiencia técnica en los productos agrícolas estudiados y las políticas de prevención y acción del Estado no fueron suficientes para poder disminuir en gran manera las pérdidas ocasionadas.

Segundo, abordando el primer objetivo específico, el impacto del FEN afectó considerablemente a las regiones de la costa norte del Perú. Las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad presentan serias pérdidas socioeconómicas, debido también a su posición geográfica, tomando en cuenta que estas cuatro regiones representan más del 23% de la producción agrícola nacional y que la PEA en el sector agrícola en estas regiones representa más del 20% aprox. en promedio. La producción de arroz concentra un 41.4% de su producción en la costa norte del país, en los departamentos de: Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad. Estas regiones son las más afectadas por acontecimiento del ENSO. Respecto a productos agroindustriales como la caña de azúcar y el algodón son muy afectados debido al incremento de la temperatura y tropicalización que afecta su floración.

Tercero, las consecuencias ocasionadas por el FEN en la producción se pueden observar con la pérdida de eficiencia en la producción por parte de arroz, espárrago, café, caña de azúcar y papa está situada entre 5% - 6% dentro de las regiones estudiadas entre enero de 2017 y diciembre de 2019; lo que indica que, en presencia de un efecto ocasionado por el ENSO, la productividad y el rendimiento agrícola se ven seriamente comprometidos. Para efectos de uso de Fronteras Estocásticas de Producción sobre el rendimiento, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no se puede corroborar el impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de arroz.

Cuarto, en el último objetivo específico sobre determinar si las políticas de prevención del Estado frente al impacto del FEN son las adecuadas para disminuir las pérdidas, se da cuenta

que el Estado carece de políticas efectivas para la prevención de riesgos producidos por el ENSO, ya que las consecuencias en la economía agrícola (la más perjudicada) y demás sectores de la economía se ven seriamente afectados. El acontecimiento del ENSO 2016-2017, según el comité ENFEN (2017), no fue tan drástico comparado al del 1997-1998; sin embargo, el ENSO más reciente tuvo daños casi similares con el anteriormente mencionado. El Estado debe promover una respuesta más integrada con autoridades locales y regionales, ya que estas últimas tienen un alcance y comunicación más rápida con el productor y poder brindarle programas de prevención. Según el análisis de cointegración de las variables independientes, el Estado debe llevar a cabo políticas económicas a largo plazo para asistir la economía agrícola afectada por el ENSO, ya que se cuenta con una tendencia y equilibrio en ese sentido. Esta hipótesis tiene mayor sentido si se sabe que un ENSO de magnitud moderada-fuerte sucede cada 12 – 15 años, brindando tiempo suficiente al Estado para prepararse. Una no acción es una acción.

El ENSO es un acontecimiento natural que afectará al Perú por siempre debido a su ubicación geográfica próxima al océano Pacífico. A diferencia de otros países, el ENSO tiene mayores repercusiones en territorio peruano debido a la cercanía con el clima tropical de la línea ecuatorial y a la intercepción de las corrientes de El Niño con la corriente de Humboldt que proviene del sur, este hecho genera una disrupción en el flujo marítimo, ocasionando que las aguas cálidas de El Niño se mantengan en la superficie y provoca variaciones en el clima.

Históricamente, la costa norte del Perú ha sido siempre la más afectada, debido a la mayor temperatura de los vientos alisios provenientes del Pacífico Sur (Tahití y Australia) y conjuntamente con el incremento de la temperatura de la superficie marítima producto de la temperatura ambiental alta producida por la cercanía a la línea ecuatorial, también conocido como paralelo cero (0°). Es por ello que, las regiones que fueron más afectadas durante el paso del ENSO durante el último periodo de estudio y periodos anteriores fueron las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, que conforman la costa norte del Perú y cuyos daños a hectáreas cultivadas representaron más del 70% del daño total durante el último acontecimiento del ENSO.

Por otro lado, se sabe que la actividad agrícola es muy dependiente de las condiciones climatológicas y lo que estas posibles variaciones conllevan. En la presente investigación se pudo detallar las variaciones en la producción de cultivos dirigidos tanto para el mercado interno como para el mercado externo. Muchos de estos productos, verduras y frutas en general, se perdieron producto de generación de altas precipitaciones, desbordes de ríos, incremento de la temperatura que afecta el ciclo regular de maduración de semillas y frutos,

deslizamientos de tierras y aparición de plagas debido al incremento de su reproducción producto de mayor calor en el ambiente. En este caso, los productos analizados (papa, espárrago, café, caña de azúcar y arroz) no fueron la excepción. Se vio gravemente afectada su oferta, generando desabastecimiento en varios puntos de venta a nivel nacional e incremento el precio en la canasta básica familiar, dañando así también el poder adquisitivo de los consumidores.

Quinto, se concluye que no se puede especificar si hay o no autocorrelación en su primer orden, al aplicar un test más potente se pudo identificar que no existe autocorrelación en las series en su segundo orden.

Sexto, se puede inferir que todas las variables, tanto explicativas como explicada, son no estacionarias con un rezago en promedio óptimo de tres debido a que la producción de estas se ve afectada por fenómenos climatológicos, a partir de 5 rezagos se puede tomar en cuenta una relación a lo largo del tiempo. Especialmente ante la presencia de un Fenómeno del Niño.

En séptimo lugar, se puede deducir que todas las variables regresoras si explican a la variable regresando debido a que, a lo largo del período analizado, estas influyeron estadísticamente (unas más que otras) sobre el PBI agrícola del Perú.

En la misma línea, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable Fenómeno de El Niño resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), pero con signo positivo. Para elegir cuál modelo es más eficiente se realiza el Test de Hausman, el cual tiene por hipótesis nula que el modelo de efectos aleatorios es el más eficiente; después del análisis de data panel a las variables agrícolas, se obtiene un resultado de la probabilidad mayor chi^2 de 0.0000 (con un grado de significancia de 5%), con 1 grado de libertad, lo cual señala que el modelo panel es de efectos aleatorios. Por otro lado, puede concluir que el Fenómeno de El Niño tuvo un impacto positivo sobre el rendimiento del espárrago, lo cual no se condice con la realidad.

Respecto al planteamiento de la discusión de hipótesis, con la realización de tests como: Granger, DW, Breusch-Godfrey, Dickey-Fuller aumentado, entre otros. Se verificó que las 3 hipótesis alternas (H_1) no se rechazaron. Esto se da gracias a la aplicación del test de Causalidad de Granger, en donde se puede observar que las variables regresoras si afectan a la variable regresando con un rezago óptimo de dos.

También, siguiendo con la discusión de las hipótesis, se pudo constatar que todas las variables, tanto independientes como la dependiente, son no estacionarias. Y esto es visualizable gracias a la imputación del test de Dickey-Fuller Aumentado, en donde se puede apreciar que las variables son no estacionarias con un rezago en promedio óptimo de dos. Por otro lado, utilizando la simulación de Monte Carlo, se utilizó este método para pasar las variables de estudio a estacionarias, utilizando 100 simulaciones por variable.

En otra discusión de las hipótesis, después de realizar el test de cointegración para las variables independientes, se pudo comprobar que existe una tendencia marcada hasta el tercer rezago, por lo cual se puede decir que la hipótesis nula (H_0) de la relación del ENSO sobre la productividad agrícola de las variables independientes es rechazada. Existe una relación a largo plazo, lo que indica que las políticas de prevención que tiene el Estado para prevenir riesgos son vitales y relacionada para disminuir su impacto económico en la economía y productividad agrícola en general. Estas variables pueden verse afectadas y sus consecuencias con las acciones que los gobiernos locales y regionales puedan llevar a cabo para disminuir pérdidas y disminución de la eficiencia técnica de producción agrícola.

Seguidamente, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, ninguna variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no se puede corroborar el impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento del café.

De igual forma, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no se puede corroborar el impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de la papa.

Por otro lado, se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), y con signo negativo. Por lo tanto, se puede corroborar el impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de la caña de azúcar.

Por otro lado, se llega a corregir la no estacionariedad de las variables mediante el test de Dickey-Fuller Aumentado. En esta prueba, plantea una hipótesis nula que señala si el P-value

es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula. Al agregar una constante (c) y un rezago, se logra remover la no estacionariedad.

Habiendo realizado la prueba de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu para modelos de data panel, el cual tiene como hipótesis nula que los datos panel presentan raíz unitaria (modelo no estacionario), se obtiene en las variables analizadas del modelo un resultado menor a un p-value de 0.05 (a un nivel de significancia de 5%) y derivados de diferentes análisis de rezagos utilizados, se rechaza la hipótesis nula; por lo cual, se concluye que los modelos panel son estacionarios.

Con el test de Probabilidad de Fisher igual a 0.000748, proveniente del test de Breusch-Godfrey, es menor a 5%, significa que es estadísticamente significativo. Se puede concluir que las variables regresoras pueden influir la variable regresando por lo que se debería trabajar con un modelo de efectos aleatorios. Adicionalmente, utilizando el test de Wald, el test F de Fisher brinda un p-value igual a 0%, a un nivel de significancia de 5%, en el cual la hipótesis nula señala que al tener p-value menor a 0.05, las variables independientes son significantes bajo un modelo de efectos aleatorios y se concluye que el modelo puede trabajar bajo efectos aleatorios. Según Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014), los determinantes de este modelo son más eficientes en comparación al modelo de efectos fijos.

Recomendaciones

Esta sección da detalle de las principales sugerencias que se dieron a los hacedores de política nacionales, académicos y científicos, sobre los resultados obtenidos y las conclusiones hechas en la tesis. Además, se realizan algunas introspecciones sobre los desafíos y tareas pendientes dentro del análisis económico de la producción agrícola del Perú.

Primero, el principal hallazgo encontrado aquí (la evidencia de Causalidad entre el PBI agrícola del Perú y sus determinantes macroeconómicos) es de suma importancia para los académicos y científicos peruanos ya que abrió una puerta al hecho de que la producción agrícola en el Perú continúe siendo analizado desde un enfoque macroeconómico.

En segundo lugar, el hallazgo de que las variables regresoras son no estacionarias, esto demostrado gracias al test de Dickey-Fuller aumentado, permite detectar y corregir la no estacionariedad (raíz unitaria), con lo que se pueden planificar proyectos que permitan hacer de estas variables más estables a lo largo del tiempo, incluso bajo efectos de fenómenos

climatológicos fuertes, ya que se estima que para el año 2050 habrán 9 mil millones de personas en el mundo[51], en contraste el espacio disponible para más agricultura es cada vez más reducido debido a diversos factores como la contaminación, erosión, sequías constantes, etc. Lo que obligara al gobierno peruano a plantearse soluciones a largo plazo para que el Fenómeno del Niño no afecte considerablemente al sector agrícola nacional (especialmente con una población en constante crecimiento).

Para el caso peruano, es una condición crítica debido al impacto que genera y seguirá generando este fenómeno en las costas y otras regiones del país. Es preocupante la carencia de estrategias de prevención y análisis del impacto que genera El Niño que propicia mayores pérdidas en los sectores económicos ya mencionados. Perú debe unir y realizar mayores esfuerzos junto a estaciones de monitoreo en el océano Pacífico, aportando con más boyas científicas que permitan una medición de mayor área y precisión de la temperatura del mar, así también como la velocidad y temperatura del viento. Actualmente existen 70 boyas ATLAS, las cuales no pueden brindar datos de la zona de generación e impacto inicial del fenómeno debido al vasto tamaño del océano.

Dado que los desastres naturales no se pueden evitar del todo, si se puede minimizar los riesgos y pérdidas, o en todo caso, brindar mecanismos de apoyo a los agricultores afectados. El primer mecanismo es que el Estado asista con bonos de emergencia disponibles en estos casos de desastres naturales, que se distribuyen según la cantidad de hectáreas afectadas. En este caso, se propone una asistencia integral de dinero y orientación al agricultor para poder brindar información de cómo poder cultivar inteligentemente y poder brindar de datos meteorológicos para un mayor seguimiento del desenvolvimiento del ENSO. El segundo mecanismo es brindar apoyo crediticio a los agricultores mediante el apoyo del Estado y el Banco Agrario, otorgando préstamos con la tasa de interés más baja, con el fin de no sobre endeudar a los productores; sin embargo, otra opción es la facilidad para la reprogramación de deudas existentes a tasa cero o permitir un fácil acceso a la compra de deuda. Un tercer mecanismo importante es una extensión del Seguro Agrario Catastrófico, especialmente, en zonas más propensas a desastres climatológicos.

Es necesario que el Estado no solo apoye a los agricultores y sus hectáreas de cultivo afectadas, sino también la infraestructura misma envuelta en la producción de sembríos como bocatomas, canales de regadío, caminos y puentes de acceso a ellos. Es importante brindar

[51] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en inglés). http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf

apoyo económico para la adquisición de maquinaria agrícola, maquinaria para riego por goteo, etc. Siguiendo la buena acción del gobierno colombiano, el Perú tiene la posibilidad de instalar pequeños observatorios meteorológicos en zonas rurales donde se encuentra la mayor cantidad de población agrícola, con el fin de informar adecuadamente de las condiciones climáticas que permitan un adecuado uso de las tierras acompañadas de futuras variaciones climatológicas favorables.

Otra recomendación es la creación de una comisión de alto nivel para la respuesta rápida y certera ante desastres naturales, con el fin de reactivar de manera eficaz y eficiente las actividades agropecuarias. Esta comisión debe estar conformada por los titulares del Ministerio de Agricultura y Riego, Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Salud y Ministerio de Transporte y Comunicaciones; así mismo, deben estar acompañados por los gobernadores regionales, municipales y los gremios de productores agropecuarios. Estas instituciones pueden garantizar una comunicación ágil para la toma de decisiones sin retrasos.

En diciembre de 2019, se publicó una investigación en Academia Nacional de Procedimientos Científicos (PNAS, en inglés) realizada en conjunto por científicos del Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático, Universidad Normal de Beijing y la Justus-Liebig-Universitat Giessen respecto a la teoría de la complejidad para predecir de mejor manera eventos climatológicos aparentemente aleatorios. Dada su eventualidad, el Fenómeno de El Niño se puede pronosticar con hasta 6 meses de anticipación; sin embargo, los científicos descubrieron nuevas metodologías de predicción razonablemente precisas que permitirían una predicción del suceso meteorológico con hasta 1 año de anticipación. Para realizar este análisis, la metodología usada fue dividir la parte oriental del océano Pacífico en celdas cuadradas, lo que permite una mejor comparación de la temperatura del mar en cada celda con otras cercanas y más distantes. Esta división permite una mejor medición en el grado de desorden en datos de temperatura recogidas en dichas celdas y, después de años de análisis continuo, se detectó un patrón. Este patrón permite detectar los años con mayor desorden en términos climatológicos, lo que permitiría entonces predecir un Fenómeno de El Niño al año siguiente. Se recogieron datos anuales desde 1984 hasta el 2018, donde los resultados fueron prometedores: se predijo correctamente 9 de cada 10 fenómenos El Niño, con tres falsos positivos. Adicionalmente, también se halló que, si las variaciones eran mayores el año anterior, el siguiente fenómeno presentaría una mayor magnitud en su impacto[52].

[52] Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). https://www.pnas.org/content/117/1/177#sec-2

El estudio de la División de Negocios Empresariales de Pacífico Seguros (2020), comentado anteriormente, señala que el segmento de seguros agrarios viene teniendo una penetración comercial muy baja, a pesar de ser un sector de alto riesgo dada las condiciones climatológicas adversas que se pueden ocasionar. Los agricultores necesitan una protección especial y debe ser la oportunidad para que estas empresas aseguradoras, a través de bancos y otras entidades financieras, puedan atender esta demanda poco tomada en serio para poder colocar productos e impulsen la cobertura de sus seguros en el sector. Perú debe tener una oferta de seguros agropecuarios muy extensa y bien atendida debido al alto riesgo, esta cobertura si se puede ver en países como México, Guatemala, Colombia, Honduras, donde la colocación de estos seguros con respaldo de grupos financieros privados, atiende una creciente demanda por seguros de protección contra desastres naturales.

El Estado y la empresa privada deben también impulsar el crédito agrario con un mejor seguro del que dan entidades como Agrobanco. No solo se debe cubrir la muerte de las plantaciones, sino también contar con una cobertura garantizada en el rendimiento de cultivos, pudiendo tener una mejor diversificación productiva. Como se había señalado anteriormente, se debe contar también con información oportunidad y precisa sobre el clima, lo que permita a los agricultores tomar mejores decisiones al momento de empezar su siembra; es por ello que, se debe también incluir en la oferta de seguros un sistema de información de clase mundial para que puedan brindarles esta información climatológica de manera rápida y entendible. Gracias a ello, se podría satisfacer de mejor manera y, después de un desastre natural, poder satisfacer de mejor y rápidamente la demanda interna y agro exportación.

El Estado, mediante los gobiernos regionales y los ministerios de Economía y Finanzas y el ministerio de Agricultura y Riego, deben promover un bono de emergencia de S/. 1,000 por hectárea afectada y de manera inmediata. Así también, el Estado debe coordinar con las empresas financieras como bancos y cajas municipales que brindan créditos a los agricultores y les permita reestructurar su deuda de una manera adecuada y que no afecte en corto plazo el bienestar económico del agricultor. Otro mecanismo de gestión de prevención y acción durante la catástrofe es expandir el Seguro Agrario Catastrófico a zonas de emergencia climáticas.

Este último análisis realizado puede brindar una mayor oportunidad a los países afectados, sobre todo para el Perú al ser el país más afectado, para poder crear acciones de prevención y mitigación de pérdidas materiales y humanas. Es recomendable realizar trabajos en cooperación con autoridades y científicos de otros países para poder realizar políticas de acción en conjunto, mayor inversión a investigaciones para poder tener resultados más

rápidos y precisos que permitan una mayor presencia del Estado central, autoridades regionales y locales, así mismo, generar mayor conciencia en la población más vulnerable y empresas de los rubros afectados.

Finalmente, se puede afirmar que hay mucho trabajo por hacer por parte del estado peruano y también por parte de la población para que el Fenómeno del Niño no tenga un efecto devastador en un sector tan relevante como lo es el agrícola ya que este no solo es el sustento para muchas familias en el norte del país, sino también porque es parte importante de la cadena de abastecimiento de alimentos del país y fuente de ingresos de exportación. Y se espera que su importancia evolucione aún más en camino al bicentenario y hacia el año 2050 (año de grandes desafíos).

Bibliografía

Adams, R., Chen, C., McCarl, B. & Weiher, R., (1999). *The Economic Consequences of ENSO Events for Agriculture*. Climate Research. Volume 13, p. 165-172.

Aigner, D., Lovell, C. A. K. & Schmidt, P. (1977). *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models*. Journal of Econometrics. Volume 6, Issue 1, p. 21-37.

Anderson, DR., David R., Dennis, J., Sweeney, DJ., Thomas, A. & Williams, TA., (2020). *Estadística para administración y economía* (Décima edición). Cengage Learning

Avellaneda, J., & García, F., (2014). *Una nota sobre los efectos en la economía del Fenómeno de El Niño*. BBVA Research. Observatorio económico de Colombia.

Banco Central de Reserva del Perú, (2015). *Informes de coyuntura y estadísticas regionales*, marzo 2015.

Banco Central de Reserva del Perú, (2015). Reporte de Inflación, mayo 2015. *Panorama Actual y Proyecciones Macroeconómicas 2015-2017.*

Banco Central de Reserva del Perú, (2015). Reporte de Inflación, enero 2015. *Panorama Actual y Proyecciones Macroeconómicas 2014-2016.*

Bonilla A., Rosales, R. & Maldonado J., (2003). *El valor económico de la predicción del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en el sector azucarero*.

Chen, D., Cane, M. & Zebiak, S., (1999). *The Impact of NSCAT winds on predicting the 1997/1998 El Niño: A case study with the Lamont-Doherty Earth Observatory model.* Journal of Geophysical Research, Oceans. Volume 104, Issue C5, p. 11321-11327.

Chen, C., McCarl, B. & Adams, R., (2001). *Economic Implications of Potencial ENSO Frequency and Strength Shifts.* Climatic Change 49, p. 147-159.

Comité Multisectorial del Fenómeno de El Niño, ENFEN. (2015). *Informe técnico ENFEN*, mayo 2015.

Contreras, A., Martínez, F., Regalado, F. & Vásquez, K., (2017). *Impacto del Fenómeno de El Niño a la Economía Peruana. Asociación Peruana de Economía*.

Costello, J., Adams, R., & Polasky, S., (1998). *The Value of El Niño Forecasts in the Management of Salmon: A Stochastic Dynamic Assessment.* American Journal of Agriculture. Volume 80, p. 765-777.

Faulín, J. & Juan, ÁA., (2005). *Simulación con Monte Carlo con Microsoft Excel.* Biblioteca de Ciencia y Técnica Administrativa. Buenos Aires, V. 5, N° 1, ISSN 1666-1680.

Galarza, F. & Kámiche, J., (2012). *Impactos del Fenómeno de El Niño (FEN) en la economía regional de Piura, Lambayeque y La Libertad*. Informe Final.

Gálvez, V., (2015). *El Niño de la Discordia*. Instituto Peruano de Economía.

Greene, W., (1990). *A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model*. Journal of Econometrics. Volume 46, Issues 1-2, p. 141-163.

Greene, W., (1998). *Sample selection in credit-scoring models*. Department of Economics, Stern School of Business, New York University.

Grippa, F., (2015). *Recortamos previsión de crecimiento económico para 2016 a 2.8% por un niño más intenso*. BBVA Research. Observatorio Económico de Perú.

Gujarati, D. N., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México, D. F.: McGraw-Hill.

Hansen, J., Hodges, A. & Jones J., (1997). *ENSO Influences on Agriculture in the Southeastern United States*. University of Florida. Journal of Climate. Volume 11.

Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, CV., Gutiérrez EL. & Ramos, W., (2016). *Fenómeno El Niño y Desastres Naturales: Intervenciones en Salud Pública para la Preparación y Respuesta*. Instituto Nacional de Salud del Perú. Centro Nacional de Salud Pública.

Jondrow, J., Lovell, C. A. K., Materov, I. & Schmidt P. (1982). *On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model*. Journal of Econometrics

Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014). *Fundamentos de Econometría*. Fondo editorial Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.

Marquaridt, D. W. (1970). *Generalized Inverses, Ridge Regression, Biased Linear Estimation, and Nonlinear Estimation*. Technometrics, 591-612.

Martín, L., (2017). *¡Es Niño! Impacto económico en la Región Andina*. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Países del Grupo Andino.

Meerhoff, G., (2008). *Análisis de los impactos causados por el Fenómeno Meteorológico El Niño 1997-1998 a Escala Regional y Por Países*. Informe de pasantía PHI-LAC. Unesco.

Ministerio de Agricultura y Riego, (2012). *Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario* –Período 2012-2021-PLANGRACC-A.

Pabón, J. & Torres, G., (2007). *Impacto socioeconómico de los Fenómenos El Niño y la Niña en la sabana de Bogotá durante el siglo XX*.

Perdomo, J. & Hueth, D., (2010). *Funciones de producción y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica*. Universidad de los Andes. Facultad de Economía. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE), 2010-21.

Perdomo, J. & Mendieta, J. (2008). *Fundamentos de Economía del Transporte: Teoría, Metodología y Análisis de Política (Fundaments of Transportations Economics: Theory and Applications).* Ediciones Uniandes.

Pindyck, R. & Rubinfeld, D., (2001). *Microeconomía*. (5ta edición). Prentice Hall

Romero, G. & Rivero, JC., (2017). *Resiliencia Organizacional: Estudio de Caso del Sector Agricultura y Riego a partir del Fenómeno El Niño 2015-2016*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento Académico de Ciencias de la Gestión. Serie de Ciencias de la Gestión #4.

Santa Cruz, J., (2014). *Fenómeno de El Niño: Es mejor prevenir, antes que lamentar*.

Solow, A. et al., (1998). *The Value of Improved ENSO Prediction to U.S. Agriculture.* Climate Change 39, p. 47-60.

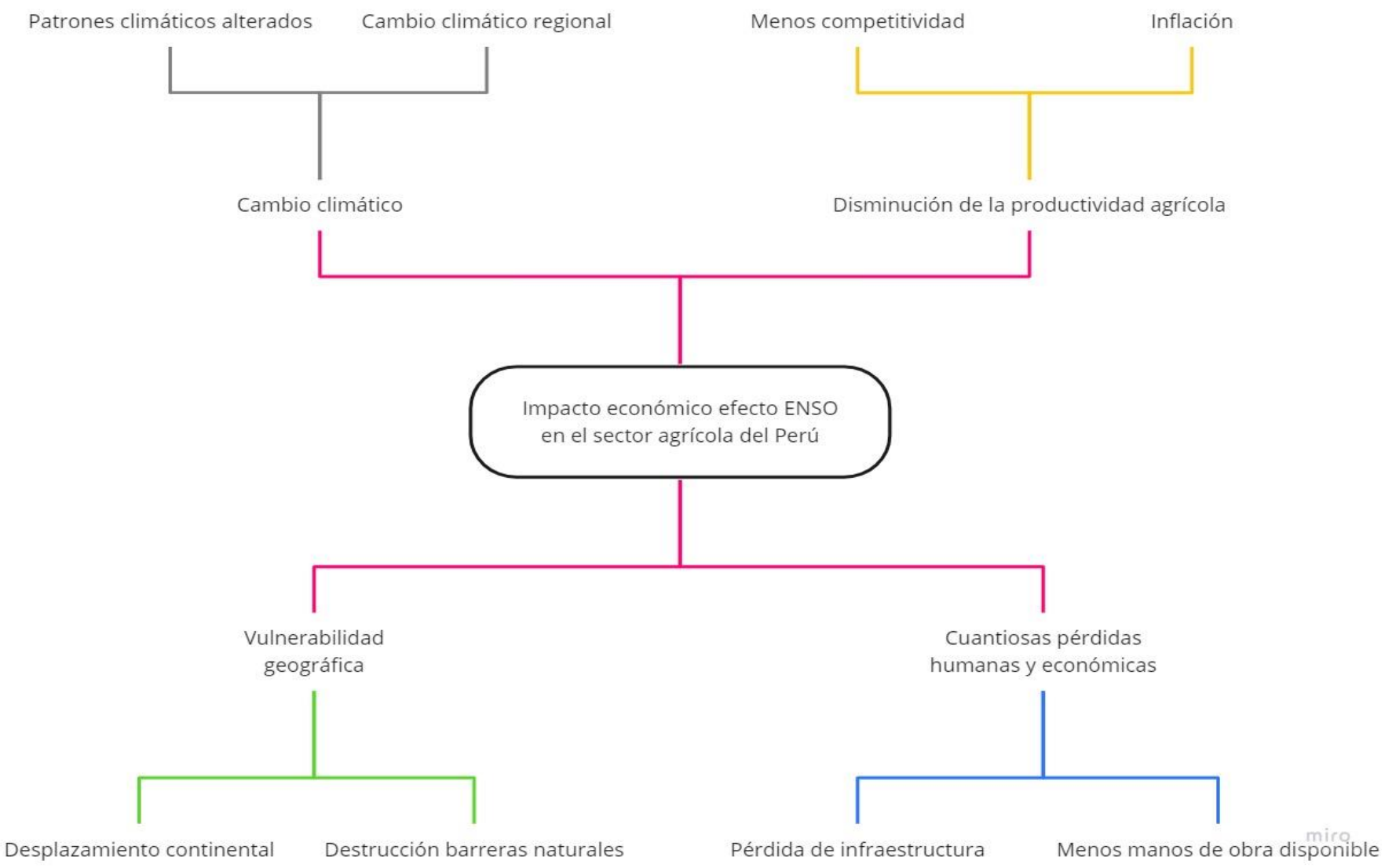
Stock, J. & Watson, M., (2012). *Introducción a la Econometría* (3era edición), Pearson Educación

Vadillo, F., (2005). *¿Es El Niño un fenómeno predecible?* Revista Sigma.

Wooldridge, J., (2008). *Introducción a la econometría*. Un enfoque moderno (4ª edición). Mason (OH). Cengage Learning.

Capítulo V: Anexos

Anexo N° 1: Mapa mental del Impacto Económico de El Fenómeno de El Niño en el sector agrícola del Perú



Fuente: elaboración propia.

Anexo N° 2: Matriz de consistencia de la tesis

Tabla 25

Matriz de consistencia de la tesis – Parte 1.

Tipo	Problemas	Objetivos
Principal	¿Qué relación existe entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019?	Determinar el impacto que tiene el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.
Específico 1	¿Cuál fue el impacto del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019?	Determinar el impacto del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019.
Específico 2	¿Cómo afectó la ocurrencia del Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y la superficie agrícola en regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019?	Detallar las consecuencias ocasionadas por el Fenómeno de El Niño en la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.
Específico 3	¿Qué políticas de prevención contra desastres naturales cuenta el Perú para poder minimizar el impacto del Fenómeno de El Niño para las regiones más vulnerables de la costa norte del país?	Precisar políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú para el caso determinado como el Fenómeno de El Niño en la costa norte del país son las adecuadas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Matriz de consistencia de la tesis – Parte 2.

Tipo	Hipótesis
Principal	H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019. H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.
Específico 1	H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019. H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad entre los años 2017-2019.
Específico 2	H_0: No existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019. H_1: Existió una relación significativa entre el Fenómeno de El Niño y la productividad agrícola de la papa, café, caña de azúcar, arroz, espárrago y en la superficie agrícola en las regiones de la costa norte del Perú entre los años 2017-2019.
Específico 3	H_0: No existió una relación significativa entre la disminución del impacto del Fenómeno de El Niño y políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú. H_1: Existió una relación significativa entre la disminución del impacto del Fenómeno de El Niño y políticas de prevención contra desastres naturales con las que cuenta el Perú.

Fuente: Elaboración propia.

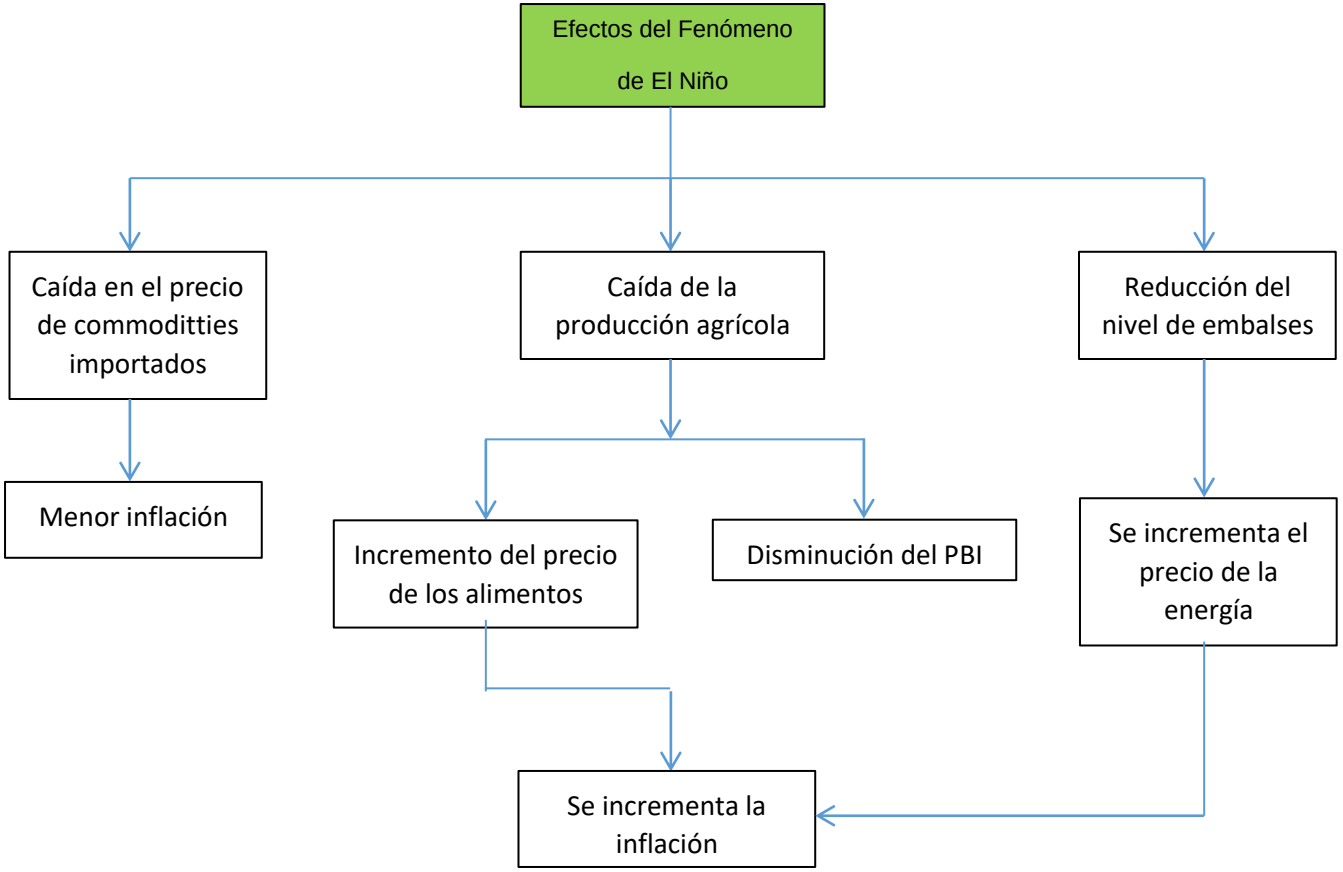
Tabla 27

Matriz de consistencia de la tesis – Parte 3.

Tipo	Variables de la hipótesis	Indicadores de la hipótesis	Justificación de la tesis	Metodología de la tesis
Principal	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA. ● **Independientes:** PAPA, CAFÉ, CAÑA_AZUCAR, ARROZ, ESPÁRRAGO, PBI per cápita, Precipitaciones acumuladas, Superficie agrícola.	● Estadísticos de *test* de cointegración de Granger. ● Mínimos cuadrados ordinarios (FEP) entre todas las variables.	● Escazas fuentes literarias (nacionales e internacionales) sobre impacto económico de El Fenómeno de El Niño en el sector agrícola de ciertas variables en lugares determinados. ● Gran interés en los autores por averiguar los determinantes involucrados. Adicionalmente, se interesaron por la poca respuesta de las autoridades locales y centrales en temas de prevención de desastres y políticas de reconstrucción. **Principal limitación y beneficio de la investigación:** ● **Limitación:** poca disponibilidad de antecedentes nacionales e internacionales basada en la periodicidad de ocurrencia de este fenómeno natural. ● **Beneficio:** despertar mayor interés por investigaciones de economía aplicada a otros sectores del gobierno y desarrollar políticas de prevención de desastres.	**Muestra:** Conjunto de variables macroeconómicas presentes en la economía de Perú. Estas variables tuvieron una frecuencia mensual y fueron consideradas para el periodo: Primer mes de 2017 al último mes de 2019. **Tipo de investigación:** Cuantitativa. **Diseño de investigación:** No experimental (descriptivo correlacional). **Plan a seguir:** ● Recolección de datos. ● Aplicación de *tests* econométricos a las variables analizadas y tratamientos a ellas. ● Estimación del modelo *FEP* con las variables no estacionarias y cointegradas. ● Comprobación de validez de existencia en quiebres estructurales del modelo mediante la aplicación de *tests* econométricos al modelo de estimación.
Específico 1	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA. ● **Independientes:** PAPA.	● Función impulso – por PAPA y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 2	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA ● **Independientes:** CAFÉ.	● Función impulso – por CAFÉ y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 3	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA. ● **Independientes:** CANA_AZUCAR.	● Función impulso – por CAÑA_AZUCAR y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 4	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA. ● **Independientes:** ARROZ.	● Función impulso – por ARROZ y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 5	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA. ● **Independientes:** ESPÁRRAGO.	● Función impulso – por ESPÁRAGO y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 6	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA ● **Independiente:** PBI per cápita	● Función impulso – por PBI per cápita y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 7	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA ● **Independiente:** PRECIPITACIONES ACUMULADAS	● Función impulso – por Precipitaciones acumuladas y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 8	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA ● **Independiente:** SUPERFICIE AGRÍCOLA	● Función impulso – por Superficie agrícola y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		
Específico 9	● **Dependiente:** PBI_AGRICOLA ● **Independiente:** RENDIMIENTO PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	● Función impulso – por Rendimiento productivo agrícola y la respuesta fue PBI_AGRICOLA.		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico Nº 1: Canales de transmisión del Fenómeno de El Niño en la economía



Fuente: BBVA Research, 2015. Elaboración propia.

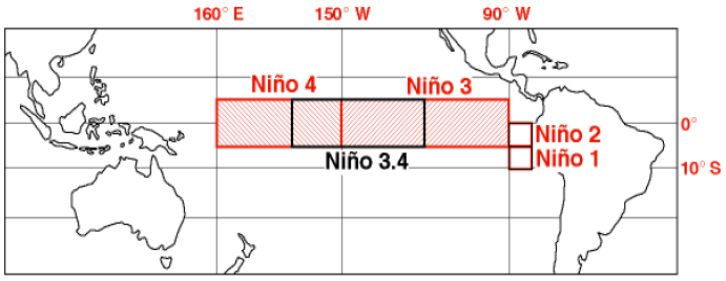
Anexo N° 3: Datos de las variables finales

El nombre y unidad de medida de las variables finales fueron los siguientes.

1) PBI_AGRICOLA: Producto bruto interno y demanda interna agrícola. Esta variable se mide en millones de soles.
2) ESPÁRRAGO: Producción agrícola de espárragos. Esta variable se mide en miles de toneladas.
3) CANA_AZUCAR: Producción agrícola de caña de azúcar. Esta variable se mide en miles de toneladas.
4) PAPA: Producción agrícola de papa. Esta variable se mide en miles de toneladas.
5) ARROZ: Producción agrícola de arroz. Esta variable se mide en miles de toneladas.
6) CAFÉ: Producción agrícola de café. Esta variable se mide en miles de toneladas.
7) PBI PER CÁPITA: Producto Bruto Interno por poblador. Esta variable se mide en porcentaje del PBI.
8) PRECIPITACIONES ACUMULADAS: Nivel de lluvias acumuladas. Esta variable se mide por milímetros.
9) SUPERFICIE AGRÍCOLA: Terreno destinado para producción agrícola. Esta variable se mide por hectáreas.
10) RENDIMIENTO PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA: Rendimiento productivo de los productos agrícolas. Esta variable se mide por toneladas.

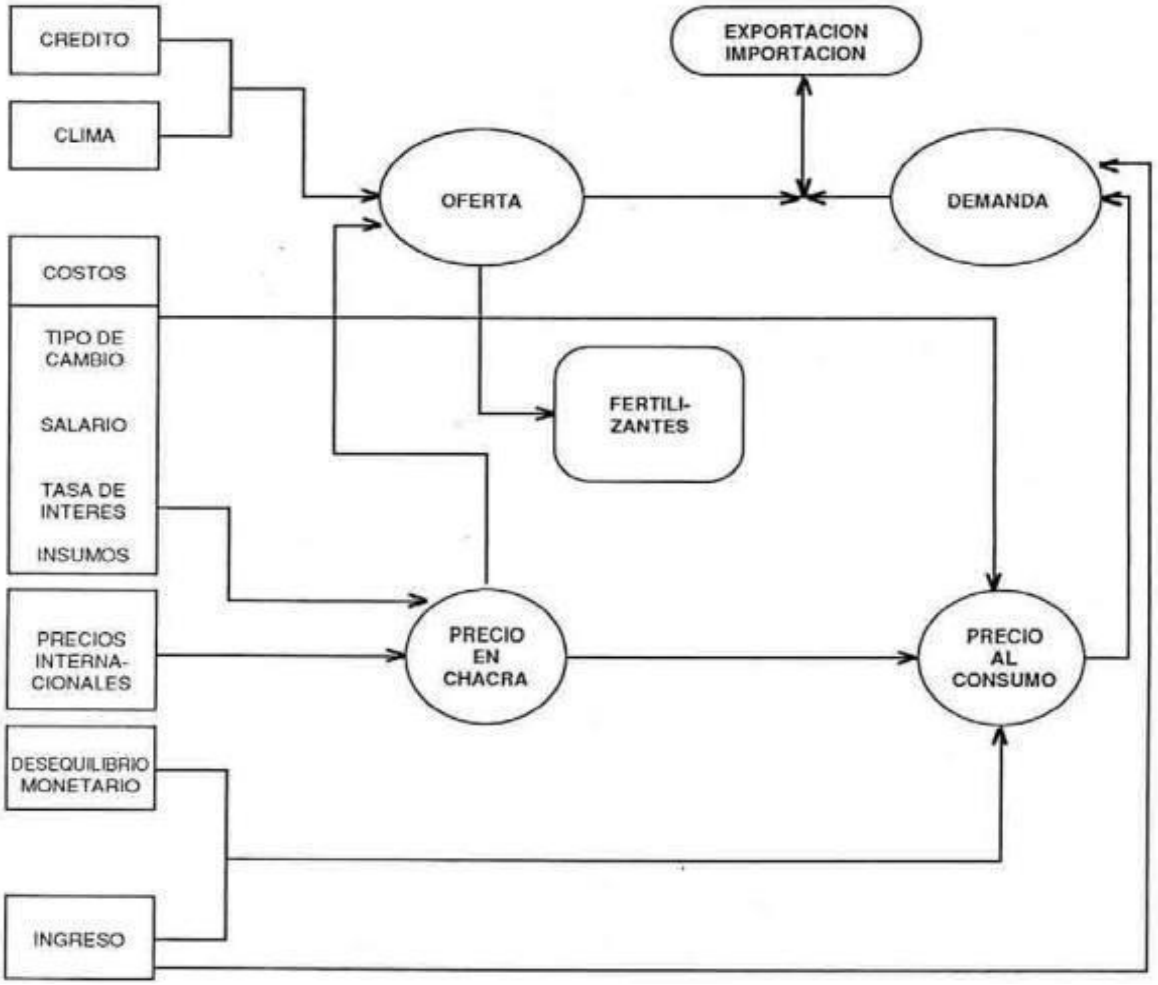
Una descripción más detallada de las variables se encuentra en la sección “Variables”.

Gráfico N° 2: zonas de ocurrencia del Fenómeno de El Niño



Fuente: NOAA, 1992.

Gráfico Nº 3: ciclo económico del sector agrícola



Fuente: Briceño, 1991.

Tabla 28

Datos de las variables finales – Parte 1.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
Ene-17	La Libertad	8783.784	1625	0	12433.3	0	5.74	107898.5	409193.3	17426.58	26819.5	0
Feb-17	La Libertad	9580.902	3612	0	16361.6	0	14.3	114328.6	320408.1	19014.08	40785.2	1
Mar-17	La Libertad	9503.693	3345.3	0	14455.27	0	16.629	105102.8	101343.3	19398.94	67566.5	1
Abr-17	La Libertad	10408.93	5943.5	0	13539.9	0	39.19	123272.6	228944.2	18967.89	70883	1
May-17	La Libertad	7137.509	49056.1	0	12474.08	0	49.689	145423.2	258142.2	19512.16	67238.9	0
Jun-17	La Libertad	6254.83	133196.6	0	12031.62	0	35.47	130378.2	259915.4	19780.82	50540	0
Jul-17	La Libertad	5752.626	10078.6	0	10860.35	0	46.4	160120.3	448726	20785.59	23508.5	0
Ago-17	La Libertad	0	0	0	10942.5	0	19.579	146003.9	511434.2	21068.35	5857	0
Set-17	La Libertad	0	0	0	13198.3	0	0.12	137499.3	461044.7	21118.37	10348	0
Oct-17	La Libertad	0	0	0	14641.1	0	0	141294	464559	20233.09	19140.5	0
Nov-17	La Libertad	0	0	0	16563.84	0	0	130274	509177.1	20030.55	39079.6	0
Dic-17	La Libertad	6875	137.5	0	13598.7	0	0	123864.3	500245.7	20656.22	44865.3	0
Ene-18	La Libertad	6838.028	971	0	10195.5	0	5.8	114177.5	393523.7	21173.68	20115	0
Feb-18	La Libertad	10584.47	5451	0	13264.9	0	13.7	116100	265699.4	18696.78	41768.6	0
Mar-18	La Libertad	10909.73	19337.5	0	11705.1	0	16.34	105076.2	341492.4	19383.49	68569.1	0
Abr-18	La Libertad	12039.57	143018	0	11663.6	0	39.17	129162.5	301593.1	19530.47	74801.7	0
May-18	La Libertad	11841.17	167836.8	0	10549.8	0	49.73	139829.4	319581.5	19898.92	73725.5	0
Jun-18	La Libertad	11291.24	50167	0	10098.4	0	33.6	141529.7	384850.5	20147.13	68359.2	0
Jul-18	La Libertad	7713.043	532.2	0	9055.85	0	47.66	145605.4	399437.2	20407.62	27305.4	0
Ago-18	La Libertad	7753.333	232.6	0	9681.8	0	18.859	152079.8	430376.8	20278.26	8253.25	0
Set-18	La Libertad	0	0	0	11129.5	0	0.13	151962.7	429452.7	20904.14	11121	0
Oct-18	La Libertad	0	0	0	12038.35	0	0	146429.1	476711.8	20939.87	22636	0
Nov-18	La Libertad	0	0	0	13588.35	0	0	153812.1	539178.9	22303.61	37024	0
Dic-18	La Libertad	0	0	0	11228.5	0	0	143891.4	513614.8	21876.38	42844.9	0
Ene-19	La Libertad	10500	1008	0	10649.1	0	6.1	137552.4	457188.3	20926.96	17850.7	0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Tabla 29

Datos de las variables finales – Parte 2.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
Feb-19	La Libertad	11712.51	9411	0	13779	0	14.15	128004.6	435803.3	18750.78	35504.6	0
Mar-19	La Libertad	12672.8	84413.5	0	12087.4	0	16.619	136476.8	515622.9	20102.88	71867.8	0
Abr-19	La Libertad	9504.948	157516	0	12296.9	0	39.18	130527.8	331126.8	20366.03	89437.4	0
May-19	La Libertad	9066.683	71926	0	10480.5	0	48.148	140875.5	328198.9	21499.25	97929.08	0
Jun-19	La Libertad	8081.095	3248.6	0	10225.9	0	33.68	187023.4	298046.1	21229.55	83612.6	0
Jul-19	La Libertad	8537.5	683	0	9306	0	48.64	158779.4	508719.6	20720.9	35101.2	0
Ago-19	La Libertad	8310.345	241	0	10078	0	19.79	154653.9	549979.2	20928.4	8915.5	0
Set-19	La Libertad	0	0	0	11504.65	0	0.1	152943.5	532913.3	21131.74	12383.2	0
Oct-19	La Libertad	0	0	0	12387.1	0	0	142163.1	545678.8	22316.68	20464.4	0
Nov-19	La Libertad	0	0	0	13811.4	0	0	138294.7	519654.8	23835.21	28566.5	0
Dic-19	La Libertad	7777.778	350	0	11013.5	0	0	125682.9	491345.9	22439.79	40717	0
Ene-17	Lambayeque	10311.54	20190	0	120	0	0	93124.43	247658.1	0	600	0
Feb-17	Lambayeque	9714.286	680	0	255	0	10	90093.03	115052.3	0	0	1
Mar-17	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	84154.76	23550.71	8000	400	1
Abr-17	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	138736.2	54496.98	0	0	1
May-17	Lambayeque	7782.609	1790	0	1200	0	0	128242.4	198214	8000	80	0
Jun-17	Lambayeque	8025.972	169653	0	1500	0	671	119333.8	245508.2	7863.636	865	0
Jul-17	Lambayeque	7840.078	197617	0	1000	0	418	128170.6	289530.2	6950	695	0
Ago-17	Lambayeque	10553.19	2480	0	1200	0	302	120148.5	268208.4	7857.143	550	0
Set-17	Lambayeque	0	0	0	1156	0	2	117538.1	314759	8000	560	0
Oct-17	Lambayeque	0	0	0	96	0	150	102526.1	316124.9	0	0	0
Nov-17	Lambayeque	0	0	0	1	0	0	80961	247866.1	0	0	0
Dic-17	Lambayeque	6948.936	8165	0	1820	0	0	66321.12	168405.2	0	1200	0
Ene-18	Lambayeque	6432.692	2007	0	13	0	0	75754.76	217321.2	0	0	0
Feb-18	Lambayeque	8426.765	15994	0	294	0	0	89764.85	172576.5	6652.381	1397	0
Mar-18	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	94824.49	49910.87	0	0	0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Tabla 30

Datos de las variables finales – Parte 3.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
Abr-18	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	120532.6	86892.71	0	0	0
May-18	Lambayeque	9611.106	115093	0	15	0	0	92743.32	146417.6	7500	225	0
Jun-18	Lambayeque	8879.557	218961	0	1623	0	497	105201	223587.7	5900	118	0
Jul-18	Lambayeque	8599.263	118988	0	720	0	646	109096	285368	7500	375	0
Ago-18	Lambayeque	9141.86	3931	0	1150	0	0	102635	305393.6	0	0	0
Set-18	Lambayeque	0	0	0	1027	0	504	102535.4	287517.4	8000	240	0
Oct-18	Lambayeque	0	0	0	0	0	101	89053.85	291219.4	7823.529	665	0
Nov-18	Lambayeque	0	0	0	40	0	0	93779.96	287201.1	7873.684	748	0
Dic-18	Lambayeque	8849.682	6947	0	49	0	0	94132.68	294603.3	0	0	0
Ene-19	Lambayeque	9480.159	4778	0	65	0	0	91879.73	177286.5	0	0	0
Feb-19	Lambayeque	10518.58	6795	0	320	0	0	101986.6	129463.8	0	0	0
Mar-19	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	107537.8	165513.5	0	0	0
Abr-19	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	125006.6	230252.1	0	0	0
May-19	Lambayeque	7065.258	97331	0	0	0	0	107348.2	201913.3	0	0	0
Jun-19	Lambayeque	6489.741	182180	0	1620	0	745	106517.3	232162.3	9583.333	575	0
Jul-19	Lambayeque	7589.671	37326	0	60	0	40	98133.84	302246.3	0	0	0
Ago-19	Lambayeque	0	0	0	32	0	351	87499.78	234344.1	7500	150	0
Set-19	Lambayeque	0	0	0	0	0	286	87227.75	241508.3	0	0	0
Oct-19	Lambayeque	0	0	0	0	0	286	87187.27	243538.5	0	0	0
Nov-19	Lambayeque	0	0	0	0	0	301	96004.84	227852.1	7000	210	0
Dic-19	Lambayeque	5500	110	0	0	0	0	88964.03	180411.1	5000	25	0
Ene-17	Piura	7392.256	32075	0	0	0	0	0	0	10475.9	1739	0
Feb-17	Piura	0	0	0	0	0	0	0	0	11829.27	970	1
Mar-17	Piura	0	0	0	0	0	0	0	0	10801.98	1091	1
Abr-17	Piura	0	0	0	0	0	10	0	0	11567.57	428	1

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Tabla 31

Datos de las variables finales – Parte 4.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
May-17	Piura	7580.531	4283	0	0	0	649	0	0	10549.02	1076	0
Jun-17	Piura	6803.219	121730	0	0	0	1339	0	0	10146.79	1106	0
Jul-17	Piura	6992.349	116066	0	0	0	1663	0	0	7929.134	2014	0
Ago-17	Piura	7000	2625	0	0	0	362	0	0	9938.356	1451	0
Set-17	Piura	0	0	0	0	0	27	0	0	9835.979	1859	0
Oct-17	Piura	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	2358	0
Nov-17	Piura	8500	765	0	0	0	0	0	0	10469.03	2366	0
Dic-17	Piura	8656.13	101320	0	0	0	0	0	0	9540.773	2223	0
Ene-18	Piura	8045.67	57784	0	0	0	0	117359.1	643.12	10172.62	1709	0
Feb-18	Piura	6939.86	4962	0	0	0	0	111446.3	11756.57	11761.36	1035	0
Mar-18	Piura	0	0	0	0	0	0	108189.9	4730.83	10040.54	1486	0
Abr-18	Piura	0	0	0	0	0	13	145064.8	33201.73	11666.67	1015	0
May-18	Piura	6123.913	2817	0	0	0	5	159319.4	47426.32	11279.57	1049	0
Jun-18	Piura	8624.633	141099	0	0	0	1205	143335.7	63795.71	8636.364	1140	0
Jul-18	Piura	8779.606	185715	0	0	0	1799	138281.6	72834.48	9455.15	2846	0
Ago-18	Piura	7824.94	13052	0	0	0	600	141926.1	44689.83	9132.075	1452	0
Set-18	Piura	0	0	0	0	0	38	140940.2	72512.32	8763.78	1113	0
Oct-18	Piura	0	0	0	0	0	0	149530.6	27430.13	10272.73	339	0
Nov-18	Piura	4383.929	491	0	0	0	0	152677.5	23897.77	7176.471	366	0
Dic-18	Piura	8923.862	107595	0	0	0	0	147778.7	34824.06	11454.05	2119	0
Ene-19	Piura	8381.538	2724	0	0	0	0	161601.4	19157.85	11590.36	962	0
Feb-19	Piura	0	0	0	0	0	0	153024.7	8295.47	11380.95	1195	0
Mar-19	Piura	0	0	0	0	0	0	148846.5	9310.35	9907.801	1397	0
Abr-19	Piura	0	0	0	0	0	0	164103.1	25317.83	12025.21	1431	0
May-19	Piura	8830.422	24266	0	0	0	0	160560.7	28061.19	10467.21	1277	0
Jun-19	Piura	8028.99	170881	0	0	0	1457	160009.4	16109.75	10081.76	1603	0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Tabla 32

Datos de las variables finales – Parte 5.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
Jul-19	Piura	7468.232	116131	0	0	0	2303	150194.2	20840.95	10196.26	2182	0
Ago-19	Piura	0	0	0	0	0	917	145570.3	22962.26	12961.11	2333	0
Set-19	Piura	0	0	0	0	0	54	135493.3	31972.35	10558.49	2798	0
Oct-19	Piura	0	0	0	0	0	0	135268.5	29898.4	12285.71	3182	0
Nov-19	Piura	8774.545	2413	0	0	0	0	142560.3	36723.54	10352.33	1998	0
Dic-19	Piura	8990.685	81078	0	0	0	0	159128.6	26327.83	10773.97	1573	0
Ene-17	Tumbes	8242.483	10855.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mar-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Abr-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
May-17	Tumbes	8915.025	447.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun-17	Tumbes	8467.353	38475.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul-17	Tumbes	8381.715	24755.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ago-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov-17	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dic-17	Tumbes	8607.928	49002.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ene-18	Tumbes	8189.002	16869.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abr-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
May-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun-18	Tumbes	8648.392	44573.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul-18	Tumbes	7988.469	19403.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Tabla 33

Datos de las variables finales – Parte 6.

Fecha	Región	Rendimiento -Arroz	Producción-Arroz	Rendimiento -Espárrago	Producción-Espárrago	Rendimiento -Café	Producción-Café	Rendimiento -Caña-azúcar	Producción-Caña-azúcar	Rendimiento -Papa	Producción-Papa	Fenómeno-Niño
Ago-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-18	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov-18	Tumbes	7900	3950	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dic-18	Tumbes	8798.158	44397.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ene-19	Tumbes	8871.52	22063.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb-19	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar-19	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abr-19	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
May-19	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun-19	Tumbes	8755.535	17764.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul-19	Tumbes	8368.24	29333.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ago-19	Tumbes	8000	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set-19	Tumbes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct-19	Tumbes	4000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov-19	Tumbes	7936.83	5508.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dic-19	Tumbes	8668.484	47738.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Anexo N° 4: Test de cointegración de Johansen

H_o: No hay cointegración

H_1: Si hay cointegración

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace				
Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.989465	494.3002	239.2354	0
At most 1 *	0.946813	339.4972	197.3709	0
At most 2 *	0.899724	239.7429	159.5297	0
At most 3 *	0.775468	161.5489	125.6154	0.0001
At most 4 *	0.74973	110.7618	95.75366	0.0031
At most 5	0.55043	63.66455	69.81889	0.1404
At most 6	0.481883	36.48279	47.85613	0.3723
At most 7	0.215078	14.12592	29.79707	0.8335
At most 8	0.154825	5.892104	15.49471	0.7082
At most 9	0.005072	0.172895	3.841466	0.6775

Trace test indicates 5 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized		Max-Eigen	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.989465	154.8031	64.50472	0
At most 1 *	0.946813	99.75422	58.43354	0
At most 2 *	0.899724	78.19404	52.36261	0
At most 3 *	0.775468	50.78711	46.23142	0.0152
At most 4 *	0.74973	47.09724	40.07757	0.0069
At most 5	0.55043	27.18176	33.87687	0.2538
At most 6	0.481883	22.35687	27.58434	0.2026
At most 7	0.215078	8.233819	21.13162	0.8888
At most 8	0.154825	5.71921	14.2646	0.6495
At most 9	0.005072	0.172895	3.841466	0.6775

Max-eigenvalue test indicates 5 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1594.1

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)	
D(PBI_AGRICOLA)	0.173454
	-0.14717
D(ARROZ)	-1.658402
	-0.75279
D(PAPA)	4.687218
	-1.01227
D(CAFE)	-0.180271
	-0.06424
D(ESPARRAGOS)	0.01489
	-0.02673
D(CANA_AZUCAR)	0.689696
	-1.06013
D(PBI_PER_CAPITA)	-0.000085
	-0.00032
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	2.691518
	-2.27296
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	29.64296
	-40.6114
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	-28.58209
	-67.3032

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1544.222

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)		
D(PBI_AGRICOLA)	-1.320758	0.206422
	-0.61378	-0.07973
D(ARROZ)	-1.020244	-0.165303
	-3.55211	-0.46142
D(PAPA)	-10.00956	2.175488
	-3.54552	-0.46057
D(CAFE)	-0.891323	0.085434
	-0.26071	-0.03387
D(ESPARRAGOS)	0.102546	-0.010889
	-0.12475	-0.0162
D(CANA_AZUCAR)	3.929464	-0.395673
	-4.95603	-0.64379

D(PBI_PER_CAPITA)	-0.000251	0.0000179
	-0.00153	-0.0002
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-19.23081	3.035669
	-9.60912	-1.24823
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	212.3314	-22.76208
	-187.588	-24.3679
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	54.93098	-12.45683
	-317.296	-41.217

3 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1505.125

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)			
D(PBI_AGRICOLA)	-1.334404	0.177127	0.011843
	-0.59495	-0.08108	-0.06226
D(ARROZ)	-1.087124	-0.308879	0.460104
	-3.47449	-0.47349	-0.36361
D(PAPA)	-10.10209	1.976864	-0.909158
	-3.3945	-0.46259	-0.35524
D(CAFE)	-0.889814	0.088673	0.114519
	-0.26022	-0.03546	-0.02723
D(ESPARRAGOS)	0.105277	-0.005024	-0.006819
	-0.12104	-0.01649	-0.01267
D(CANA_AZUCAR)	4.01728	-0.207152	-0.323865
	-4.86034	-0.66235	-0.50864
D(PBI_PER_CAPITA)	-0.000272	-0.000027	0.0000090
	-0.00152	-0.00021	-0.00016
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-19.00444	3.52164	0.79447
	-9.27725	-1.26428	-0.97088
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	222.9283	-0.012765	-5.951376
	-146.262	-19.9322	-15.3066
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	70.76699	21.53978	30.08468
	-264.336	-36.0229	-27.6632

4 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1479.732

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(PBI_AGRICOLA)	-0.53018	0.120273	-0.02712	0.197954
	-0.58896	-0.07278	-0.05543	-0.56839
D(ARROZ)	2.80374	-0.583938	0.271598	-0.886437
	-3.62258	-0.44765	-0.34097	-3.49609
D(PAPA)	-5.23103	1.632512	-1.145153	5.243536
	-3.28514	-0.40595	-0.3092	-3.17042
D(CAFE)	-0.378034	0.052493	0.089724	-0.718624
	-0.20132	-0.02488	-0.01895	-0.19429

D(ESPARRAGOS)	0.090726	-0.003996	-0.006114	-0.104537
	-0.13899	-0.01718	-0.01308	-0.13414
D(CANA_AZUCAR)	-5.348867	0.454976	0.129909	2.72062
	-3.84994	-0.47574	-0.36236	-3.7155
D(PBI_PER_CAPITA)	-0.001205	3.94E-05	5.41E-05	0.001571
	-0.0017	-0.00021	-0.00016	-0.00164
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-25.71153	3.995789	1.119418	-7.276587
	-10.2627	-1.26818	-0.96595	-9.90438
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	249.6919	-1.904781	-7.248029	-513.6631
	-167.734	-20.727	-15.7875	-161.877
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	330.1069	3.206094	17.52008	-1021.144
	-282.424	-34.8994	-26.5824	-272.562

5 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1456.183

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)					
D(PBI_AGRICOLA)	-0.067737	0.031851	-0.061053	0.531505	0.934997
	-0.64751	-0.09265	-0.05795	-0.59023	-1.77464
D(ARROZ)	5.05447	-1.014293	0.106446	0.736974	5.53995
	-4.05274	-0.57987	-0.36271	-3.69426	-11.1075
D(PAPA)	-0.490445	0.726079	-1.493003	8.662836	10.49442
	-3.17836	-0.45477	-0.28446	-2.89722	-8.71101
D(CAFE)	-0.160048	0.010813	0.073729	-0.561395	0.357511
	-0.21166	-0.03028	-0.01894	-0.19293	-0.58009
D(ESPARRAGOS)	-0.120813	0.036452	0.009408	-0.257115	-1.145796
	-0.13131	-0.01879	-0.01175	-0.11969	-0.35988
D(CANA_AZUCAR)	-8.398356	1.038059	0.353672	0.521078	5.072985
	-4.22913	-0.60511	-0.3785	-3.85505	-11.5909
D(PBI_PER_CAPITA)	0.000713	-0.000327	-8.65E-05	0.002954	0.012734
	-0.00177	-0.00025	-0.00016	-0.00161	-0.00484
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-31.00433	5.007807	1.507789	-11.09419	-7.865849
	-11.5833	-1.65737	-1.03669	-10.5587	-31.7468
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	565.868	-62.3598	-30.44814	-285.6109	859.9525
	-136.522	-19.5338	-12.2184	-124.446	-374.168
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	460.1211	-21.65352	7.980003	-927.3672	-678.8984
	-320.022	-45.7892	-28.6413	-291.714	-877.091

6 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1442.592

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)						
D(PBI_AGRICOLA)	0.099947	0.014359	-0.078574	0.543375	0.935614	0.059598
	-0.84508	-0.10851	-0.08114	-0.59023	-1.77083	-0.06141
D(ARROZ)	9.635237	-1.492146	-0.372195	1.061235	5.556791	0.475446
	-5.07953	-0.65224	-0.48769	-3.54769	-10.644	-0.36915
D(PAPA)	0.84402	0.586872	-1.632441	8.757299	10.49933	0.480805

	-4.13358	-0.53078	-0.39687	-2.88701	-8.66177	-0.3004
D(CAFE)	-0.006261	-0.00523	0.05766	-0.550508	0.358076	-0.023136
	-0.27212	-0.03494	-0.02613	-0.19006	-0.57022	-0.01978
D(ESPARRAGOS)	-0.094435	0.0337	0.006651	-0.255248	-1.145699	-0.010952
	-0.17152	-0.02202	-0.01647	-0.1198	-0.35942	-0.01247
D(CANA_AZUCAR)	-5.117852	0.695846	0.010895	0.753296	5.085046	-1.161079
	-5.42394	-0.69647	-0.52076	-3.78823	-11.3657	-0.39418
D(PBI_PER_CAPITA)	0.004496	-0.000722	-0.000482	0.003222	0.012748	-6.54E-05
	-0.00194	-0.00025	-0.00019	-0.00136	-0.00407	-0.00014
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-19.19105	3.775479	0.273428	-10.25795	-7.822418	-3.26703
	-14.6376	-1.87957	-1.40537	-10.2233	-30.6727	-1.06377
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	476.6295	-53.05068	-21.12366	-291.9278	859.6244	-10.58307
	-176.104	-22.6129	-16.9079	-122.996	-369.021	-12.7981
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	1077.416	-86.04804	-56.52073	-883.6704	-676.6289	-42.62002
	-365.384	-46.9176	-35.0807	-255.194	-765.65	-26.5537

7 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1431.414

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)							
D(PBI_AGRICOLA)	-0.002599	-0.0715	-0.071626	0.921627	2.235113	0.04246	17.80771
	-0.7411	-0.10066	-0.0711	-0.53715	-1.63009	-0.05419	-33.0197
D(ARROZ)	8.975447	-2.044572	-0.32749	3.494944	13.9179	0.365177	649.4391
	-4.35465	-0.59146	-0.41779	-3.1563	-9.57835	-0.3184	-194.023
D(PAPA)	0.417814	0.23002	-1.603562	10.32941	15.90037	0.409574	-257.6849
	-3.77504	-0.51273	-0.36218	-2.7362	-8.30346	-0.27602	-168.198
D(CAFE)	-0.028742	-0.024053	0.059183	-0.467582	0.642972	-0.026893	6.112761
	-0.25736	-0.03496	-0.02469	-0.18654	-0.56608	-0.01882	-11.4668
D(ESPARRAGOS)	-0.094849	0.033354	0.006679	-0.253721	-1.140451	-0.011022	0.353725
	-0.17176	-0.02333	-0.01648	-0.12449	-0.3778	-0.01256	-7.65283
D(CANA_AZUCAR)	-5.347531	0.503541	0.026457	1.600494	7.995631	-1.199465	-433.3205
	-5.35405	-0.7272	-0.51368	-3.88068	-11.7766	-0.39148	-238.551
D(PBI_PER_CAPITA)	0.00466	-0.000584	-0.000493	0.002615	0.010665	-3.79E-05	-0.040205
	-0.00183	-0.00025	-0.00018	-0.00133	-0.00403	-0.00013	-0.0816
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-17.97234	4.795879	0.190851	-14.75332	-23.26643	-3.06335	-2154.162
	-13.8308	-1.87853	-1.32695	-10.0247	-30.4217	-1.01128	-616.233
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	489.901	-41.93875	-22.0229	-340.8814	691.4424	-8.365034	4165.153
	-168.24	-22.8508	-16.1412	-121.943	-370.056	-12.3014	-7495.99
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	1102.491	-65.05404	-58.21969	-976.1594	-994.3787	-38.42944	15216.1
	-352.001	-47.8096	-33.7716	-255.135	-774.25	-25.7376	-15683.5

8 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1427.297

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)								
D(PBI_AGRICOLA)	-0.133421	-0.083057	-0.055106	0.88993	1.159861	0.05367	9.244457	-0.008997

	-0.73951	-0.09942	-0.07185	-0.52762	-1.96096	-0.05442	-33.61	-0.009
D(ARROZ)	8.163088	-2.116335	-0.224905	3.298117	7.240984	0.434784	596.2645	-0.066209
	-4.33503	-0.58282	-0.4212	-3.09289	-11.4951	-0.31903	-197.022	-0.05276
D(PAPA)	0.171503	0.208261	-1.572458	10.26973	13.8759	0.430679	-273.8077	-0.090666
	-3.83256	-0.51527	-0.37238	-2.7344	-10.1627	-0.28205	-174.185	-0.04664
D(CAFE)	-0.057015	-0.026551	0.062753	-0.474433	0.410592	-0.024471	4.262099	-0.00333
	-0.25999	-0.03495	-0.02526	-0.1855	-0.68942	-0.01913	-11.8164	-0.00316
D(ESPARRAGOS)	-0.148126	0.028647	0.013407	-0.266629	-1.57834	-0.006457	-3.133601	0.003296
	-0.16396	-0.02204	-0.01593	-0.11698	-0.43476	-0.01207	-7.45159	-0.002
D(CANA_AZUCAR)	-4.52696	0.576029	-0.077164	1.799311	14.74004	-1.269775	-379.6084	-0.036811
	-5.36931	-0.72188	-0.5217	-3.83082	-14.2377	-0.39515	-244.029	-0.06535
D(PBI_PER_CAPITA)	0.004769	-0.000575	-0.000507	0.002642	0.011563	-4.73E-05	-0.033046	-9.92E-05
	-0.00186	-0.00025	-0.00018	-0.00133	-0.00493	-0.00014	-0.08454	-2.30E-05
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-19.47264	4.663344	0.380308	-15.11683	-35.5976	-2.934797	-2252.367	-0.231446
	-13.9749	-1.87885	-1.35783	-9.97058	-37.0569	-1.02846	-635.14	-0.17008
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	497.9728	-41.22569	-23.04221	-338.9257	757.7859	-9.056665	4693.508	-0.455963
	-171.014	-22.992	-16.6162	-122.013	-453.476	-12.5856	-7772.38	-2.08128
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	1176.454	-58.52011	-67.55985	-958.2386	-386.4573	-44.76702	20057.55	-1.046094
	-348.26	-46.8217	-33.8378	-248.471	-923.474	-25.6297	-15828	-4.23838

9 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -1424.437

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)									
D(PBI_AGRICOLA)	-0.1557	-0.0848	-0.0525	0.8402	0.7819	0.0518	-1.2604	-0.0066	0.0029
	-0.7290	-0.0980	-0.0709	-0.5233	-1.9863	-0.0537	-35.5142	-0.0093	-0.0013
D(ARROZ)	8.0410	-2.1257	-0.2105	3.0251	5.1672	0.4246	538.6315	-0.0532	0.0192
	-4.2816	-0.5754	-0.4162	-3.0735	-11.6657	-0.3152	-208.5760	-0.0548	-0.0074
D(PAPA)	0.0820	0.2014	-1.5619	10.0695	12.3550	0.4232	-316.0762	-0.0811	0.0196
	-3.8010	-0.5108	-0.3694	-2.7285	-10.3562	-0.2798	-185.1620	-0.0486	-0.0066
D(CAFE)	-0.0620	-0.0269	0.0633	-0.4857	0.3252	-0.0249	1.8885	-0.0028	0.0009
	-0.2586	-0.0348	-0.0251	-0.1856	-0.7045	-0.0190	-12.5968	-0.0033	-0.0005
D(ESPARRAGOS)	-0.1543	0.0282	0.0141	-0.2804	-1.6827	-0.0070	-6.0342	0.0040	-0.0007
	-0.1603	-0.0215	-0.0156	-0.1151	-0.4367	-0.0118	-7.8075	-0.0021	-0.0003
D(CANA_AZUCAR)	-4.6980	0.5630	-0.0570	1.4168	11.8341	-1.2840	-460.3669	-0.0186	-0.0246
	-5.2834	-0.7100	-0.5135	-3.7926	-14.3953	-0.3889	-257.3790	-0.0676	-0.0091
D(PBI_PER_CAPITA)	0.0047	-0.0006	-0.0005	0.0025	0.0105	-0.0001	-0.0621	-0.0001	0.0000
	-0.0018	-0.0003	-0.0002	-0.0013	-0.0050	-0.0001	-0.0891	0.0000	0.0000
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-18.7977	4.7149	0.3008	-13.6071	-24.1292	-2.8785	-1933.6500	-0.3034	-0.0255
	-13.4422	-1.8064	-1.3065	-9.6493	-36.6248	-0.9895	-654.8290	-0.1720	-0.0232
D(SUPERFICIE_SEMBRADA)	504.4358	-40.7320	-23.8039	-324.4697	867.5959	-8.5175	7745.2220	-1.1447	-1.0974
	-167.1010	-22.4553	-16.2413	-119.9510	-455.2860	-12.3000	-8140.2300	-2.1381	-0.2880
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)	1172.2070	-58.8446	-67.0593	-967.7389	-458.6233	-45.1214	18052.0000	-0.5935	-0.7303
	-347.6560	-46.7186	-33.7902	-249.5600	-947.2280	-25.5904	-16935.9000	-4.4483	-0.5991

Fuente: Elaboración propia.

De la corrida econométrica, se puede decir que, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola regresión cointegrante. El rezago óptimo es el número 3 y con 5 rezagos se puede inferir que hay una relación de largo plazo entre las variables.

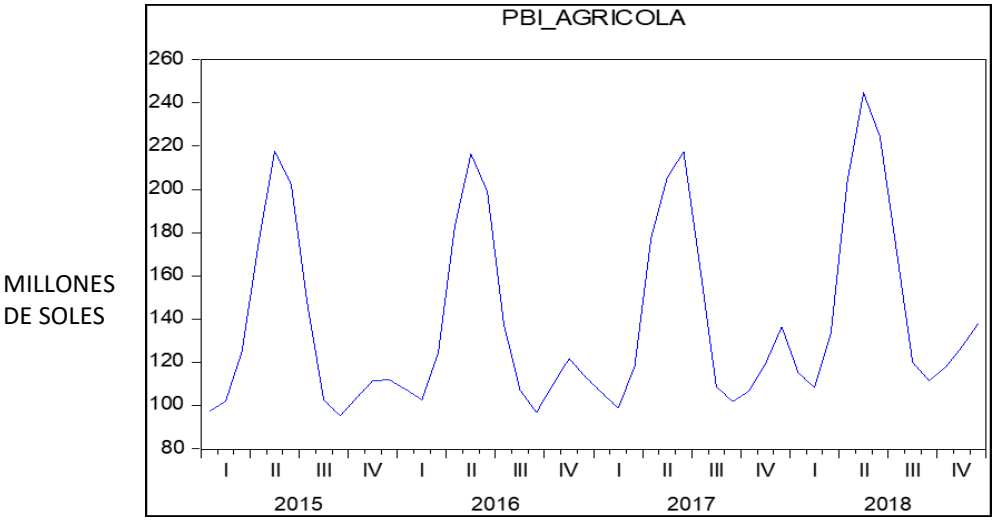
Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estás variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo.

Este análisis usó el test multiecuacional de Johansen, este test fue aplicado a las 8 series en su estado no estacionario y con un nivel de significancia de 5%. De la tabla anterior, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola regresión cointegrante. Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estás variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo.

De la tabla anterior, la hipótesis nula es rechazada, es decir, que si existe cointegración entre las series y su vínculo se dio a través de una sola relación cointegrante.
Esto significa que existió evidencia suficiente de una relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI agrícola y sus variables regresoras, haciendo que estas variables se desplacen conjuntamente a través del tiempo.

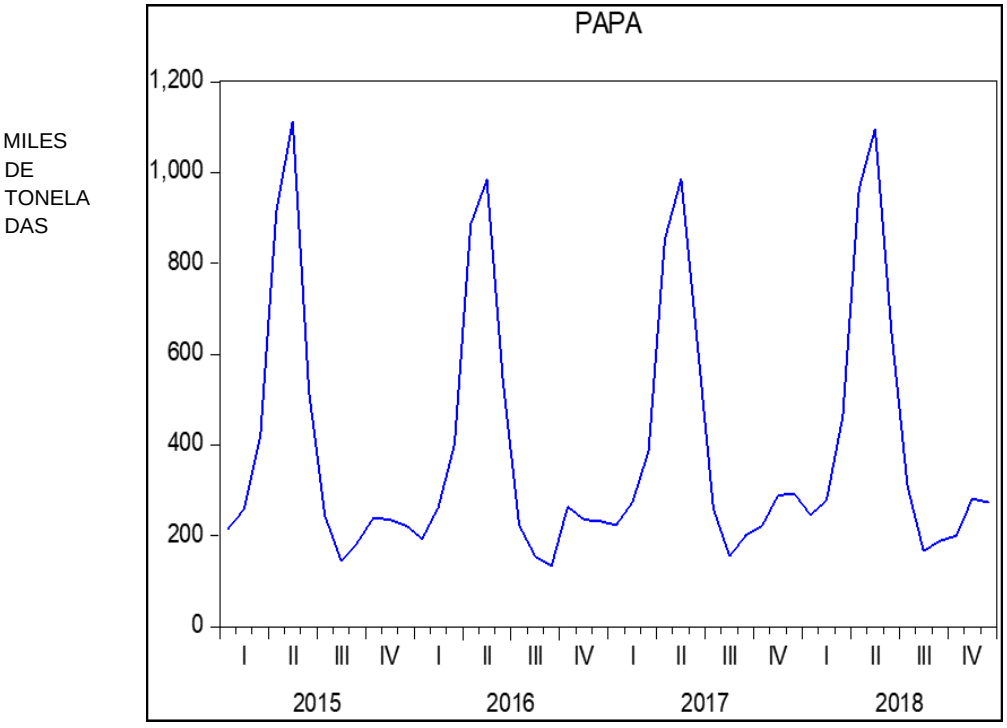
Anexo N° 5: Gráfica simple de las series en niveles

Gráfico N° 4: Gráfica simple de la serie PBI_AGRICOLA.



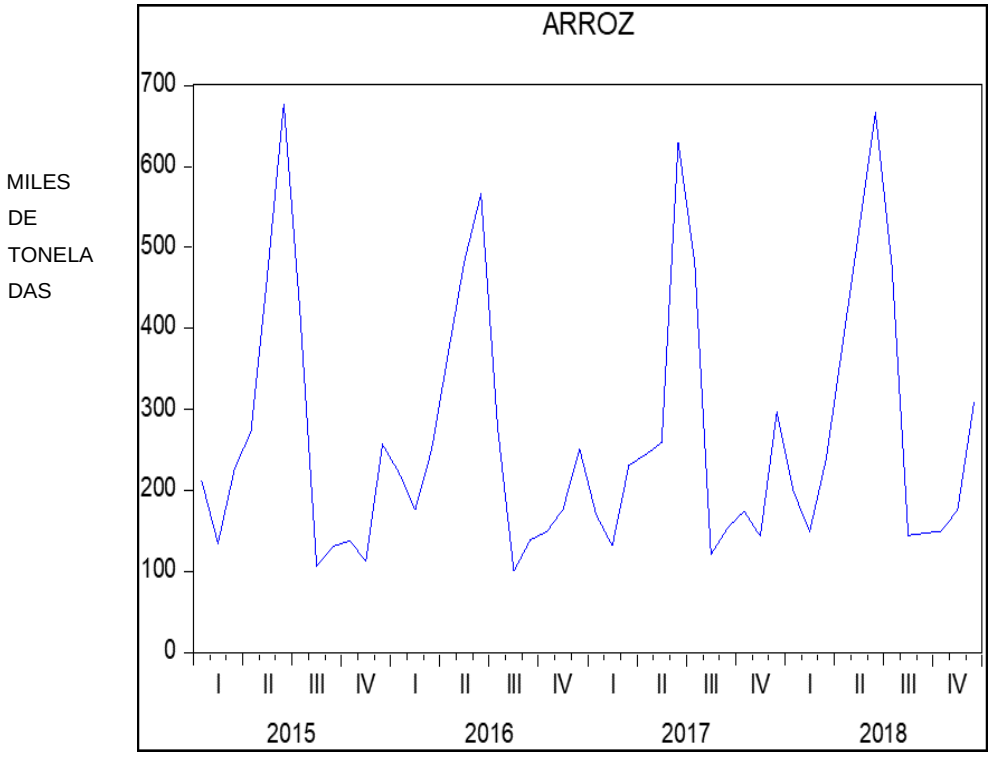
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfico N° 5: Gráfica simple de la serie PAPA.



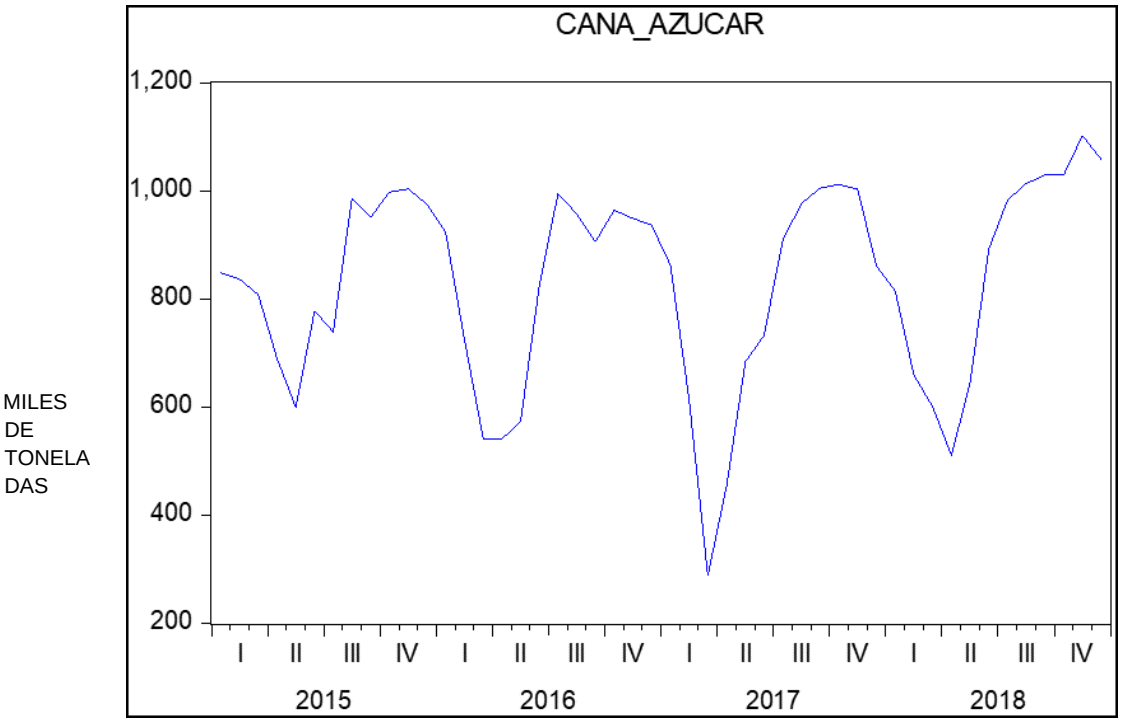
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfico N° 6: Gráfica simple de la serie ARROZ.



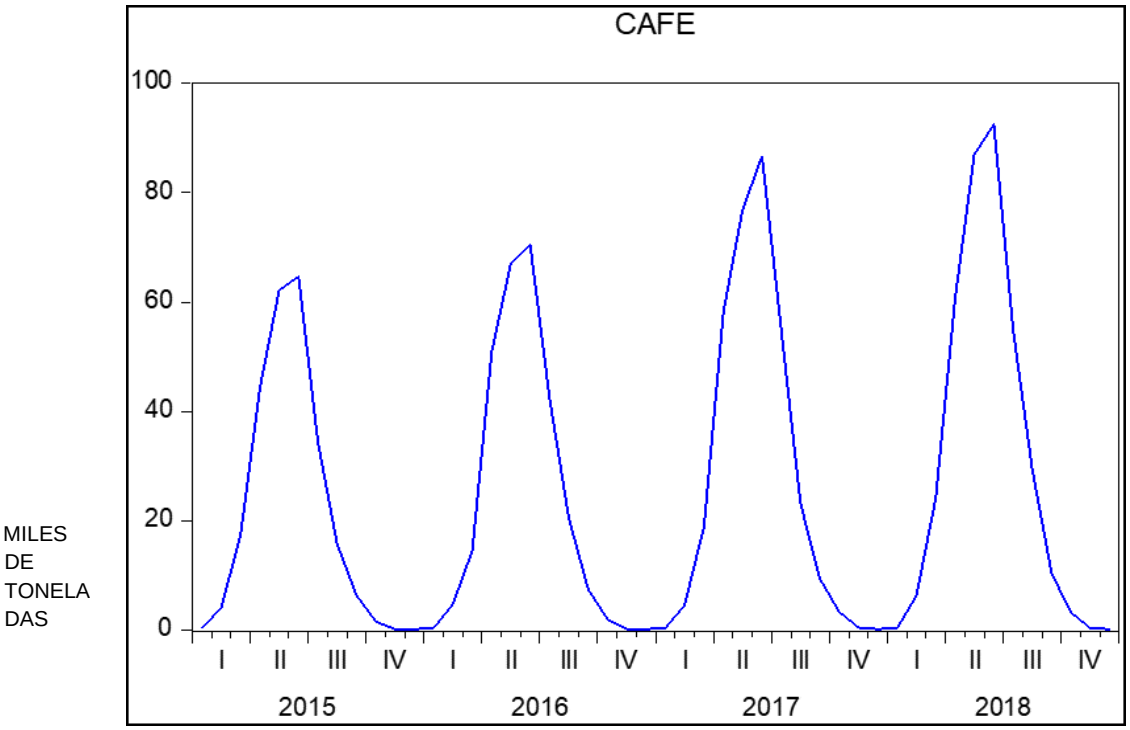
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfico N° 7: Gráfica simple de la serie CAÑA_AZUCAR.



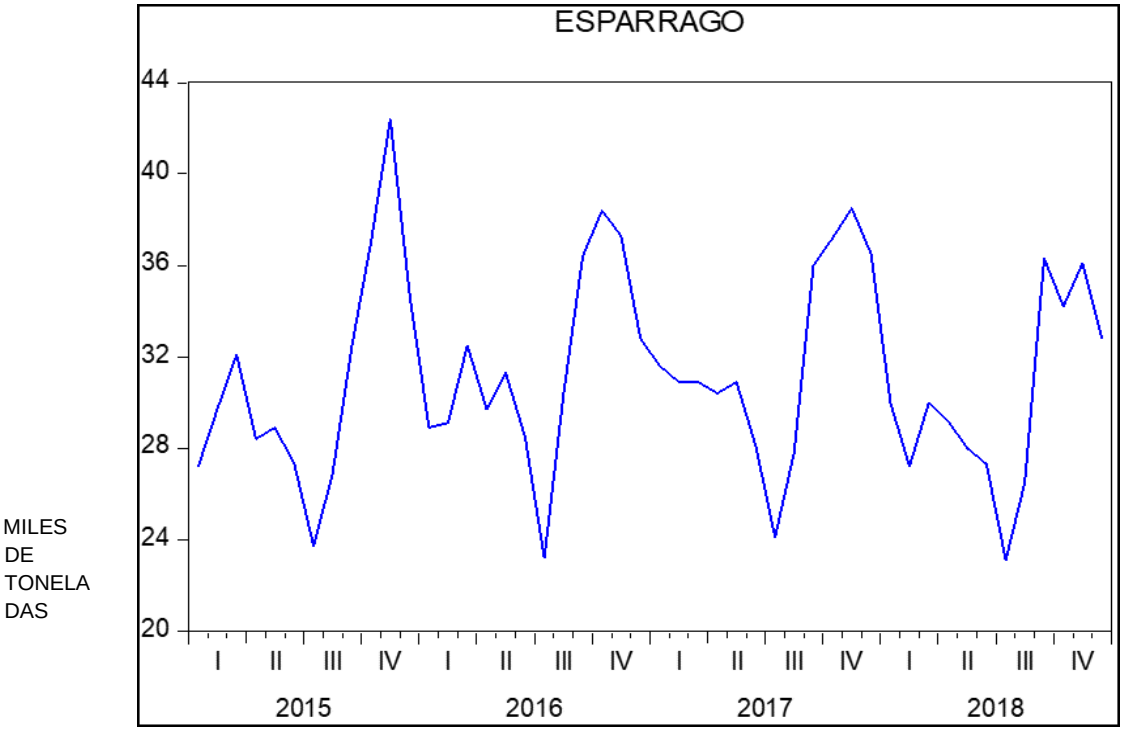
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfico N° 8: Gráfica simple de la serie CAFÉ.



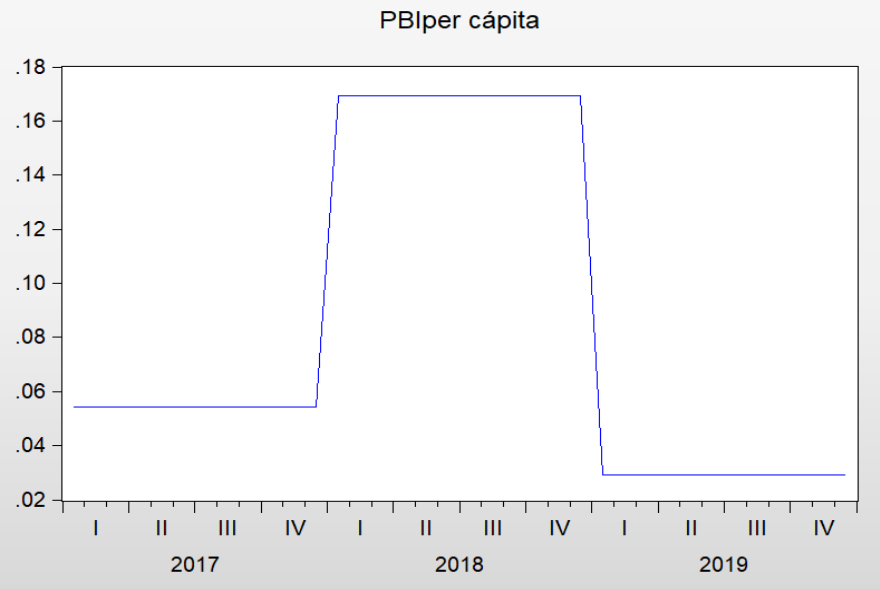
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfico N° 9: Gráfica simple de la serie ESPÁRRAGO.



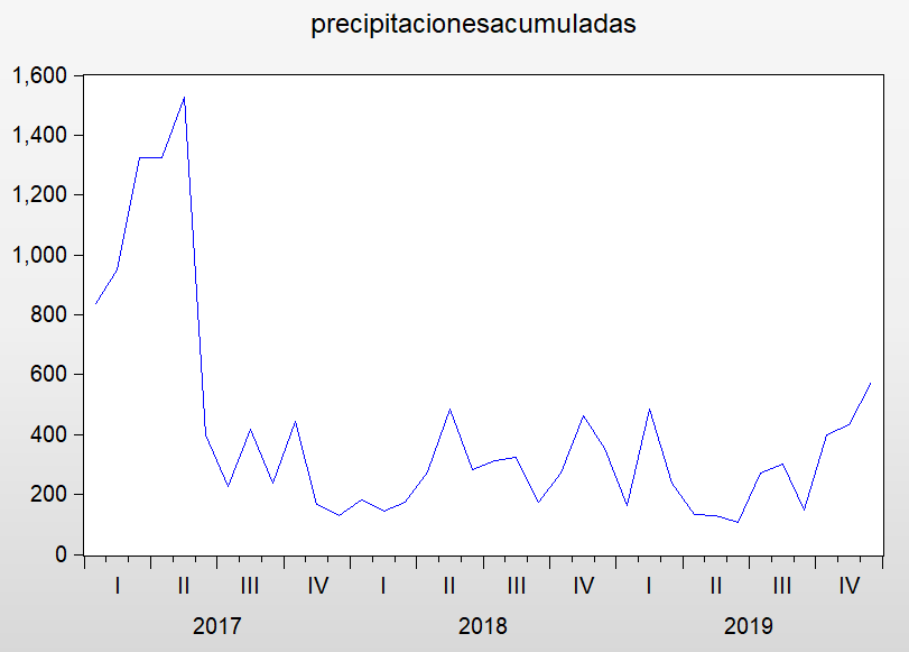
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfica N° 10: Gráfica simple de la serie PBI per cápita.



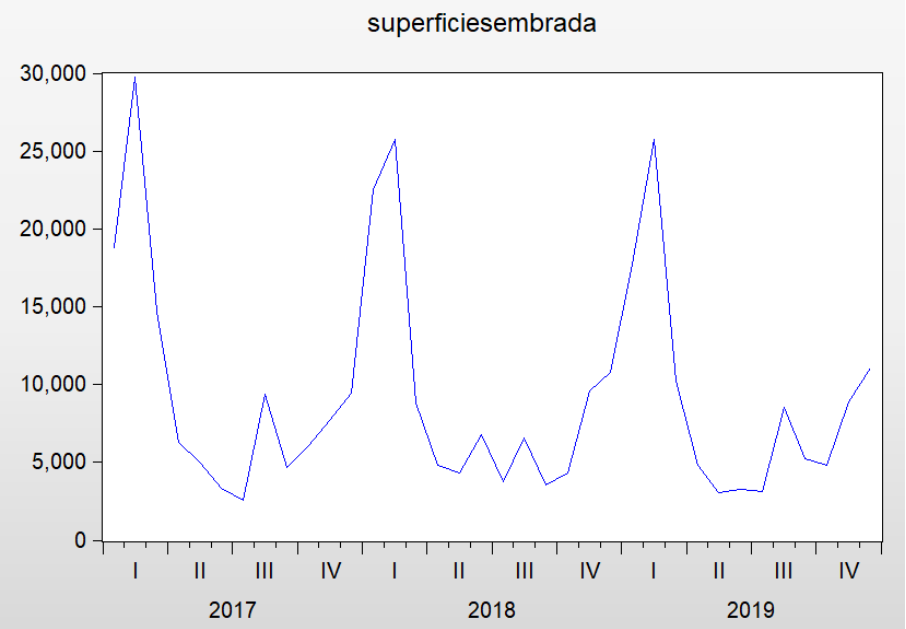
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfica N° 11: Gráfica simple de la serie PRECIPITACIONES ACUMULADAS.



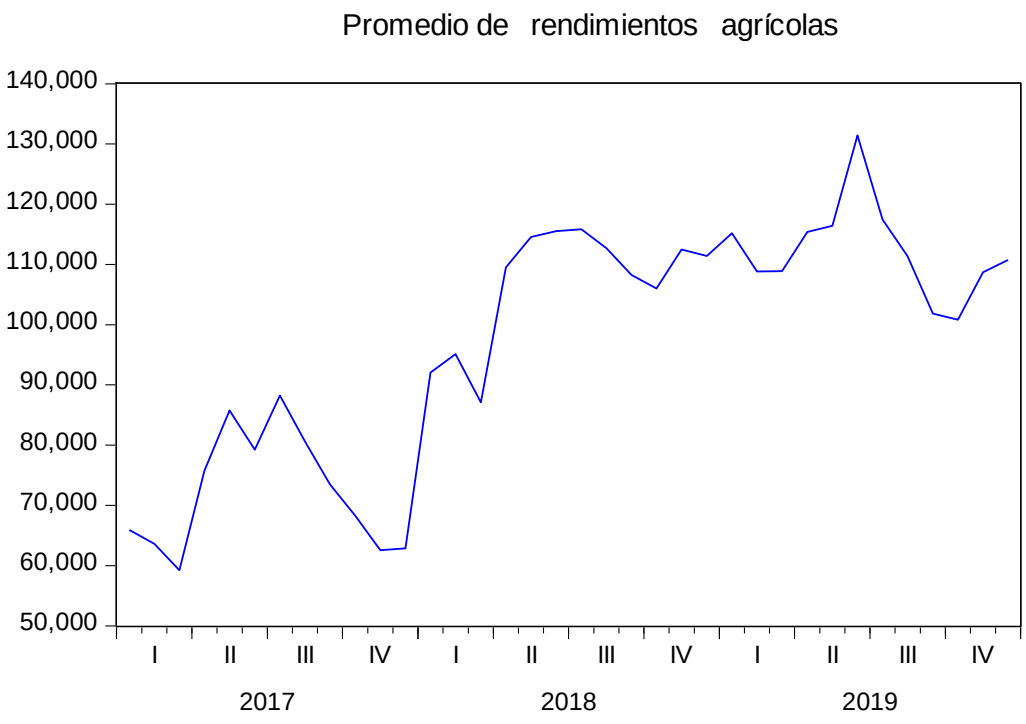
Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfica N° 12: Gráfica simple de la serie SUPERFICIE AGRÍCOLA.



Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Gráfica N° 13: Gráfica simple de la serie RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS.



Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Anexo N° 6: Matriz de correlación

	PBI AGRÍCOLA	ARROZ	CAFÉ	CAÑA DE AZÚCAR	ESPARRAGOS	PAPA	PBI PER CÁPITA	PRECIPITACIONES ACUMULADAS	PROMEDIO DE RENDIMIENTOS	SUPERFICIE SEMBRADA
PBI AGRÍCOLA	1	0.867312	0.913777	-0.335692	-0.409103	0.874929	0.022299	0.00391	0.414034	-0.513982
ARROZ	0.867312	1	0.836884	-0.238863	-0.432434	0.595304	0.105639	-0.139824	0.320629	-0.438388
CAFE	0.913777	0.836884	1	-0.349301	-0.617778	0.760356	0.018854	0.07755	0.329887	-0.516702
CAÑA DE AZÚCAR	-0.335692	-0.238863	-0.349301	1	0.198212	-0.572551	-0.00718	-0.498488	0.292264	-0.264451
ESPARRAGOS	-0.409103	-0.432434	-0.617778	0.198212	1	-0.285523	-0.105033	0.071269	-0.312059	0.084573
PAPA	0.874929	0.595304	0.760356	-0.572551	-0.285523	1	-0.005314	0.192471	0.214131	-0.332257
PBI PER CÁPITA	0.022299	0.105639	0.018854	-0.00718	-0.105033	-0.005314	1	-0.172899	0.201834	0.005773
PRECIPITACIONES ACUMULADAS	0.00391	-0.139824	0.07755	-0.498488	0.071269	0.192471	-0.172899	1	-0.444529	0.191361
PROMEDIO DE RENDIMIENTOS	0.414034	0.320629	0.329887	0.292264	-0.312059	0.214131	0.201834	-0.444529	1	-0.272606
SUPERFICIE SEMBRADA	-0.513982	-0.438388	-0.516702	-0.264451	0.084573	-0.332257	0.005773	0.191361	-0.272606	1

Fuente: Elaboración propia con resultados estimados de Eviews 8.

Anexo N° 7: Test de Causalidad de Granger

H_o: X no causa (a la manera Granger) Y y viceversa

H_1: Se rechaza la H_0

1. Papa

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 11/15/20 Time: 10:54
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PAPA does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	5.12701	0.0124
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause PAPA		0.28803	0.7519

Fuente: Elaboración propia.

Se puede inferir que la productividad de la papa sí causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es alto y porque su p-value es menor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, la productividad de la papa debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

2. Arroz

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 11/15/20 Time: 10:48
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
ARROZ does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	1.60195	0.2188
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause ARROZ		23.0917	1.E-06

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la productividad del arroz no causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola sí causa, a la manera Granger, la productividad del arroz debido a que su estadístico F es alto y porque su p-value es menor a 0.05.

3. Café

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 11/15/20 Time: 10:49
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
CAFE does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	5.56836	0.0090
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause CAFE		2.15323	0.1343

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la productividad del café sí causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es alto y porque su p-value es menor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, la productividad café debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

4. Caña de azúcar

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 11/15/20 Time: 10:51
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
CANA_AZUCAR does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	3.94322	0.0306
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause CANA_AZUCAR		2.41906	0.1068

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la productividad de la caña de azúcar sí causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es relativamente alto y porque su p-value es menor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, la productividad de la caña de azúcar debido a que su estadístico F es relativamente bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

5. Espárragos

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 11/15/20 Time: 10:53
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
ESPARRAGOS does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	12.4013	0.0001
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause ESPARRAGOS		6.57421	0.0044

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la productividad de espárragos sí causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es alto y porque su p-value es menor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola si causa, a la manera Granger, la productividad de espárragos debido a que su estadístico F es relativamente bajo y porque su p-value es menor a 0.05.

6. PBI per cápita

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 05/30/21 Time: 11:47
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PBI_PER_CAPITA does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	0.01701	0.9831
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause PBI_PER_CAPITA		0.00373	0.9963

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que el PBI per cápita no causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, el PBI per cápita debido a que su estadístico F es relativamente bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

7. Precipitaciones acumuladas

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 05/30/21 Time: 11:48
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PRECIPITACIONES_ACUMULAD does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	1.73117	0.1949
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause PRECIPITACIONES_ACUMULAD		0.96788	0.3918

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que las precipitaciones acumuladas no causan, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, las precipitaciones acumuladas debido a que su estadístico F es relativamente bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

8. Promedio de rendimientos

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 05/30/21 Time: 11:50
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	0.69911	0.5052
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS		6.38769	0.0050

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que el promedio de rendimientos no causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola si causa, a la manera Granger, el promedio de rendimientos debido a que su estadístico F es relativamente alto y porque su p-value es menor a 0.05.

9. Superficie sembrada

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 05/30/21 Time: 11:49
Sample: 2017M01 2019M12
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
SUPERFICIE_SEMBRADA does not Granger Cause PBI_AGRICOLA	34	10.2120	0.0004
PBI_AGRICOLA does not Granger Cause SUPERFICIE_SEMBRADA		1.09981	0.3464

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la superficie sembrada si causa, a la manera Granger, la productividad agrícola debido a que su estadístico F es alto y porque su p-value es menor a 0.05.

De otro lado, se puede decir que la productividad agrícola no causa, a la manera Granger, la superficie sembrada debido a que su estadístico F es relativamente bajo y porque su p-value es mayor a 0.05.

Anexo N° 8: Test de Dickey-Fuller Aumentado

En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro

lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

H_0: Hay raíz unitaria Nivel de significancia: 5%

H_1: No hay raíz unitaria

1. PBI AGRÍCOLA

Null Hypothesis: PBI_AGRICOLA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.571236	0.4619
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PBI_AGRICOLA)
Method: Least Squares
Date: 11/22/20 Time: 11:31
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI_AGRICOLA(-1)	-0.013519	0.023667	-0.571236	0.5724
D(PBI_AGRICOLA(-1))	0.778199	0.178384	4.362503	0.0002
D(PBI_AGRICOLA(-2))	-0.481238	0.209823	-2.293544	0.0295
D(PBI_AGRICOLA(-3))	-0.178250	0.177301	-1.005350	0.3233

R-squared	0.663343	Mean dependent var	-0.840467
Adjusted R-squared	0.627273	S.D. dependent var	33.63595
S.E. of regression	20.53521	Akaike info criterion	8.998627
Sum squared resid	11807.45	Schwarz criterion	9.181844
Log likelihood	-139.9780	Hannan-Quinn criter.	9.059359
Durbin-Watson stat	1.869825		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.4619>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario.

2. Papa

Null Hypothesis: PAPA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.695016	0.0849
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PAPA)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:36
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PAPA(-1)	-0.107185	0.063235	-1.695016	0.1012
D(PAPA(-1))	0.730447	0.166528	4.386331	0.0001
D(PAPA(-2))	-0.579143	0.174969	-3.309971	0.0026
D(PAPA(-3))	0.105824	0.167285	0.632597	0.5321

R-squared	0.555560	Mean dependent var	-18.47360
Adjusted R-squared	0.507942	S.D. dependent var	244.2176
S.E. of regression	171.3110	Akaike info criterion	13.24131
Sum squared resid	821728.8	Schwarz criterion	13.42452
Log likelihood	-207.8609	Hannan-Quinn criter.	13.30204
Durbin-Watson stat	1.861336		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.0849>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario.

3. Arroz

Null Hypothesis: ARROZ has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.092209	0.2431
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:31
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ARROZ(-1)	-0.097058	0.088864	-1.092209	0.2841
D(ARROZ(-1))	0.227734	0.193364	1.177752	0.2488
D(ARROZ(-2))	-0.312065	0.181477	-1.719582	0.0965
D(ARROZ(-3))	0.095736	0.188743	0.507230	0.6160

R-squared	0.172653	Mean dependent var	1.314562
Adjusted R-squared	0.084009	S.D. dependent var	156.0770
S.E. of regression	149.3773	Akaike info criterion	12.96730
Sum squared resid	624780.0	Schwarz criterion	13.15051
Log likelihood	-203.4767	Hannan-Quinn criter.	13.02803
Durbin-Watson stat	1.860117		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.2431>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario.

4. Café

Null Hypothesis: CAFE has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 4 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.934461	0.0519
Test critical values:	1% level	-2.641672	
	5% level	-1.952066	
	10% level	-1.610400	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(CAFE)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:33
Sample (adjusted): 2017M06 2019M12
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAFE(-1)	-0.122572	0.063362	-1.934461	0.0640
D(CAFE(-1))	0.797309	0.180820	4.409404	0.0002
D(CAFE(-2))	0.041419	0.199382	0.207739	0.8371
D(CAFE(-3))	-0.456970	0.195686	-2.335218	0.0275
D(CAFE(-4))	0.229130	0.175976	1.302054	0.2043

R-squared	0.659891	Mean dependent var	-2.418745
Adjusted R-squared	0.607567	S.D. dependent var	19.60688
S.E. of regression	12.28263	Akaike info criterion	8.000939
Sum squared resid	3922.437	Schwarz criterion	8.232227
Log likelihood	-119.0146	Hannan-Quinn criter.	8.076333
Durbin-Watson stat	1.943334		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.0519>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario

5. Caña de azúcar

Null Hypothesis: CANA_AZUCAR has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.080898	0.6481
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(CANA_AZUCAR)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:34
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CANA_AZUCAR(-1)	-0.001972	0.024375	-0.080898	0.9361
D(CANA_AZUCAR(-1))	0.288221	0.181019	1.592212	0.1226
D(CANA_AZUCAR(-2))	0.018056	0.167588	0.107741	0.9150
D(CANA_AZUCAR(-3))	-0.115860	0.157286	-0.736619	0.4675

R-squared	0.096098	Mean dependent var	14.22573
Adjusted R-squared	-0.000748	S.D. dependent var	117.6441
S.E. of regression	117.6882	Akaike info criterion	12.49042
Sum squared resid	387814.1	Schwarz criterion	12.67364
Log likelihood	-195.8468	Hannan-Quinn criter.	12.55115
Durbin-Watson stat	2.152892		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.6481>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario

6. Espárragos

Null Hypothesis: ESPARRAGOS has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 4 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.226343	0.7453
Test critical values:	1% level	-2.641672	
	5% level	-1.952066	
	10% level	-1.610400	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ESPARRAGOS)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:35
Sample (adjusted): 2017M06 2019M12
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ESPARRAGOS(-1)	0.005450	0.024077	0.226343	0.8227
D(ESPARRAGOS(-1))	0.138965	0.199643	0.696066	0.4926
D(ESPARRAGOS(-2))	-0.322802	0.202792	-1.591787	0.1235
D(ESPARRAGOS(-3))	0.150573	0.201166	0.748500	0.4609
D(ESPARRAGOS(-4))	-0.373088	0.214359	-1.740485	0.0936

R-squared	0.155625	Mean dependent var	0.378654
Adjusted R-squared	0.025721	S.D. dependent var	4.133043
S.E. of regression	4.079545	Akaike info criterion	5.796538
Sum squared resid	432.7098	Schwarz criterion	6.027826
Log likelihood	-84.84634	Hannan-Quinn criter.	5.871932
Durbin-Watson stat	1.915167		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.7543>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario

7. PBI per cápita

Null Hypothesis: PBI_PER_CAPITA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 4 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.843954	0.3422
Test critical values:	1% level	-2.641672	
	5% level	-1.952066	
	10% level	-1.610400	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PBI_PER_CAPITA)
Method: Least Squares
Date: 02/21/21 Time: 14:14
Sample (adjusted): 2017M06 2019M12
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI_PER_CAPITA(-1)	-0.050136	0.059406	-0.843954	0.4064
D(PBI_PER_CAPITA(-1)...	0.023472	0.195472	0.120078	0.9053
D(PBI_PER_CAPITA(-2)...	0.023472	0.195472	0.120078	0.9053
D(PBI_PER_CAPITA(-3)...	0.023472	0.195472	0.120078	0.9053
D(PBI_PER_CAPITA(-4)...	0.023472	0.195472	0.120078	0.9053

R-squared	0.026066	Mean dependent var	-0.000806
Adjusted R-squared	-0.123770	S.D. dependent var	0.033068
S.E. of regression	0.035055	Akaike info criterion	-3.717120
Sum squared resid	0.031950	Schwarz criterion	-3.485832
Log likelihood	62.61537	Hannan-Quinn criter.	-3.641726
Durbin-Watson stat	2.001296		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.3422>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario

8. Precipitaciones acumuladas

Null Hypothesis: PRECIPITACIONES_ACUMULAD has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.685650	0.0865
Test critical values:	1% level	-2.634731	
	5% level	-1.951000	
	10% level	-1.610907	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)
Method: Least Squares
Date: 02/21/21 Time: 14:23
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRECIPITACIONES_ACUMULAD(-1)	-0.138761	0.082319	-1.685650	0.1016
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD(-...	-0.089201	0.170932	-0.521854	0.6054

R-squared	0.098372	Mean dependent var	-11.02206
Adjusted R-squared	0.070196	S.D. dependent var	257.8185
S.E. of regression	248.6049	Akaike info criterion	13.92663
Sum squared resid	1977741.	Schwarz criterion	14.01642
Log likelihood	-234.7527	Hannan-Quinn criter.	13.95725
Durbin-Watson stat	1.974327		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.0865>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario

9. Superficie agrícola

Null Hypothesis: SUPERFICIE_SEMBRADA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.379687	0.1525
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(SUPERFICIE_SEMBRADA)
Method: Least Squares
Date: 02/21/21 Time: 14:25
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SUPERFICIE_SEMBRADA(-1)	-0.147941	0.107228	-1.379687	0.1786
D(SUPERFICIE_SEMBRADA(-1...	0.144716	0.188583	0.767390	0.4493
D(SUPERFICIE_SEMBRADA(-2...	-0.169056	0.162399	-1.040990	0.3068
D(SUPERFICIE_SEMBRADA(-3...	-0.004559	0.160735	-0.028365	0.9776

R-squared	0.118175	Mean dependent var	147.8203
Adjusted R-squared	0.023694	S.D. dependent var	5879.737
S.E. of regression	5809.664	Akaike info criterion	20.28890
Sum squared resid	9.45E+08	Schwarz criterion	20.47212
Log likelihood	-320.6224	Hannan-Quinn criter.	20.34963
Durbin-Watson stat	1.999236		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.1525>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario.

10. Promedio Rendimientos agrícolas

Null Hypothesis: PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 4 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.535025	0.8260
Test critical values:	1% level	-2.641672	
	5% level	-1.952066	
	10% level	-1.610400	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS)
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:41
Sample (adjusted): 2017M06 2019M12
Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-1)	0.009342	0.017461	0.535025	0.5972
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-1...	-0.019148	0.187487	-0.102128	0.9194
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-2...	-0.139569	0.180138	-0.774789	0.4455
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-3...	0.076353	0.179307	0.425824	0.6737
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-4...	-0.262013	0.183458	-1.428186	0.1651

R-squared	0.088242	Mean dependent var	804.7079
Adjusted R-squared	-0.052029	S.D. dependent var	9155.725
S.E. of regression	9390.885	Akaike info criterion	21.27956
Sum squared resid	2.29E+09	Schwarz criterion	21.51084
Log likelihood	-324.8331	Hannan-Quinn criter.	21.35495
Durbin-Watson stat	2.012309		

Fuente: Elaboración propia.

Primero se observa que el estadístico de Durbin-Watson para saber si hay o no autocorrelación, al estar cerca de 2, podemos decir que no hay autocorrelación. Luego de ello observamos el p-value, en este caso resulta 0.8260>0.05, por ende, si hay raíz unitaria. Se acepta la hipótesis nula. En otras palabras, es un proceso no estacionario.

Anexo N° 9: Test de autocorrelación de Breusch-Godfrey

H_o: No hay presencia de autocorrelación

H_1: Hay presencia de autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.007480	Prob. F(1,25)	0.9318
Obs*R-squared	0.010767	Prob. Chi-Square(1)	0.9174

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:00
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.53E-05	0.915554	8.22E-05	0.9999
LOG(ARROZ)	-0.001037	0.034338	-0.030188	0.9762
LOG(CAFE)	-0.000162	0.010631	-0.015282	0.9879
LOG(CANA_AZUCAR)	-0.000234	0.065014	-0.003604	0.9972
LOG(ESPARRAGOS)	-0.001128	0.106434	-0.010600	0.9916
LOG(PAPA)	0.001157	0.035202	0.032861	0.9740
LOG(PBI PER CAPITA)	-0.000237	0.014413	-0.016468	0.9870
LOG(PRECIPITACIONES_ACUMULAD)	-2.88E-05	0.016775	-0.001718	0.9986
LOG(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS...	0.000475	0.060287	0.007874	0.9938
LOG(SUPERFICIE SEMBRADA)	-0.000142	0.025906	-0.005498	0.9957
RESID(-1)	0.021074	0.243671	0.086485	0.9318

R-squared	0.000299	Mean dependent var	4.38E-16
Adjusted R-squared	-0.399581	S.D. dependent var	0.050202
S.E. of regression	0.059391	Akaike info criterion	-2.562882
Sum squared resid	0.088182	Schwarz criterion	-2.079029
Log likelihood	57.13187	Hannan-Quinn criter.	-2.394004
F-statistic	0.000748	Durbin-Watson stat	1.882323
Prob(F-statistic)	1.000000		

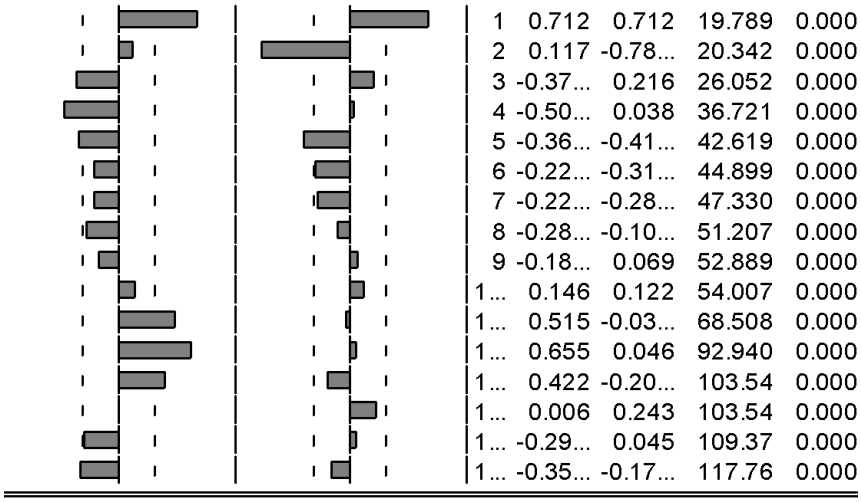
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la mejor ecuación, se valida la existencia o no de autocorrelación**.** Aplicando el test de Breusch-Godfrey, se llega a que la mejor ecuación es la que tiene 1 rezago en sus residuales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Anexo N° 10: Correlogramas de las series en niveles

Gráfico N° 14: Correlograma de la serie PBI_AGRICOLA.

Date: 05/30/21 Time: 12:01
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



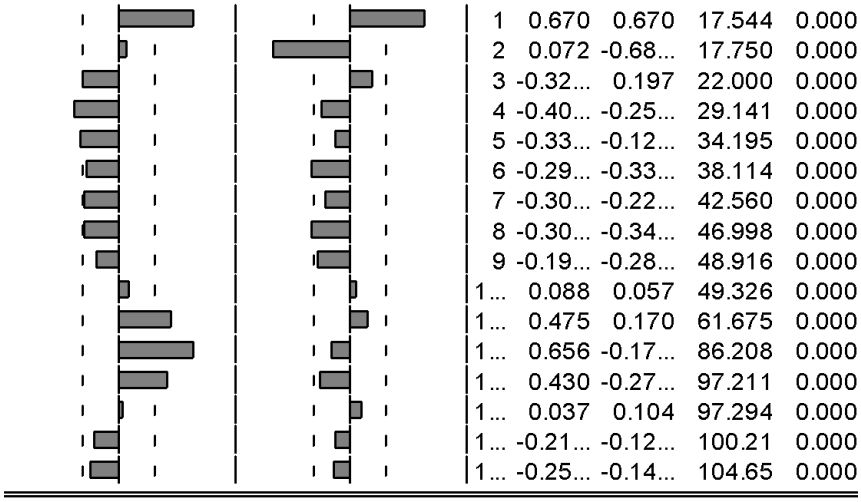
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.712	0.712	19.789	0.000
		2	0.117	-0.78...	20.342	0.000
		3	-0.37...	0.216	26.052	0.000
		4	-0.50...	0.038	36.721	0.000
		5	-0.36...	-0.41...	42.619	0.000
		6	-0.22...	-0.31...	44.899	0.000
		7	-0.22...	-0.28...	47.330	0.000
		8	-0.28...	-0.10...	51.207	0.000
		9	-0.18...	0.069	52.889	0.000
		1...	0.146	0.122	54.007	0.000
		1...	0.515	-0.03...	68.508	0.000
		1...	0.655	0.046	92.940	0.000
		1...	0.422	-0.20...	103.54	0.000
		1...	0.006	0.243	103.54	0.000
		1...	-0.29...	0.045	109.37	0.000
		1...	-0.35...	-0.17...	117.76	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie PBI_agrícola tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 15: Correlograma de la serie PAPA.

Date: 05/30/21 Time: 11:27
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



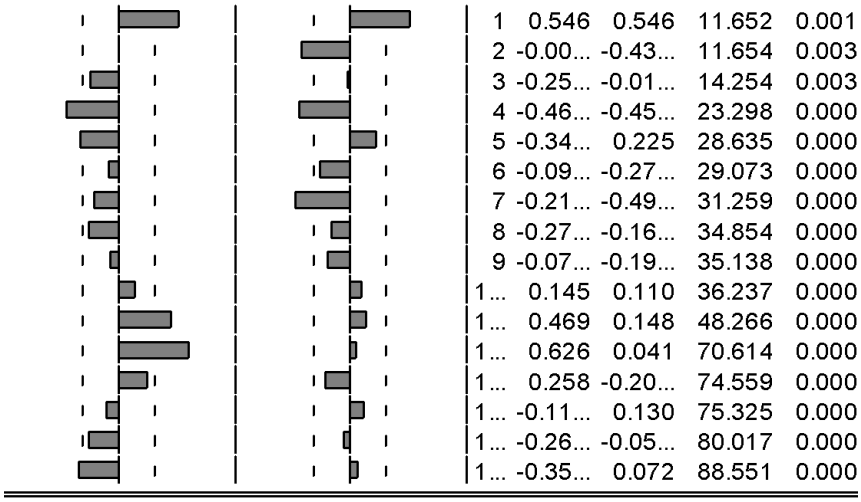
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.670	0.670	17.544	0.000
		2	0.072	-0.68...	17.750	0.000
		3	-0.32...	0.197	22.000	0.000
		4	-0.40...	-0.25...	29.141	0.000
		5	-0.33...	-0.12...	34.195	0.000
		6	-0.29...	-0.33...	38.114	0.000
		7	-0.30...	-0.22...	42.560	0.000
		8	-0.30...	-0.34...	46.998	0.000
		9	-0.19...	-0.28...	48.916	0.000
		1...	0.088	0.057	49.326	0.000
		1...	0.475	0.170	61.675	0.000
		1...	0.656	-0.17...	86.208	0.000
		1...	0.430	-0.27...	97.211	0.000
		1...	0.037	0.104	97.294	0.000
		1...	-0.21...	-0.12...	100.21	0.000
		1...	-0.25...	-0.14...	104.65	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie papa tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 16: Correlograma de la serie ARROZ.

Date: 05/30/21 Time: 11:24
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



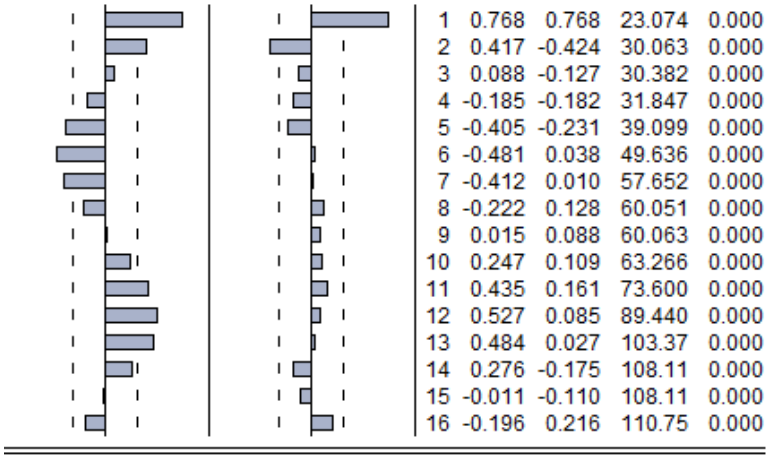
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.546	0.546	11.652	0.001
		2	-0.00...	-0.43...	11.654	0.003
		3	-0.25...	-0.01...	14.254	0.003
		4	-0.46...	-0.45...	23.298	0.000
		5	-0.34...	0.225	28.635	0.000
		6	-0.09...	-0.27...	29.073	0.000
		7	-0.21...	-0.49...	31.259	0.000
		8	-0.27...	-0.16...	34.854	0.000
		9	-0.07...	-0.19...	35.138	0.000
		1...	0.145	0.110	36.237	0.000
		1...	0.469	0.148	48.266	0.000
		1...	0.626	0.041	70.614	0.000
		1...	0.258	-0.20...	74.559	0.000
		1...	-0.11...	0.130	75.325	0.000
		1...	-0.26...	-0.05...	80.017	0.000
		1...	-0.35...	0.072	88.551	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie arroz tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 17: Correlograma de la serie CAÑA_AZUCAR.

Date: 05/30/21 Time: 11:24
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



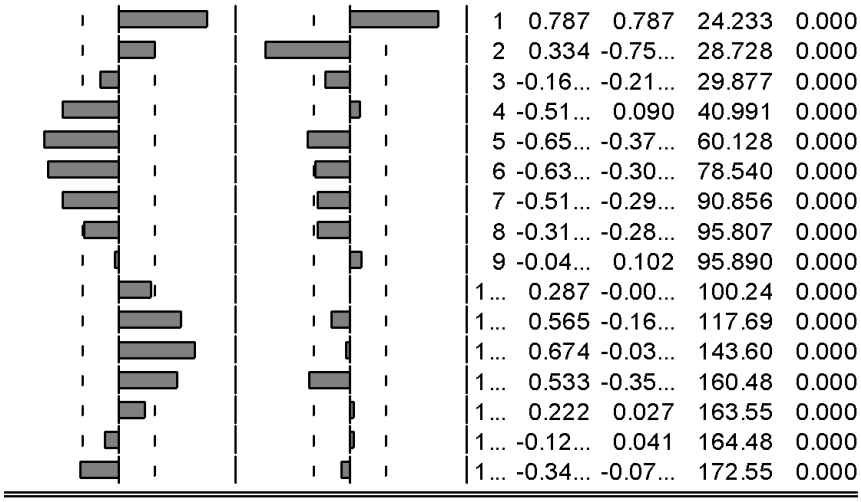
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.768	0.768	23.074	0.000
		2	0.417	-0.424	30.063	0.000
		3	0.088	-0.127	30.382	0.000
		4	-0.185	-0.182	31.847	0.000
		5	-0.405	-0.231	39.099	0.000
		6	-0.481	0.038	49.636	0.000
		7	-0.412	0.010	57.652	0.000
		8	-0.222	0.128	60.051	0.000
		9	0.015	0.088	60.063	0.000
		10	0.247	0.109	63.266	0.000
		11	0.435	0.161	73.600	0.000
		12	0.527	0.085	89.440	0.000
		13	0.484	0.027	103.37	0.000
		14	0.276	-0.175	108.11	0.000
		15	-0.011	-0.110	108.11	0.000
		16	-0.196	0.216	110.75	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie caña de azúcar tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 18: Correlograma de la serie CAFÉ.

Date: 05/30/21 Time: 11:24
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



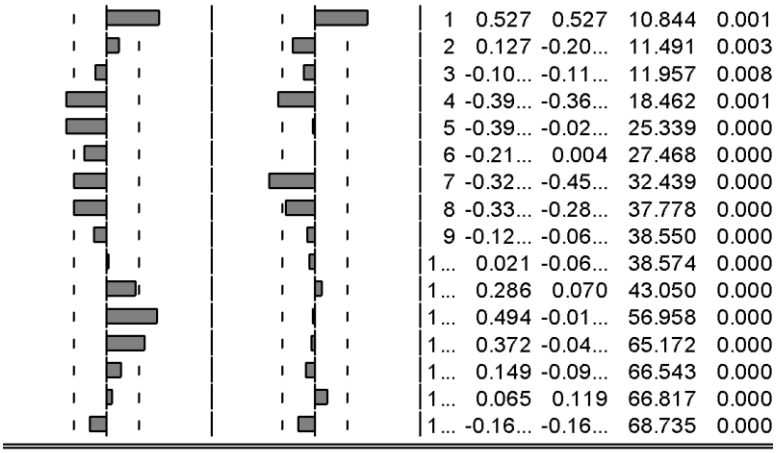
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.787	0.787	24.233	0.000
		2	0.334	-0.75...	28.728	0.000
		3	-0.16...	-0.21...	29.877	0.000
		4	-0.51...	0.090	40.991	0.000
		5	-0.65...	-0.37...	60.128	0.000
		6	-0.63...	-0.30...	78.540	0.000
		7	-0.51...	-0.29...	90.856	0.000
		8	-0.31...	-0.28...	95.807	0.000
		9	-0.04...	0.102	95.890	0.000
		1...	0.287	-0.00...	100.24	0.000
		1...	0.565	-0.16...	117.69	0.000
		1...	0.674	-0.03...	143.60	0.000
		1...	0.533	-0.35...	160.48	0.000
		1...	0.222	0.027	163.55	0.000
		1...	-0.12...	0.041	164.48	0.000
		1...	-0.34...	-0.07...	172.55	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie café tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 19: Correlograma de la serie ESPÁRRAGO.

Date: 05/30/21 Time: 11:26
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



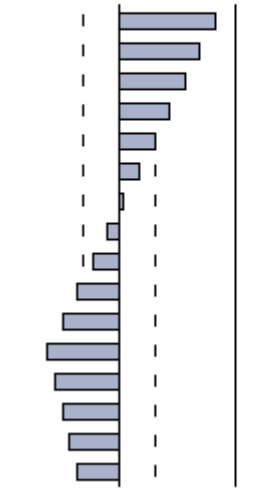
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.527	0.527	10.844	0.001
		2	0.127	-0.20...	11.491	0.003
		3	-0.10...	-0.11...	11.957	0.008
		4	-0.39...	-0.36...	18.462	0.001
		5	-0.39...	-0.02...	25.339	0.000
		6	-0.21...	0.004	27.468	0.000
		7	-0.32...	-0.45...	32.439	0.000
		8	-0.33...	-0.28...	37.778	0.000
		9	-0.12...	-0.06...	38.550	0.000
		1...	0.021	-0.06...	38.574	0.000
		1...	0.286	0.070	43.050	0.000
		1...	0.494	-0.01...	56.958	0.000
		1...	0.372	-0.04...	65.172	0.000
		1...	0.149	-0.09...	66.543	0.000
		1...	0.065	0.119	66.817	0.000
		1...	-0.16...	-0.16...	68.735	0.000

Fuente: Elaboración propia en Eviews 8.

Se aprecia que la serie espárragos tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 20: Correlograma PBI per cápita

Date: 05/30/21 Time: 12:02
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

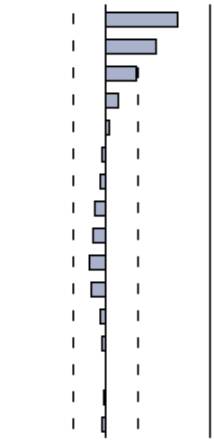


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.863	0.863	29.087	0.000
		2	0.725	-0.074	50.256	0.000
		3	0.588	-0.080	64.589	0.000
		4	0.451	-0.086	73.271	0.000
		5	0.313	-0.095	77.604	0.000
		6	0.176	-0.105	79.017	0.000
		7	0.039	-0.117	79.087	0.000
		8	-0.099	-0.132	79.563	0.000
		9	-0.236	-0.152	82.384	0.000
		10	-0.373	-0.180	89.717	0.000
		11	-0.511	-0.219	103.99	0.000
		12	-0.648	-0.281	127.92	0.000
		13	-0.582	0.641	148.04	0.000
		14	-0.515	-0.061	164.55	0.000
		15	-0.449	-0.065	177.69	0.000
		16	-0.383	-0.070	187.70	0.000

Se aprecia que la serie PBI per cápita tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 21: Correlograma Precipitaciones acumuladas

Date: 05/30/21 Time: 12:02
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

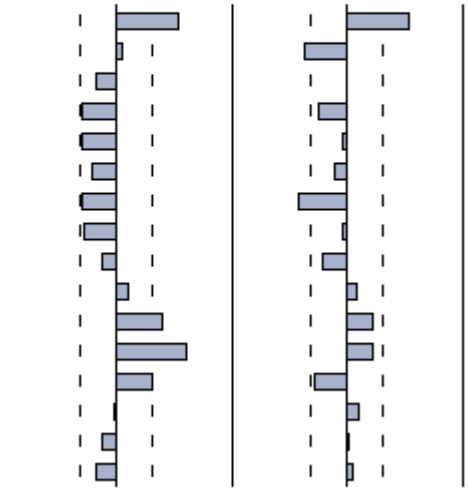


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.724	0.724	20.490	0.000
		2	0.514	-0.022	31.104	0.000
		3	0.307	-0.120	35.003	0.000
		4	0.126	-0.100	35.687	0.000
		5	0.033	0.032	35.734	0.000
		6	-0.028	-0.014	35.771	0.000
		7	-0.060	-0.020	35.939	0.000
		8	-0.112	-0.104	36.551	0.000
		9	-0.120	0.018	37.283	0.000
		10	-0.160	-0.094	38.630	0.000
		11	-0.146	0.040	39.794	0.000
		12	-0.051	0.150	39.944	0.000
		13	-0.033	-0.095	40.007	0.000
		14	-0.008	-0.030	40.011	0.000
		15	-0.010	-0.025	40.017	0.000
		16	-0.035	-0.032	40.100	0.001

Se aprecia que la serie Precipitaciones acumuladas tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se pude decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 22: Correlograma Superficie sembrada

Date: 05/30/21 Time: 12:03
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

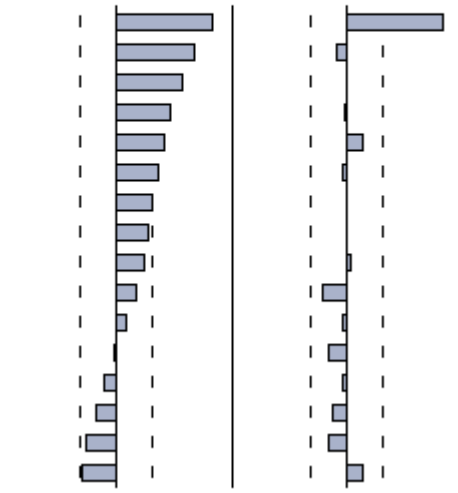


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.559	0.559	12.196	0.000
		2	0.048	-0.384	12.288	0.002
		3	-0.181	-0.005	13.639	0.003
		4	-0.312	-0.258	17.789	0.001
		5	-0.309	-0.038	22.007	0.001
		6	-0.209	-0.104	23.997	0.001
		7	-0.307	-0.435	28.431	0.000
		8	-0.294	-0.029	32.662	0.000
		9	-0.131	-0.219	33.529	0.000
		10	0.101	0.092	34.061	0.000
		11	0.413	0.242	43.386	0.000
		12	0.626	0.241	65.710	0.000
		13	0.319	-0.282	71.769	0.000
		14	-0.013	0.099	71.779	0.000
		15	-0.125	0.014	72.796	0.000
		16	-0.172	0.051	74.825	0.000

Se aprecia que la serie Superficie sembrada tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se pude decir que es una serie no estacionaria.

Gráfico N° 23: Correlograma Rendimientos agrícolas

Date: 05/30/21 Time: 12:02
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.856	0.856	28.619	0.000
		2	0.709	-0.087	48.840	0.000
		3	0.586	0.003	63.056	0.000
		4	0.480	-0.014	72.897	0.000
		5	0.432	0.151	81.146	0.000
		6	0.383	-0.046	87.844	0.000
		7	0.334	-0.008	93.122	0.000
		8	0.292	0.001	97.291	0.000
		9	0.258	0.037	100.67	0.000
		10	0.174	-0.225	102.26	0.000
		11	0.093	-0.026	102.73	0.000
		12	-0.008	-0.163	102.73	0.000
		13	-0.101	-0.042	103.34	0.000
		14	-0.179	-0.137	105.33	0.000
		15	-0.277	-0.165	110.33	0.000
		16	-0.301	0.145	116.54	0.000

Se aprecia que la serie rendimientos tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Anexo N° 11: Test de heterocedasticidad

H_o: No hay heterocedasticidad Nivel de significancia: 5%

H_1: Hay heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.104754	Prob. F(1,33)	0.7482
Obs*R-squared	0.110751	Prob. Chi-Square(1)	0.7393

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 05/30/21 Time: 11:15
Sample (adjusted): 2017M02 2019M12
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.002345	0.000737	3.183514	0.0032
RESID^2(-1)	0.058629	0.181146	0.323657	0.7482

R-squared	0.003164	Mean dependent var	0.002479
Adjusted R-squared	-0.027043	S.D. dependent var	0.003558
S.E. of regression	0.003606	Akaike info criterion	-8.356939
Sum squared resid	0.000429	Schwarz criterion	-8.268062
Log likelihood	148.2464	Hannan-Quinn criter.	-8.326259
F-statistic	0.104754	Durbin-Watson stat	1.916212
Prob(F-statistic)	0.748240		

Fuente: Elaboración propia.

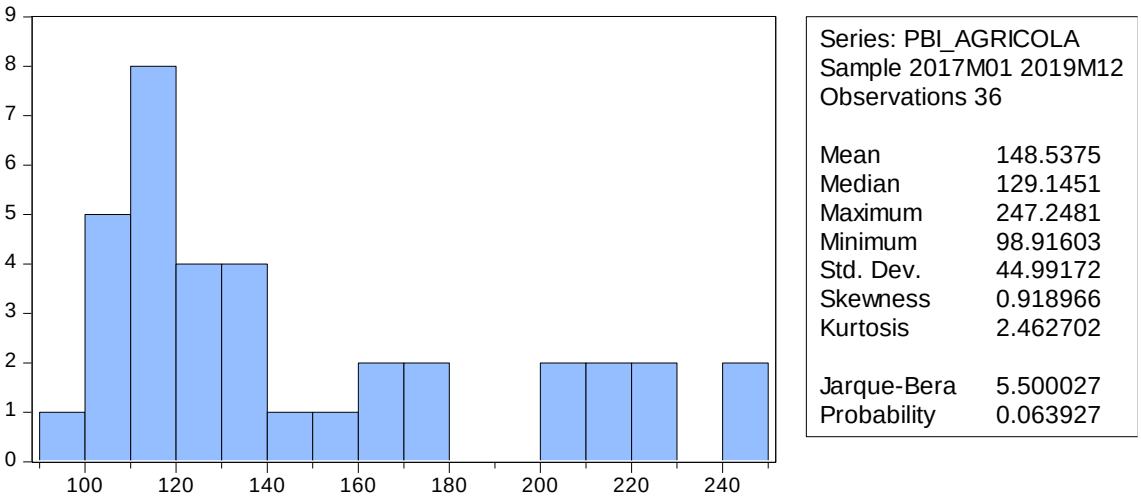
Utilizando el test de ARCH (Autoregressive conditional heteroscedasticity) para determinar la existencia de heterocedasticidad; se concluye que, observando las probabilidades, se acepta la H_o, lo que significa que no hay presencia de heterocedasticidad.

Anexo N° 12: Prueba de Normalidad

H_0: Residuos son normales Nivel de significancia: 5%

H_1: Residuos no son normales

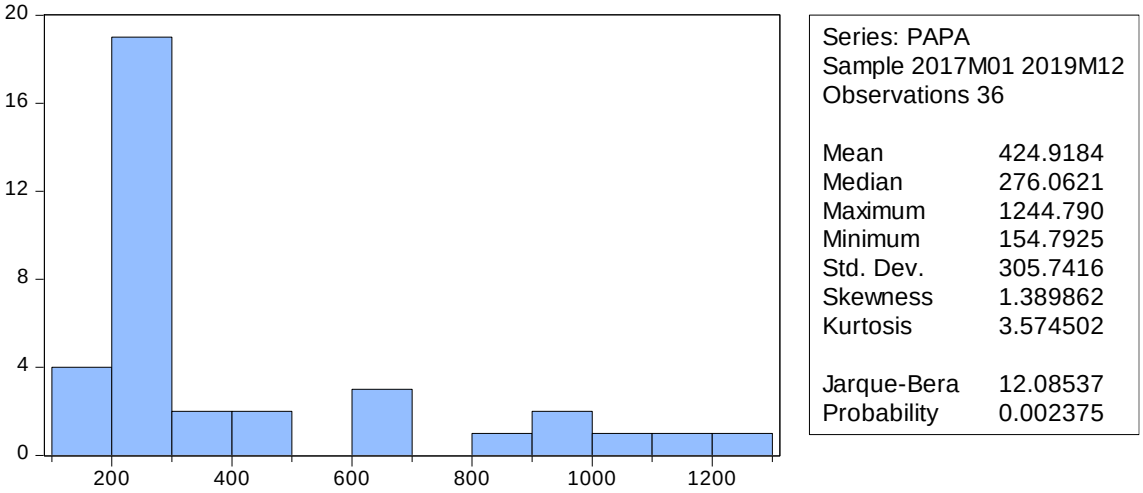
1. PBI_AGRÍCOLA



Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie PBI_AGRICOLA sigue una distribución normal.

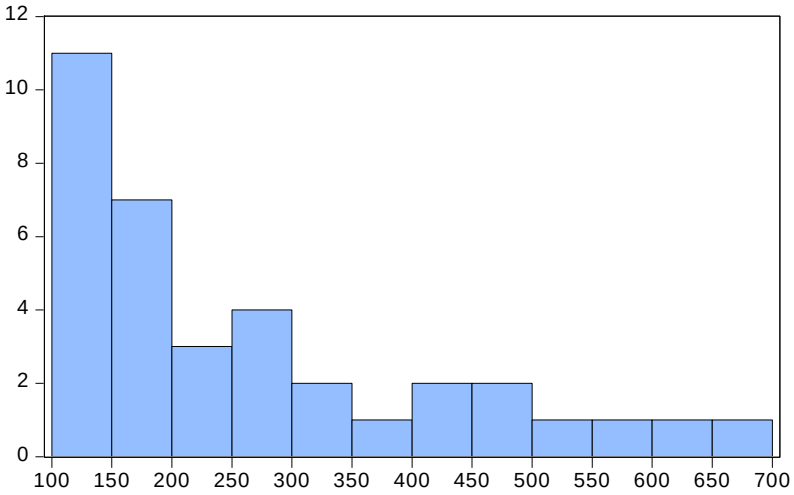
2. Papa



Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie PAPA no sigue una distribución normal.

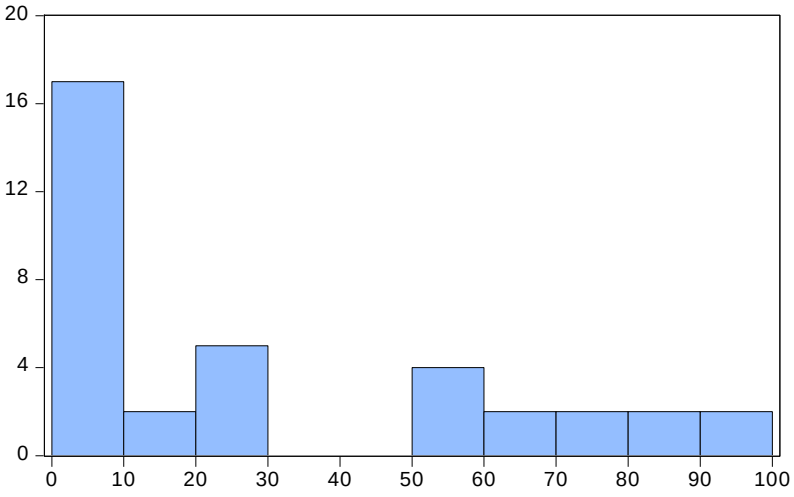
3. Arroz



Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie ARROZ no sigue una distribución normal.

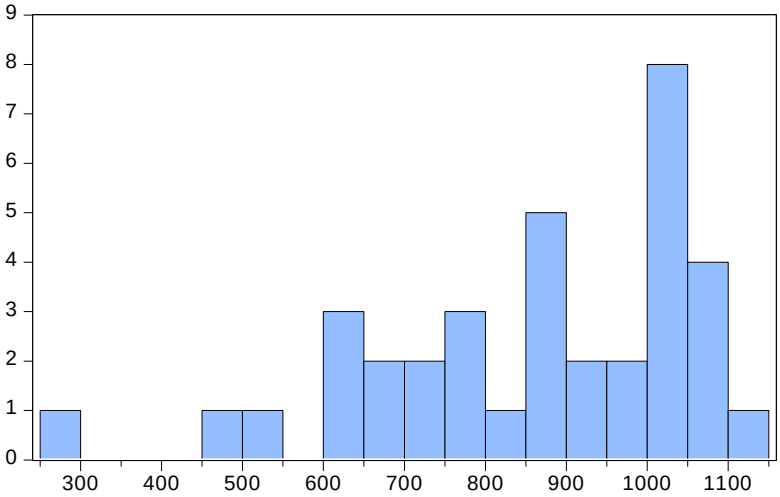
4. Café



Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie CAFÉ sigue una distribución normal.

5. Caña de azúcar

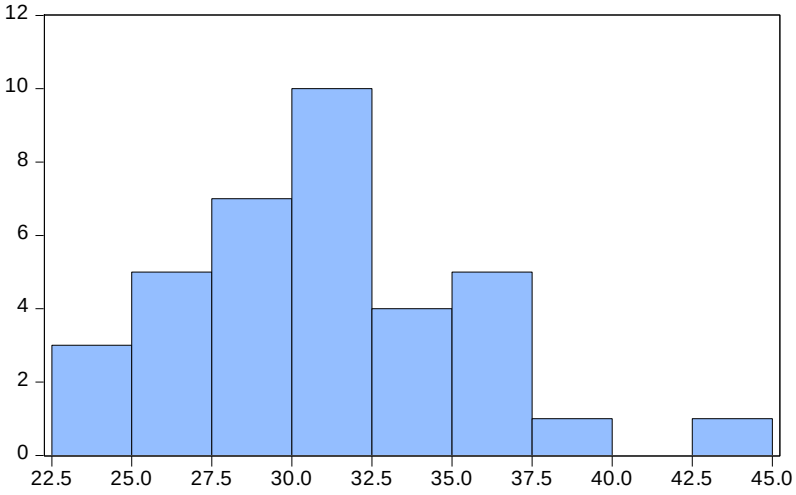


Series: CANA_AZUCAR	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	851.0750
Median	886.2671
Maximum	1101.879
Minimum	288.1306
Std. Dev.	197.8009
Skewness	-0.910344
Kurtosis	3.238087
Jarque-Bera	5.057390
Probability	0.079763

Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie CAÑA DE AZÚCAR sigue una distribución normal.

6. Espárragos

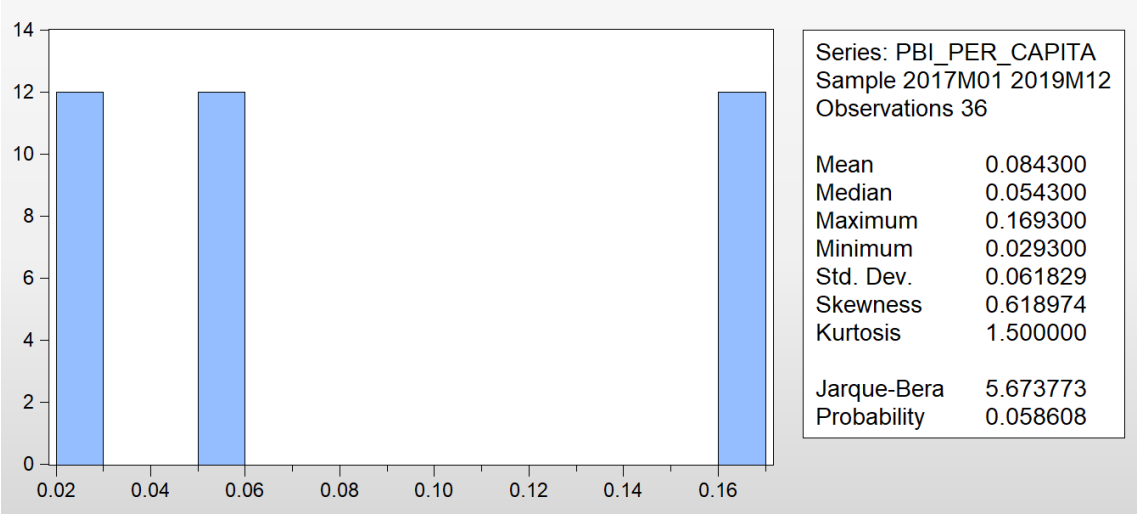


Series: ESPARRAGOS	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	30.84770
Median	30.64262
Maximum	42.64534
Minimum	22.52030
Std. Dev.	4.455853
Skewness	0.398654
Kurtosis	3.039515
Jarque-Bera	0.955893
Probability	0.620055

Fuente: Elaboración propia.

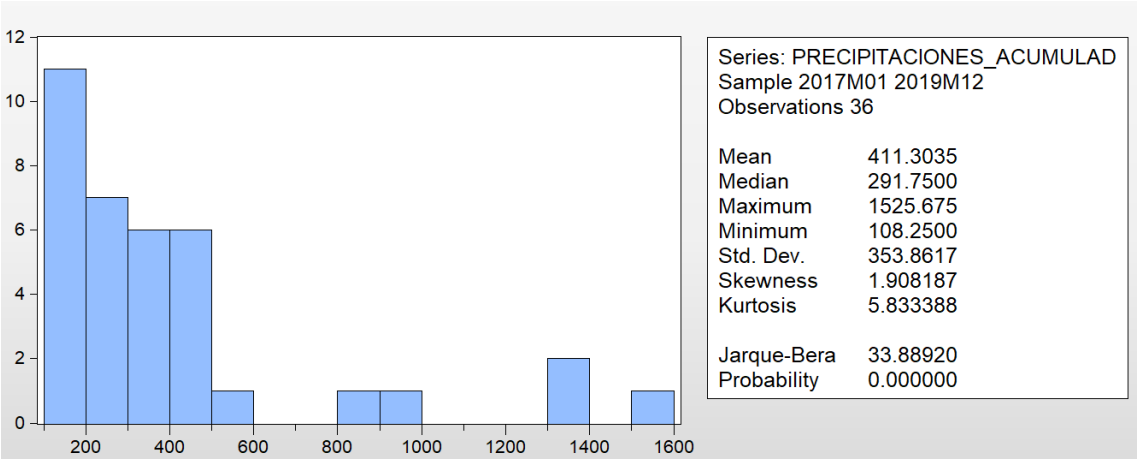
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie ESPÁRRAGOS sigue una distribución normal.

7. PBI per cápita



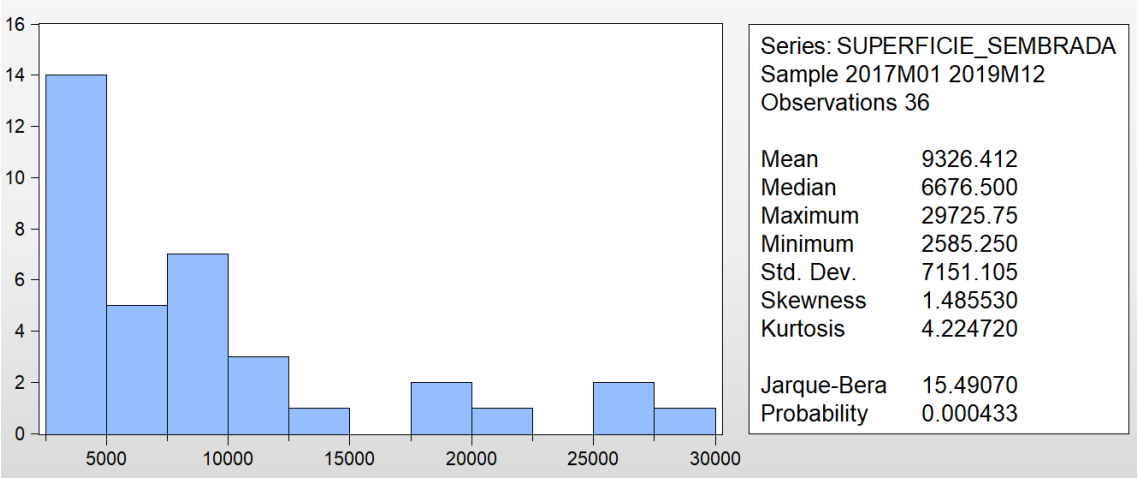
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie PBI PER CÁPITA sigue una distribución normal.

8. Precipitaciones acumuladas



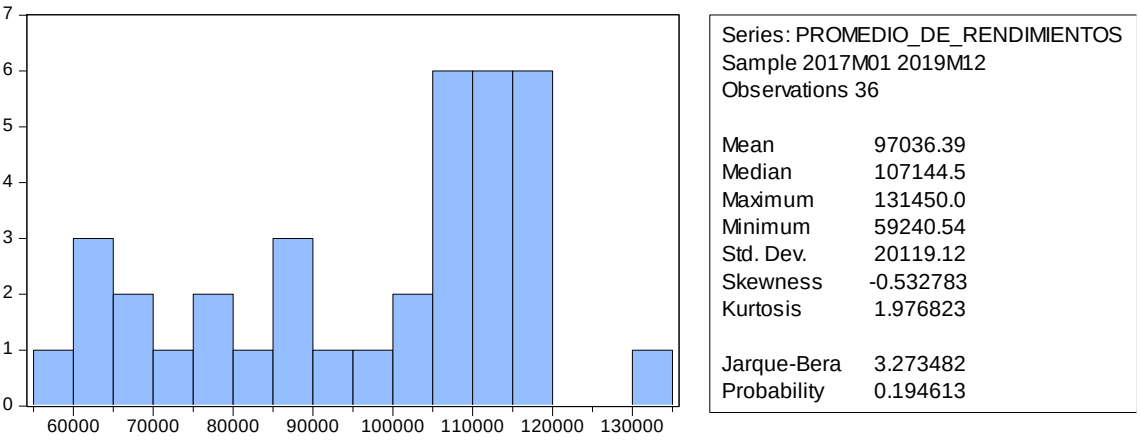
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie PRECIPITACIONES ACUMULADAS no sigue una distribución normal.

9. Superficie agrícola



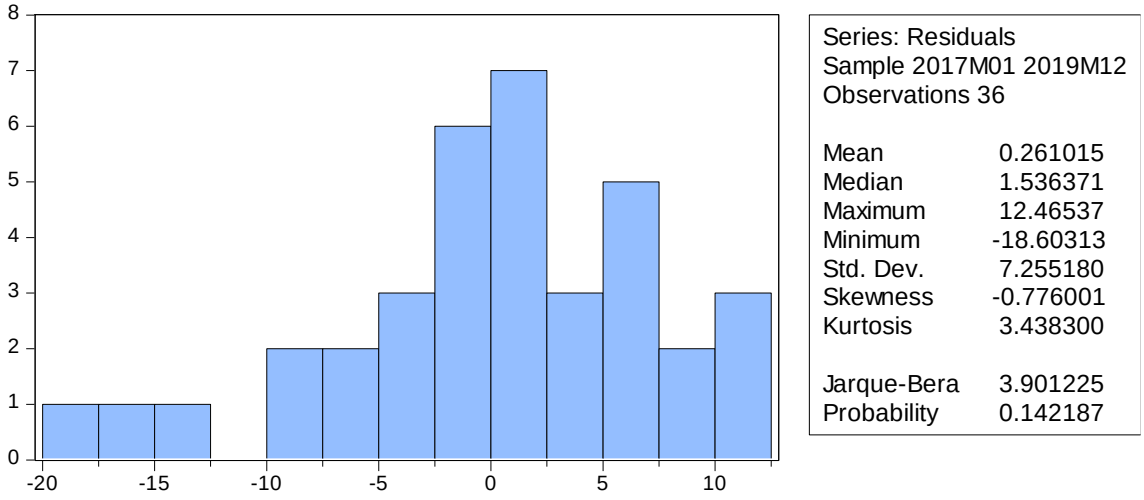
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie SUPERFICIE AGRÍCOLA no sigue una distribución normal.

10. Rendimientos agrícolas



Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie promedio de rendimientos sigue una distribución normal.

11. Residuales



Fuente: Elaboración propia.

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_o, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie RESIDUALES sigue una distribución normal.

Anexo N° 13: Resumen Data Panel

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observations	
rendim~z	overall	4854.006	4340.763	0	12672.8	N =	144
	between		1072.56	3853.865	6373.098	n =	4
	within		4239.505	-1519.091	11153.71	T =	36
Produc~z	overall	26385.04	50807.77	0	218961	N =	144
	between		11506	10422.78	35829.78	n =	4
	within		49814.09	-9444.737	211706.7	T =	36
Rendim~o	overall	0	0	0	0	N =	144
	between		0	0	0	n =	4
	within		0	0	0	T =	36
Produc~o	overall	3113.164	5253.414	0	16563.84	N =	144
	between		5944.998	0	12025.55	n =	4
	within		951.7026	143.4678	7651.458	T =	36
Rendim~é	overall	0	0	0	0	N =	144
	between		0	0	0	n =	4
	within		0	0	0	T =	36
Produc~é	overall	127.9827	361.6163	0	2303	N =	144
	between		159.1865	0	345.5833	n =	4
	within		334.1081	-217.6006	2085.399	T =	36
Rendim~r	overall	83576.4	62771.2	0	187023.4	N =	144
	between		58639.25	0	137169.3	n =	4
	within		36650.62	-12873.91	151229.2	T =	36
Produc~r	overall	161107.8	180200.4	0	549979.3	N =	144
	between		192341.9	0	410636.8	n =	4
	within		67317.17	-148185.7	300450.2	T =	36
rendim~a	overall	8605.981	8116.923	0	23835.21	N =	144
	between		9025.875	0	20493.92	n =	4
	within		2087.428	5078.1	14661.43	T =	36
Produc~a	overall	10912.95	22046.32	0	97929.08	N =	144
	between		20615.73	0	41819.6	n =	4
	within		12847.36	-25049.65	67022.43	T =	36
Fenóme~o	overall	.0833333	.2773501	0	1	N =	144
	between		0	.0833333	.0833333	n =	4
	within		.2773501	0	1	T =	36

.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 14: Relación rendimiento y producción de variables vs. Impacto ENSO

Análisis de frontera estocástica para el caso del impacto del Fenómeno de El Niño en la producción de arroz y determinación de su nivel de eficiencia

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	144
				F(1, 142)	=	3.29
Model	8.3485e+09	1	8.3485e+09	Prob > F	=	0.0720
Residual	3.6080e+11	142	2.5408e+09	R-squared	=	0.0226
				Adj R-squared	=	0.0157
Total	3.6914e+11	143	2.5814e+09	Root MSE	=	50407

Producción~z	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-27549.06	15198.13	-1.81	0.072	-57592.9	2494.777
_cons	28680.8	4387.324	6.54	0.000	20007.89	37353.71

Fuente: Elaboración propia.

Primero se realiza una regresión simple y luego otra de frontera estocástica para determinar el impacto en la eficiencia de la producción de arroz.

```
Iteration 0:   log likelihood = -1762.5342
Iteration 1:   log likelihood = -1762.5342

Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =       144
                                                 Wald chi2(1)      =      3.33
Log likelihood = -1762.5342                      Prob > chi2       =    0.0679
```

ProducciónA~z	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-27549.06	15092.22	-1.83	0.068	-57129.28	2031.151
_cons	28680.85	34496.36	0.83	0.406	-38930.78	96292.47
/lnsig2v	21.64177	.1178511	183.64	0.000	21.41078	21.87275
/lnsig2u	-5.485981	1332408	-0.00	1.000	-2611478	2611467
sigma_v	50055.24	2949.533			44595.6	56183.28
sigma_u	.0643775	42888.58			0	.
sigma2	2.51e+09	2.95e+08			1.93e+09	3.08e+09
lambda	1.29e-06	42989.9			-84258.66	84258.66

```
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 0.00                 Prob >= chibar2 = 1.000
```

Fuente: Elaboración propia.

La pérdida de eficiencia en la producción de arroz, es de aproximadamente un 5%, tal como se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te_Producc~z	144	.9506375	2.37e-08	.9506375	.9506376

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de frontera estocástica para el caso del impacto del Fenómeno de El Niño en la producción de espárrago y determinación de su nivel de eficiencia

Source	SS	df	MS		
				Number of obs	= 144
				F(1, 142)	= 0.17
Model	4783416.88	1	4783416.88	Prob > F	= 0.6787
Residual	3.9418e+09	142	27759025.3	R-squared	= 0.0012
				Adj R-squared	= -0.0058
Total	3.9466e+09	143	27598356.8	Root MSE	= 5268.7

Producción~o	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	659.4362	1588.568	0.42	0.679	-2480.862	3799.735
_cons	3058.211	458.58	6.67	0.000	2151.685	3964.737

Fuente: Elaboración propia.

Primero se realiza una regresión simple y luego otra de frontera estocástica para determinar el impacto en la eficiencia de la producción de espárrago.

```
Iteration 0:   log likelihood = -1437.3333
Iteration 1:   log likelihood = -1437.3333

Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =       144
                                                 Wald chi2(1)      =      0.17
Log likelihood = -1437.3333                      Prob > chi2       =    0.6759
```

ProducciónE~o	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	659.4362	1577.498	0.42	0.676	-2432.402	3751.275
_cons	3058.271	30190.87	0.10	0.919	-56114.75	62231.29
/lnsig2v	17.12509	.1178512	145.31	0.000	16.8941	17.35607
/lnsig2u	-5.16991	1003571	-0.00	1.000	-1966967	1966957
sigma_v	5231.967	308.2967			4661.305	5872.494
sigma_u	.0753995	37834.34			0	.
sigma2	2.74e+07	3225998			2.11e+07	3.37e+07
lambda	.0000144	37835.8			-74156.8	74156.8

LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 4.5e-13 Prob >= chibar2 = 0.500

Fuente: Elaboración propia.

La pérdida de eficiencia en la producción de espárrago, es de aproximadamente un 6%, tal como se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te_Producc~o	144	.9425724	3.61e-07	.9425721	.9425733

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de frontera estocástica para el caso del impacto del Fenómeno de El Niño en la producción de café y determinación de su nivel de eficiencia

Source	SS	df	MS		
				Number of obs	= 144
				F(1, 142)	= 1.46
Model	189997.509	1	189997.509	Prob > F	= 0.2293
Residual	18509591.9	142	130349.239	R-squared	= 0.0102
				Adj R-squared	= 0.0032
Total	18699589.5	143	130766.36	Root MSE	= 361.04

Producción~é	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-131.4249	108.8574	-1.21	0.229	-346.6154	83.76559
_cons	138.9348	31.42442	4.42	0.000	76.81466	201.0549

Fuente: Elaboración propia.

Primero se realiza una regresión simple y luego otra de frontera estocástica para determinar el impacto en la eficiencia de la producción de café.

```
Iteration 0:   log likelihood = -1051.3342
Iteration 1:   log likelihood = -1051.3342

Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =        144
                                                 Wald chi2(1)      =       1.48
Log likelihood = -1051.3342                      Prob > chi2       =     0.2241
```

ProducciónC~é	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-131.4249	108.0988	-1.22	0.224	-343.2946	80.44485
_cons	138.9908	488.0335	0.28	0.776	-817.5374	1095.519
/lnsig2v	11.76399	.1178514	99.82	0.000	11.533	11.99497
/lnsig2u	-5.305366	17325.89	-0.00	1.000	-33963.42	33952.81
sigma_v	358.5231	21.12622			319.4181	402.4156
sigma_u	.0704619	610.4077			0	.
sigma2	128538.8	15148.55			98848.23	158229.4
lambda	.0001965	610.8167			-1197.179	1197.179

```
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 0.00                  Prob >= chibar2 = 1.000
```

La pérdida de eficiencia en la producción de café, es de aproximadamente un 6%, tal como se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te_Producc~é	144	.9425724	3.61e-07	.9425721	.9425733

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de frontera estocástica para el caso del impacto del Fenómeno de El Niño en la producción de caña de azúcar y determinación de su nivel de eficiencia

Source	SS	df	MS		
				Number of obs	= 144
				F(1, 142)	= 3.38
Model	1.0791e+11	1	1.0791e+11	Prob > F	= 0.0681
Residual	4.5356e+12	142	3.1941e+10	R-squared	= 0.0232
				Adj R-squared	= 0.0164
Total	4.6435e+12	143	3.2472e+10	Root MSE	= 1.8e+05

Producción~r	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-99045.25	53886.18	-1.84	0.068	-205568	7477.551
_cons	169361.5	15555.6	10.89	0.000	138611.1	200112

Fuente: Elaboración propia.

Primero se realiza una regresión simple y luego otra de frontera estocástica para determinar el impacto en la eficiencia de la producción de caña de azúcar.

```
Iteration 0:   log likelihood = -1944.7952
Iteration 1:   log likelihood = -1944.7952

Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =       144
                                                 Wald chi2(1)      =      3.43
Log likelihood = -1944.7952                      Prob > chi2       =    0.0642
```

ProducciónC~r	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-99045.25	53510.66	-1.85	0.064	-203924.2	5833.728
_cons	169361.6	249222.6	0.68	0.497	-319105.7	657828.9
/lnsig2v	24.17317	.1178511	205.12	0.000	23.94218	24.40415
/lnsig2u	-5.308365	8862135	-0.00	1.000	-1.74e+07	1.74e+07
sigma_v	177474.8	10457.8			158117.2	199202.2
sigma_u	.0703563	311753.6			0	.
sigma2	3.15e+10	3.71e+09			2.42e+10	3.88e+10
lambda	3.96e-07	311929			-611369.6	611369.6

```
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) =  0.00                 Prob >= chibar2 = 1.000
```

La pérdida de eficiencia en la producción de la caña de azúcar es de aproximadamente un 6%, tal como se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te_Producc~r	144	.9462491	0	.9462491	.9462491

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de frontera estocástica para el caso del impacto del Fenómeno de El Niño en la producción de papa y determinación de su nivel de eficiencia

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	144
				F(1, 142)	=	0.49
Model	238017842	1	238017842	Prob > F	=	0.4860
Residual	6.9266e+10	142	487786654	R-squared	=	0.0034
				Adj R-squared	=	-0.0036
Total	6.9504e+10	143	486040019	Root MSE	=	22086

Producción~a	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	4651.665	6659.147	0.70	0.486	-8512.211	17815.54
_cons	10525.31	1922.33	5.48	0.000	6725.227	14325.39

Fuente: Elaboración propia.

Primero se realiza una regresión simple y luego otra de frontera estocástica para determinar el impacto en la eficiencia de la producción de papa.

```
Iteration 0:   log likelihood = -1643.7081
Iteration 1:   log likelihood = -1643.7081

Stoc. frontier normal/half-normal model          Number of obs     =        144
                                                 Wald chi2(1)      =       0.49
Log likelihood = -1643.7081                      Prob > chi2       =     0.4818
```

ProducciónP~a	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	4651.665	6612.741	0.70	0.482	-8309.07	17612.4
_cons	10525.37	31318.36	0.34	0.737	-50857.48	71908.22
/lnsig2v	19.9914	.1178511	169.63	0.000	19.76042	20.22239
/lnsig2u	-5.305347	1112044	-0.00	1.000	-2179572	2179562
sigma_v	21931.98	1292.354			19539.81	24617.02
sigma_u	.0704626	39178.76			0	.
sigma2	4.81e+08	5.67e+07			3.70e+08	5.92e+08
lambda	3.21e-06	39200.11			-76830.8	76830.8

```
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 4.5e-13            Prob >= chibar2 = 0.500
```

Fuente: Elaboración propia.

La pérdida de eficiencia en la producción de papa, es de aproximadamente un 6%, tal como se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
te_Producc~a	144	.9461714	7.64e-08	.9461714	.9461718

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 15: Modelo de Datos Panel

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de arroz

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0128                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0122                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      1.81
corr(u_i, Xb)  = 0.0000                         Prob > F           =    0.1812
```

rendimient~z	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-1730.933	1288.181	-1.34	0.181	-4277.896	816.0301
_cons	4998.251	371.8659	13.44	0.000	4263.006	5733.496
sigma_u	1072.5601					
sigma_e	4272.4135					
rho	.05928628	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 2.27                     Prob > F = 0.0832
```

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0122                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      1.81
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.1790
```

rendimient~z	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-1730.933	1288.181	-1.34	0.179	-4255.722	793.8557
_cons	4998.251	546.9186	9.14	0.000	3926.31	6070.191
sigma_u	802.08666					
sigma_e	4272.4135					
rho	.03404497	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente

estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de arroz.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de arroz

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0235                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0226                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      3.35
corr(u_i, Xb)  = 0.0000                         Prob > F           =    0.0694
```

Producción~z	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-27549.06	15053.82	-1.83	0.069	-57313.13	2215.008
_cons	28680.8	4345.663	6.60	0.000	20088.65	37272.94
sigma_u	11506.004					
sigma_e	49927.862					
rho	.05043012	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(3, 139) = 1.91 Prob > F = 0.1305

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0226                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      3.35
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.0672
```

Producción~z	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-27549.06	15053.82	-1.83	0.067	-57054	1955.876
_cons	28680.8	5888.188	4.87	0.000	17140.16	40221.43
sigma_u	7946.3146					
sigma_e	49927.862					
rho	.02470482	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, ninguna variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de arroz.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de espárrago

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0369                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0012                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      5.33
corr(u_i, Xb)  = -0.0000                        Prob > F           =    0.0224
```

Producción~o	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	659.4362	285.6236	2.31	0.022	94.70761	1224.165
_cons	3058.211	82.45242	37.09	0.000	2895.188	3221.234
sigma_u	5944.9983					
sigma_e	947.30623					
rho	.97523788	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 1417.83                     Prob > F = 0.0000
```

Fuente: Elaboración propia.

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0012                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      5.33
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.0210
```

Producción~o	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	659.4362	285.6236	2.31	0.021	99.62426	1219.248
_cons	3058.211	2972.594	1.03	0.304	-2767.967	8884.389
sigma_u	5942.9014					
sigma_e	947.30623					
rho	.97522083	(fraction of variance due to u_i)				

	Coefficients (b) fixed	(B) .	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
FenómenoNiño	659.4362	659.4362	-2.73e-12	.

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(1) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= -0.00 chi2<0 ==> model fitted on these data fails to meet the asymptotic assumptions of the Hausman test; see suest for a generalized test

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable fenómeno de El Niño resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), pero con signo positivo. Para elegir cuál modelo es más eficiente se realiza el Test de Hausman, el cual tiene por hipótesis nula que el modelo de efectos aleatorios es el más eficiente; sin embargo, luego de múltiples iteraciones el test no arroja resultados, además como resulta el mismo valor para ambos modelos, podemos concluir que el fenómeno de El Niño tuvo un impacto positivo sobre la producción de espárrago, lo cual no se condice con la realidad.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de café

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0119                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0102                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      1.67
corr(u_i, Xb)  = 0.0000                         Prob > F           =    0.1978
```

Producción~é	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-131.4249	101.5667	-1.29	0.198	-332.2402	69.39044
_cons	138.9348	29.31977	4.74	0.000	80.96441	196.9052
sigma_u	159.18648					
sigma_e	336.85848					
rho	.18254888	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 8.04                     Prob > F = 0.0001

Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0102                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      1.67
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.1957
```

Producción~é	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-131.4249	101.5667	-1.29	0.196	-330.4919	67.6421
_cons	138.9348	80.042	1.74	0.083	-17.94463	295.8142
sigma_u	148.95734					
sigma_e	336.85848					
rho	.16355576	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, ninguna variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de café.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de caña de azúcar

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0571                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0195                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      8.41
corr(u_i, Xb)  = -0.0000                        Prob > F           =    0.0043
```

Rendimient~r	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-31566.26	10883.97	-2.90	0.004	-53085.8	-10046.72
_cons	86206.92	3141.931	27.44	0.000	79994.77	92419.08
sigma_u	58639.255					
sigma_e	36098.044					
rho	.72518553	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 95.00                     Prob > F = 0.0000

Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0195                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      8.41
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.0037
```

Rendimient~r	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-31566.26	10883.97	-2.90	0.004	-52898.45	-10234.07
_cons	86206.92	29333.65	2.94	0.003	28714.02	143699.8
sigma_u	58329.802					
sigma_e	36098.044					
rho	.72307154	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), y con signo negativo. Por lo tanto, podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de la caña de azúcar.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de caña de azúcar

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.1665                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0232                                         max =        36

                                                F(1,139)           =     27.77
corr(u_i, Xb)  = -0.0000                        Prob > F           =    0.0000
```

Producción~r	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-99045.25	18794.77	-5.27	0.000	-136205.9	-61884.64
_cons	169361.5	5425.584	31.22	0.000	158634.2	180088.9
sigma_u	192341.86					
sigma_e	62335.212					
rho	.90495164	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 342.75                     Prob > F = 0.0000
```

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0232                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =     27.77
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.0000
```

Producción~r	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-99045.25	18794.77	-5.27	0.000	-135882.3	-62208.17
_cons	169361.5	96183.68	1.76	0.078	-19155	357878.1
sigma_u	192061.07					
sigma_e	62335.212					
rho	.90470002	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad resulta menor a 0.05 (lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado), y con signo negativo. Por lo tanto, podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de la caña de azúcar.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de la papa

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0020                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0001                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      0.28
corr(u_i, Xb)  = -0.0000                        Prob > F           =    0.5995
```

rendimient~a	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-335.6404	637.7398	-0.53	0.600	-1596.565	925.2846
_cons	8633.951	184.0996	46.90	0.000	8269.953	8997.948
sigma_u	9025.8747					
sigma_e	2115.1438					
rho	.94794251	(fraction of variance due to u_i)				

```
F test that all u_i=0: F(3, 139) = 655.54                     Prob > F = 0.0000
```

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0001                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      0.28
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.5987
```

rendimient~a	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	-335.6404	637.7398	-0.53	0.599	-1585.588	914.3067
_cons	8633.951	4513.25	1.91	0.056	-211.8573	17479.76
sigma_u	9018.9878					
sigma_e	2115.1438					
rho	.94786713	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre el rendimiento de la papa.

Impacto del Fenómeno de El Niño sobre la producción de papa

```
Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0101                                         min =        36
     between =      .                                         avg =      36.0
     overall = 0.0034                                         max =        36

                                                F(1,139)           =      1.42
corr(u_i, Xb)  = 0.0000                         Prob > F           =    0.2361
```

Producción~a	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	4651.665	3909.103	1.19	0.236	-3077.327	12380.66
_cons	10525.31	1128.461	9.33	0.000	8294.142	12756.48
sigma_u	20615.735					
sigma_e	12965.029					
rho	.71658771	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(3, 139) = 91.02 Prob > F = 0.0000

```
Random-effects GLS regression                   Number of obs      =       144
Group variable: Región                          Number of groups   =         4

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.0000                                         min =        36
     between = 0.0000                                         avg =      36.0
     overall = 0.0034                                         max =        36

                                                Wald chi2(1)       =      1.42
corr(u_i, X)   = 0 (assumed)                    Prob > chi2        =    0.2341
```

Producción~a	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
FenómenoNiño	4651.665	3909.103	1.19	0.234	-3010.037	12313.37
_cons	10525.31	10313.01	1.02	0.307	-9687.825	30738.45
sigma_u	20502.178					
sigma_e	12965.029					
rho	.71433882	(fraction of variance due to u_i)				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tanto para el caso de efectos fijos como aleatorios, la variable no resulta estadísticamente significativa, ya que la probabilidad no resulta menor a 0.05 (lo que indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de valor cero del coeficiente

estimado). Por lo tanto, no podemos corroborar el impacto del fenómeno de El Niño sobre la producción de la papa.

Anexo N° 16: Test de multicolinealidad

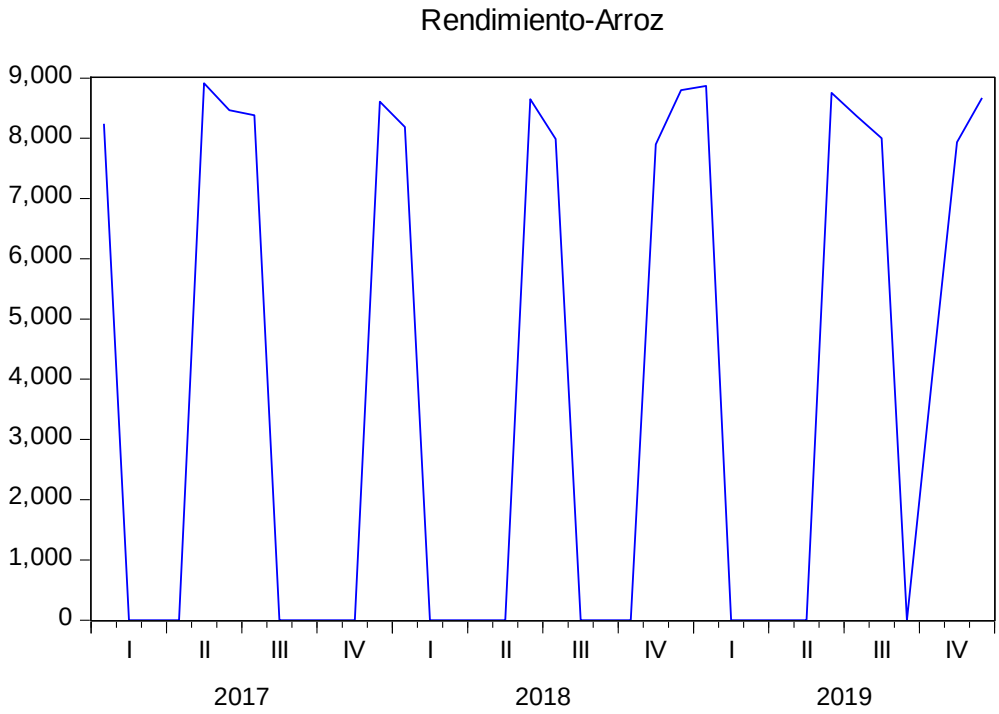
Variance Inflation Factors
Date: 02/21/21 Time: 21:51
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

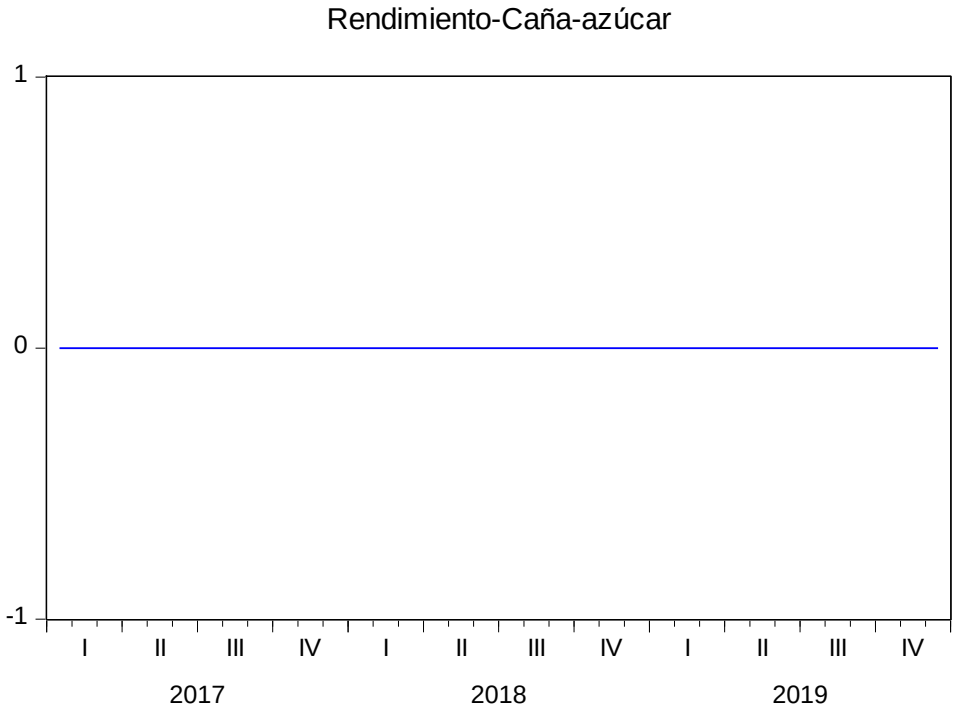
Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.834423	6732.944	NA
LOG(ARROZ)	0.001310	318.2421	2.842032
LOG(CAFE)	0.000132	9.381750	4.229466
LOG(CANA_AZUCAR)	0.003933	1432.251	2.516485
LOG(ESPARRAGOS)	0.013921	1315.369	2.257518
LOG(PAPA)	0.001214	339.3209	3.400792
LOG(PBI_PER_CAPIT...	0.000249	16.12505	1.059357
LOG(PRECIPITACION...	0.000336	91.11685	1.276961
LOG(SUPERFICIE_SE...	0.000810	521.2654	2.849282

Fuente: Elaboración propia.

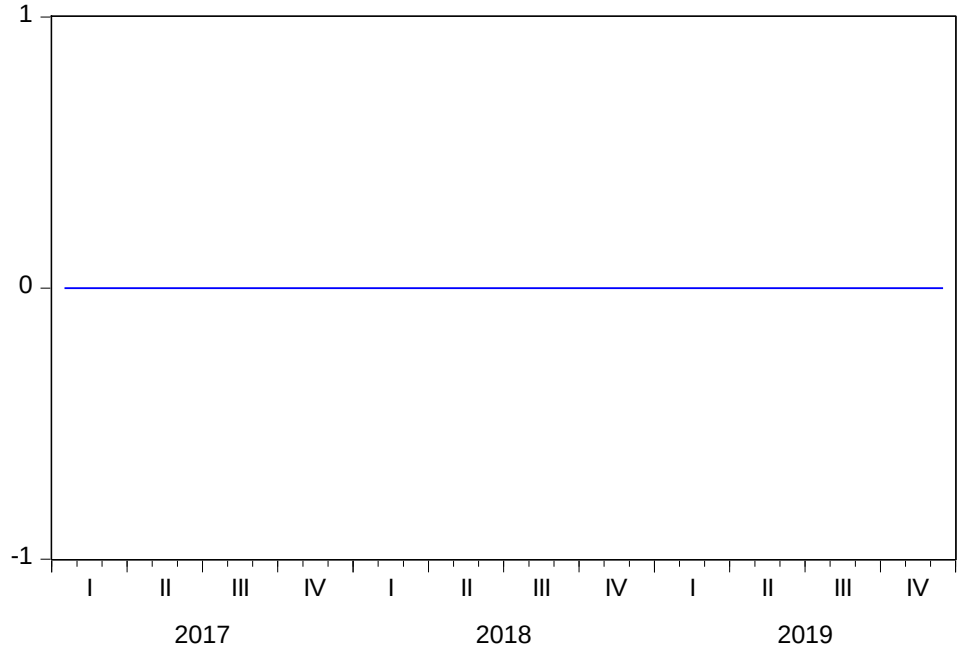
Para determinar la existencia de multicolinealidad, se aplica el test de factor de inflación de la varianza, se llega a la conclusión de que no existe ya que al tener constante se utiliza el VIF centrada, esta indica que, si los valores son menores de 10, se puede decir que no hay multicolinealidad.

Anexo N° 17: Rendimientos en Tumbes

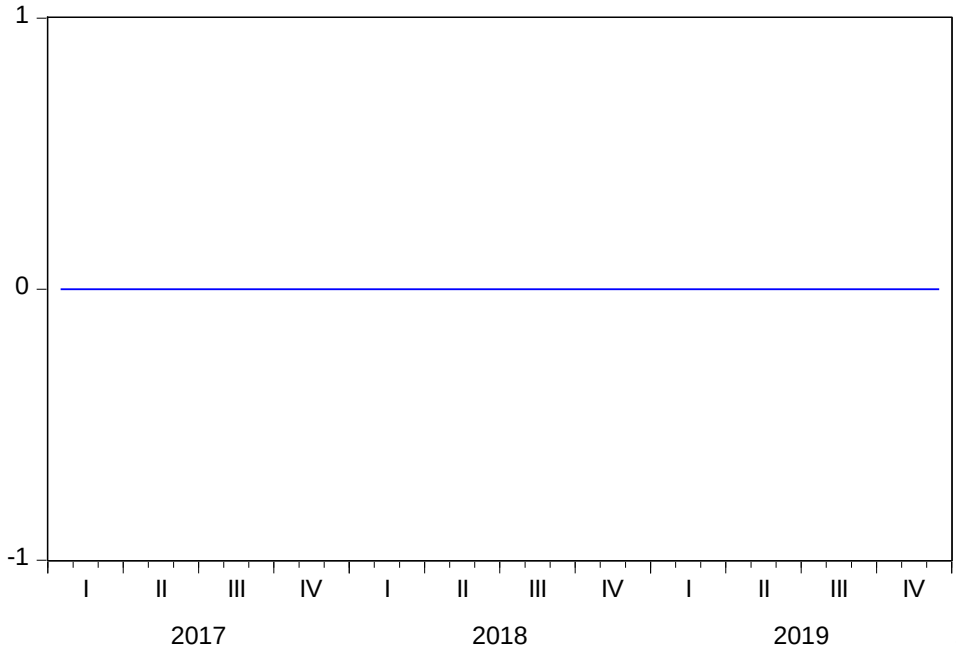




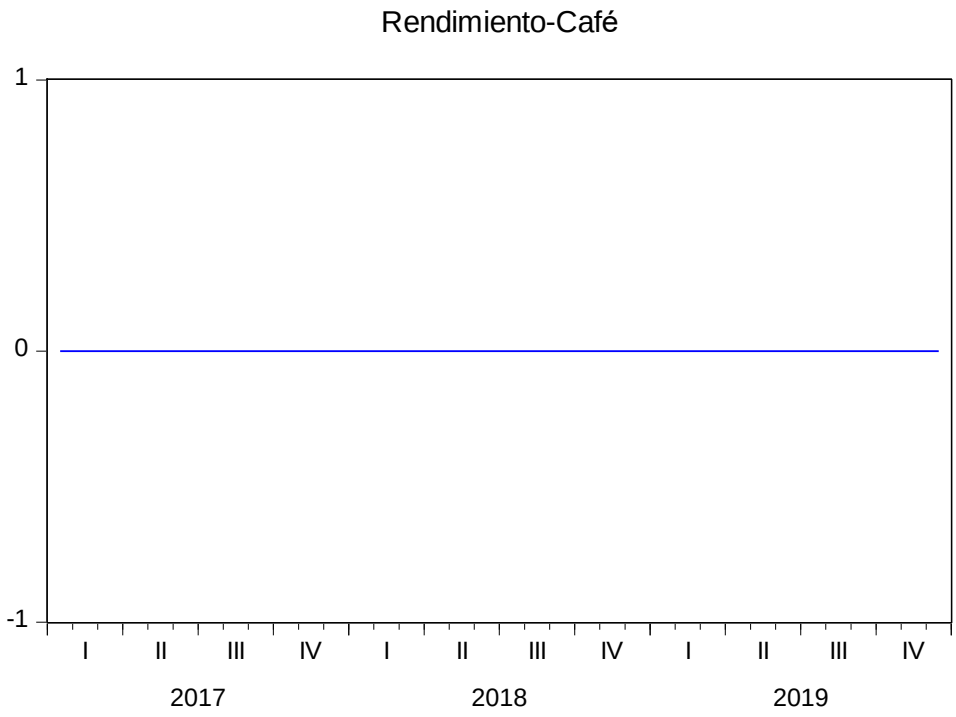
Rendimiento-Espárrago



Rendimiento-Papa



C



Correlograma

Date: 04/07/21 Time: 13:40
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.308	0.308	3.6967	0.055
		2	-0.30...	-0.43...	7.3870	0.025
		3	-0.60...	-0.45...	22.344	0.000
		4	-0.28...	-0.12...	25.796	0.000
		5	0.224	0.046	28.013	0.000
		6	0.554	0.243	41.992	0.000
		7	0.282	0.043	45.733	0.000
		8	-0.22...	-0.06...	48.125	0.000
		9	-0.42...	0.038	57.264	0.000
		1...	-0.33...	-0.20...	63.092	0.000
		1...	0.228	0.210	65.943	0.000
		1...	0.485	0.095	79.325	0.000
		1...	0.224	-0.11...	82.303	0.000
		1...	-0.21...	0.020	85.126	0.000
		1...	-0.41...	-0.05...	96.220	0.000
		1...	-0.22...	0.024	99.610	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_arroz tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Test de Dickey-Fuller Aumentado

Null Hypothesis: RENDIMIENTO ARROZ has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.151716	0.2220
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 13:46
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_ARROZ(-1)	-0.213493	0.185369	-1.151716	0.2592
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-1...	-0.003307	0.197395	-0.016753	0.9868
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-2...	-0.151207	0.182947	-0.826510	0.4155
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-3...	-0.426773	0.168082	-2.539072	0.0170

R-squared	0.335606	Mean dependent var	270.8901
Adjusted R-squared	0.264421	S.D. dependent var	4895.267
S.E. of regression	4198.469	Akaike info criterion	19.63930
Sum squared resid	4.94E+08	Schwarz criterion	19.82251
Log likelihood	-310.2287	Hannan-Quinn criter.	19.70003
Durbin-Watson stat	2.343029		

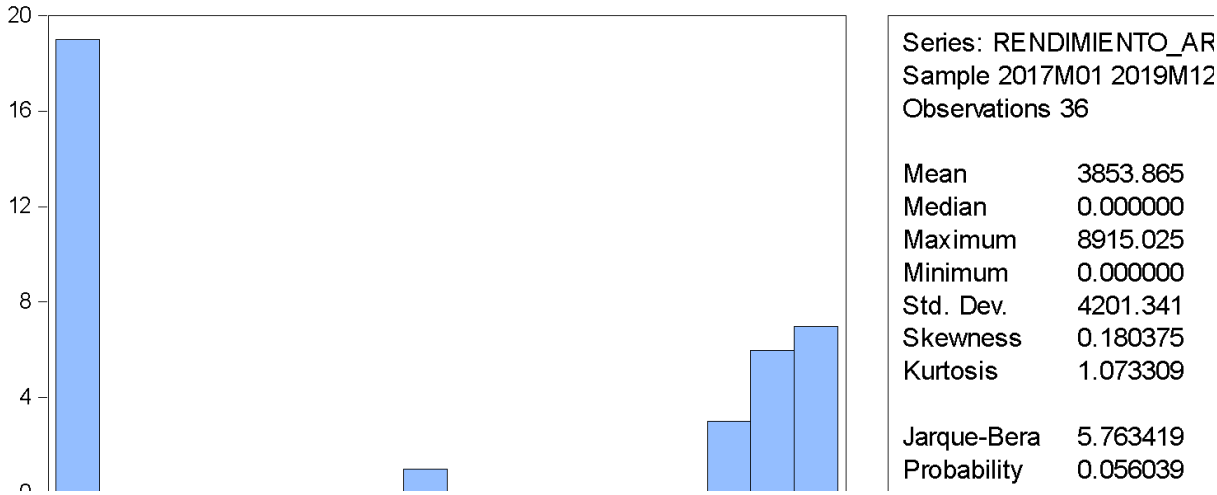
En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso no estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

En el caso de la variable Rendimiento_arroz, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Histograma y test de Normalidad

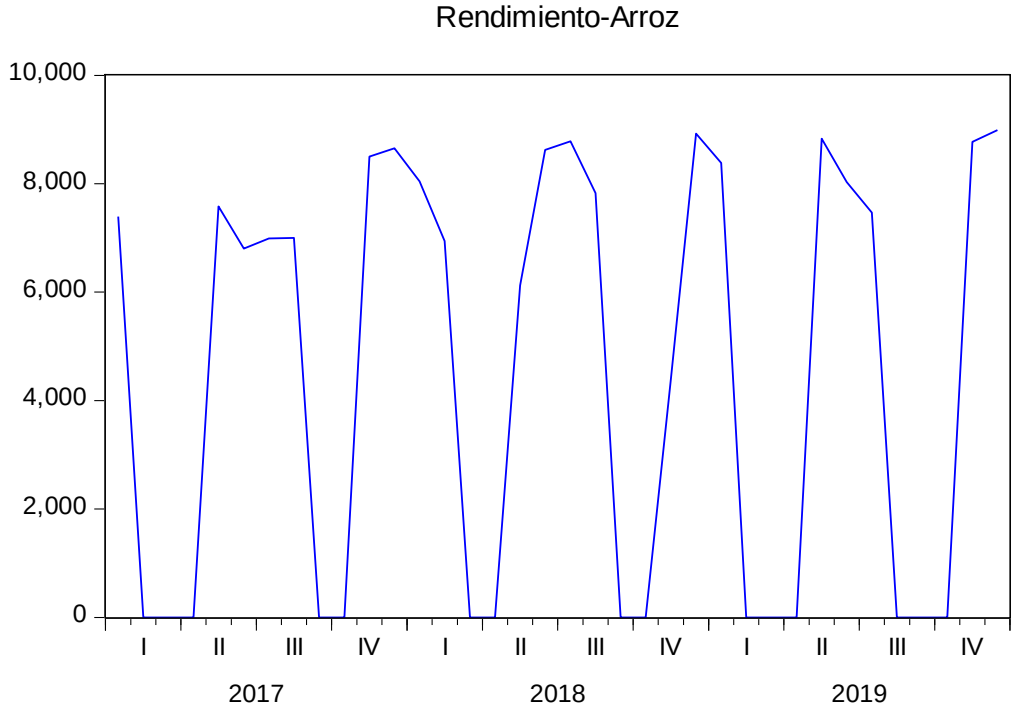
H_0: Residuos son normales Nivel de significancia: 5%

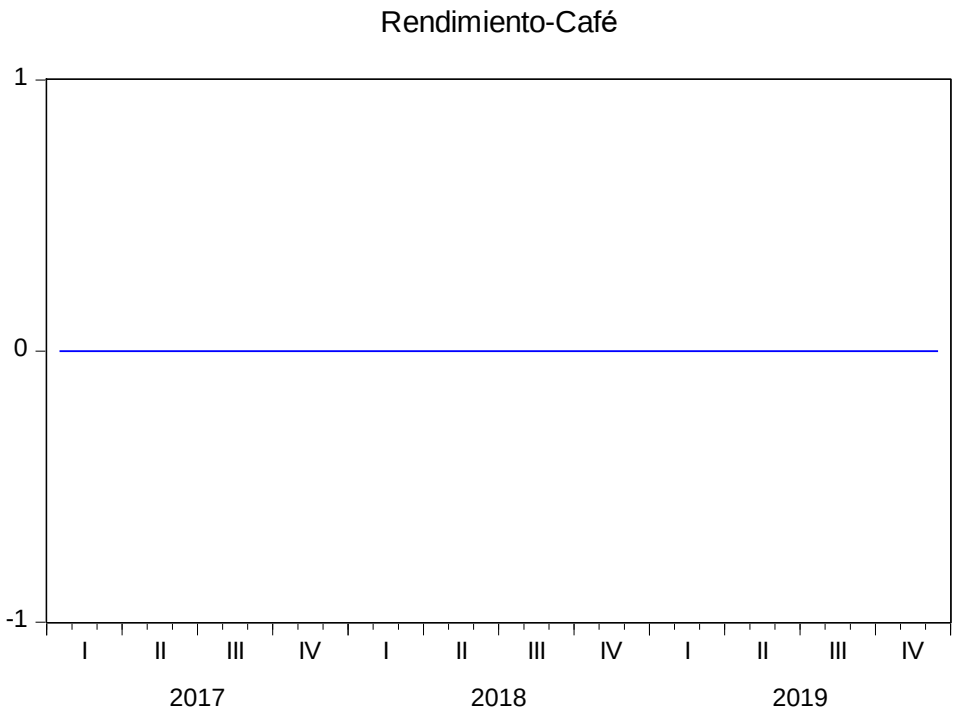
H_1: Residuos no son normales

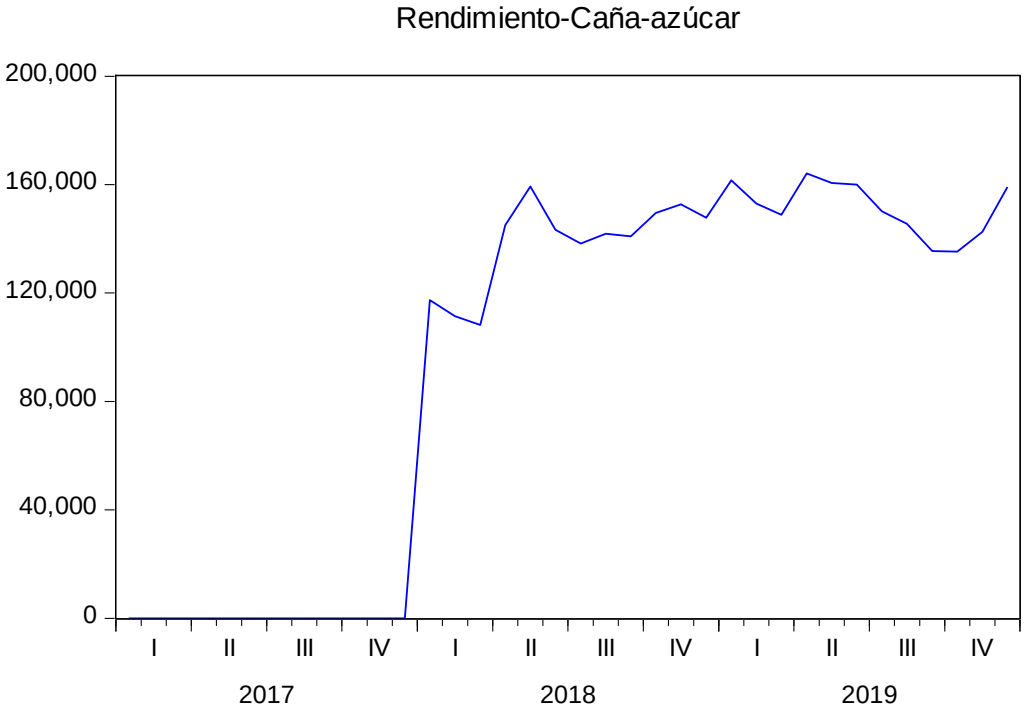


Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_arroz sigue una distribución normal.

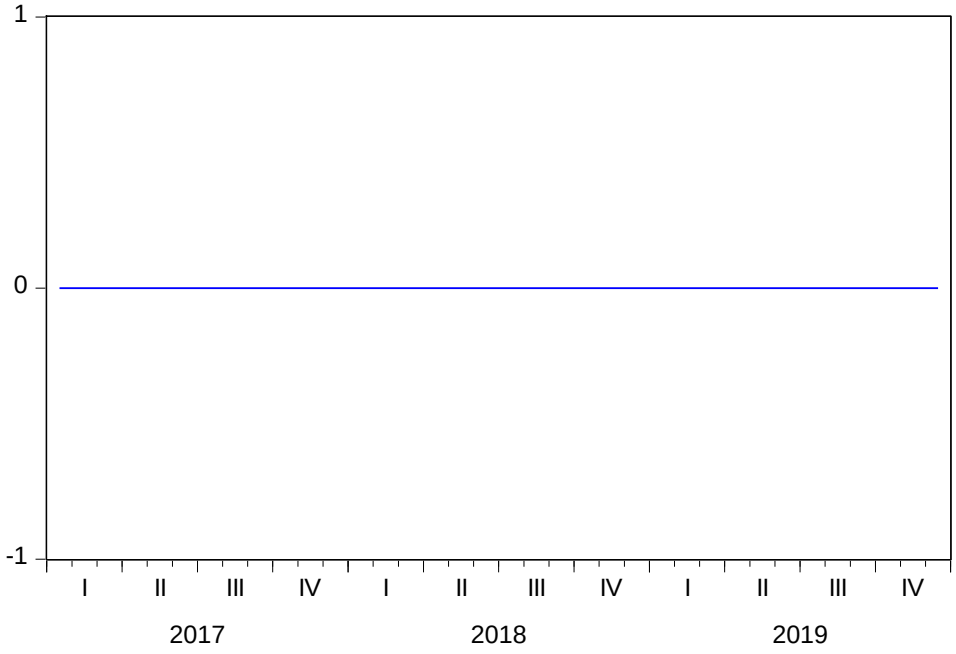
Anexo N° 18: Rendimientos en Piura



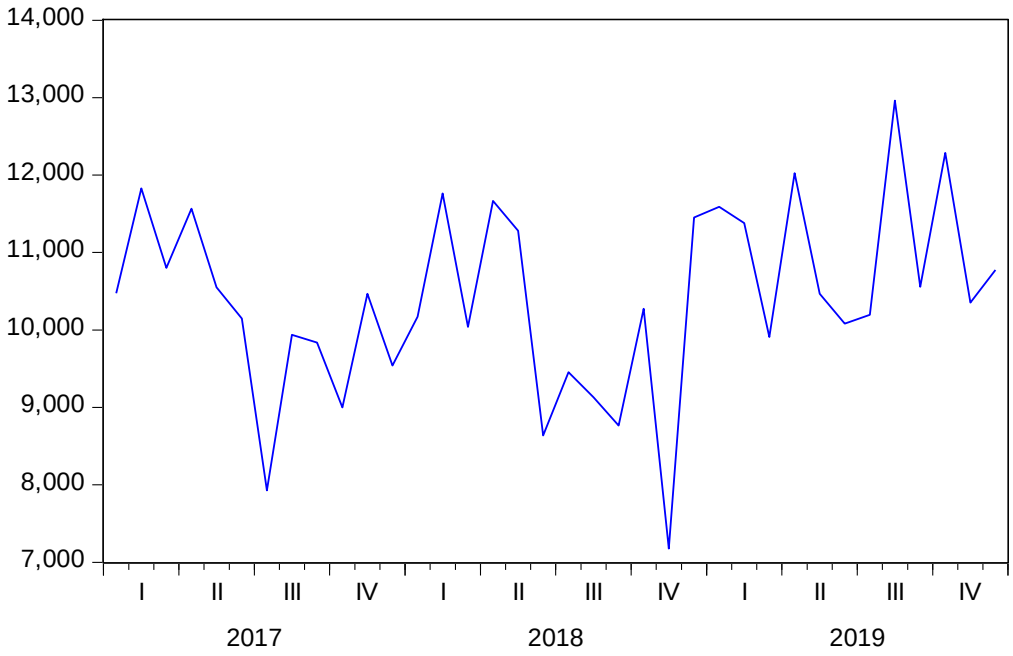

Rendimiento-Café
1
0
-1
I
II
III
IV
I
II
III
IV
I
II
III
IV
2017
2018
2019


Rendimiento-Caña-azúcar
200,000
160,000
120,000
80,000
40,000
0
I
II
III
IV
I
II
III
IV
I
II
III
IV
2017
2018
2019

Rendimiento-Espárrago

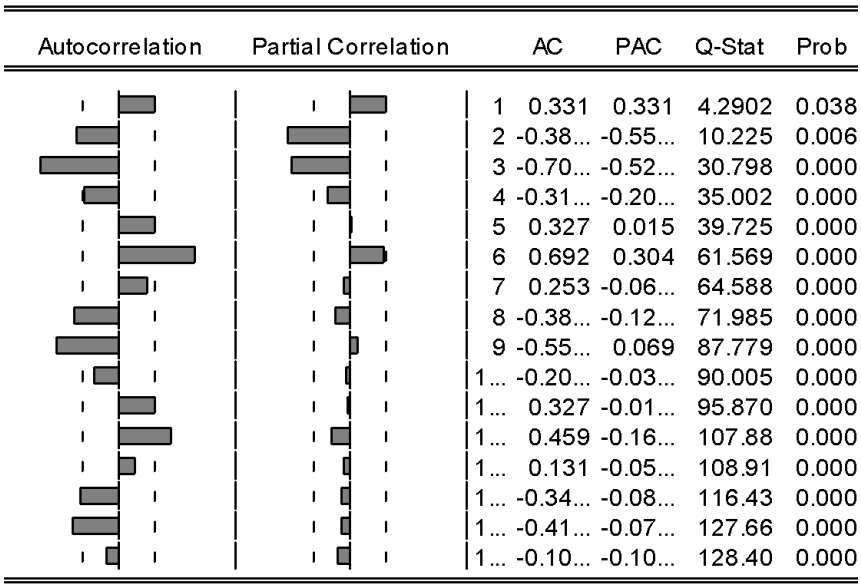


Rendimiento-Papa



Correlogramas

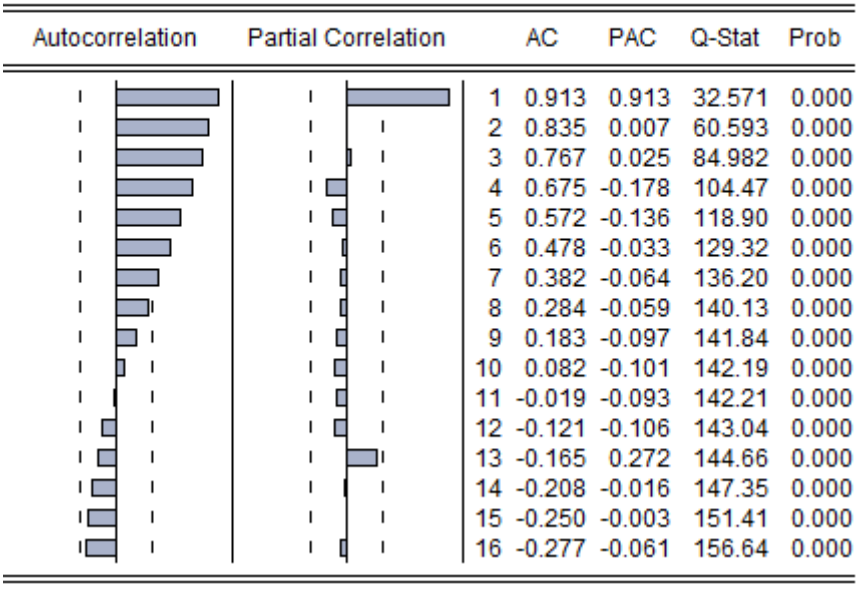
Date: 04/07/21 Time: 13:15
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.331	0.331	4.2902	0.038
		2	-0.38...	-0.55...	10.225	0.006
		3	-0.70...	-0.52...	30.798	0.000
		4	-0.31...	-0.20...	35.002	0.000
		5	0.327	0.015	39.725	0.000
		6	0.692	0.304	61.569	0.000
		7	0.253	-0.06...	64.588	0.000
		8	-0.38...	-0.12...	71.985	0.000
		9	-0.55...	0.069	87.779	0.000
		1...	-0.20...	-0.03...	90.005	0.000
		1...	0.327	-0.01...	95.870	0.000
		1...	0.459	-0.16...	107.88	0.000
		1...	0.131	-0.05...	108.91	0.000
		1...	-0.34...	-0.08...	116.43	0.000
		1...	-0.41...	-0.07...	127.66	0.000
		1...	-0.10...	-0.10...	128.40	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_arroz tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

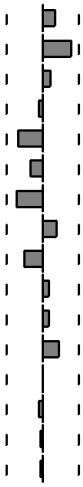
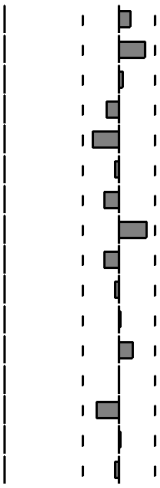
Date: 04/07/21 Time: 13:15
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.913	0.913	32.571	0.000
		2	0.835	0.007	60.593	0.000
		3	0.767	0.025	84.982	0.000
		4	0.675	-0.178	104.47	0.000
		5	0.572	-0.136	118.90	0.000
		6	0.478	-0.033	129.32	0.000
		7	0.382	-0.064	136.20	0.000
		8	0.284	-0.059	140.13	0.000
		9	0.183	-0.097	141.84	0.000
		10	0.082	-0.101	142.19	0.000
		11	-0.019	-0.093	142.21	0.000
		12	-0.121	-0.106	143.04	0.000
		13	-0.165	0.272	144.66	0.000
		14	-0.208	-0.016	147.35	0.000
		15	-0.250	-0.003	151.41	0.000
		16	-0.277	-0.061	156.64	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_cana_azucar tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Date: 04/07/21 Time: 13:15
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.113	0.113	0.4995	0.480
		2	0.247	0.237	2.9524	0.229
		3	0.081	0.036	3.2261	0.358
		4	-0.03...	-0.11...	3.2873	0.511
		5	-0.20...	-0.24...	5.1840	0.394
		6	-0.10...	-0.04...	5.6754	0.461
		7	-0.24...	-0.12...	8.4889	0.291
		8	0.119	0.250	9.1778	0.328
		9	-0.16...	-0.13...	10.599	0.304
		1...	0.050	-0.03...	10.733	0.379
		1...	0.050	0.020	10.871	0.454
		1...	0.145	0.127	12.065	0.440
		1...	0.008	-0.00...	12.069	0.522
		1...	-0.02...	-0.19...	12.110	0.597
		1...	-0.01...	0.022	12.132	0.669
		1...	-0.02...	-0.03...	12.171	0.732

Se aprecia que la serie Rendimiento_papa tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Test de Dickey-Fuller Aumentado

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_ARROZ has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 2 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.882511	0.0579
Test critical values:	1% level	-2.636901	
	5% level	-1.951332	
	10% level	-1.610747	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 13:17
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_ARROZ(-1)	-0.281920	0.149757	-1.882511	0.0695
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-1...	0.241022	0.183186	1.315727	0.1982
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-2...	-0.150777	0.183787	-0.820389	0.4185

R-squared	0.179304	Mean dependent var	272.4450
Adjusted R-squared	0.124591	S.D. dependent var	4523.303
S.E. of regression	4232.151	Akaike info criterion	19.62532
Sum squared resid	5.37E+08	Schwarz criterion	19.76136
Log likelihood	-320.8177	Hannan-Quinn criter.	19.67109
Durbin-Watson stat	2.157573		

En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

En el caso de la variable Rendimiento_arroz, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.121576	0.7141
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 13:25
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1)	0.004420	0.036358	0.121576	0.9041
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1...	-0.016234	0.190128	-0.085387	0.9326
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-2...	-0.081599	0.188714	-0.432393	0.6688
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-3...	0.244315	0.189083	1.292106	0.2069

R-squared	0.023117	Mean dependent var	4972.769
Adjusted R-squared	-0.081549	S.D. dependent var	22766.72
S.E. of regression	23676.83	Akaike info criterion	23.09885
Sum squared resid	1.57E+10	Schwarz criterion	23.28207
Log likelihood	-365.5816	Hannan-Quinn criter.	23.15958
Durbin-Watson stat	2.021380		

En el caso de la variable Rendimiento_cana_azucar, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_PAPA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.287872	0.5742
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_PAPA)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 13:26
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_PAPA(-1)	-0.006951	0.024146	-0.287872	0.7756
D(RENDIMIENTO_PAPA(-1)...	-0.736872	0.189150	-3.895708	0.0006
D(RENDIMIENTO_PAPA(-2)...	-0.318211	0.229963	-1.383750	0.1774
D(RENDIMIENTO_PAPA(-3)...	-0.080575	0.191008	-0.421841	0.6764

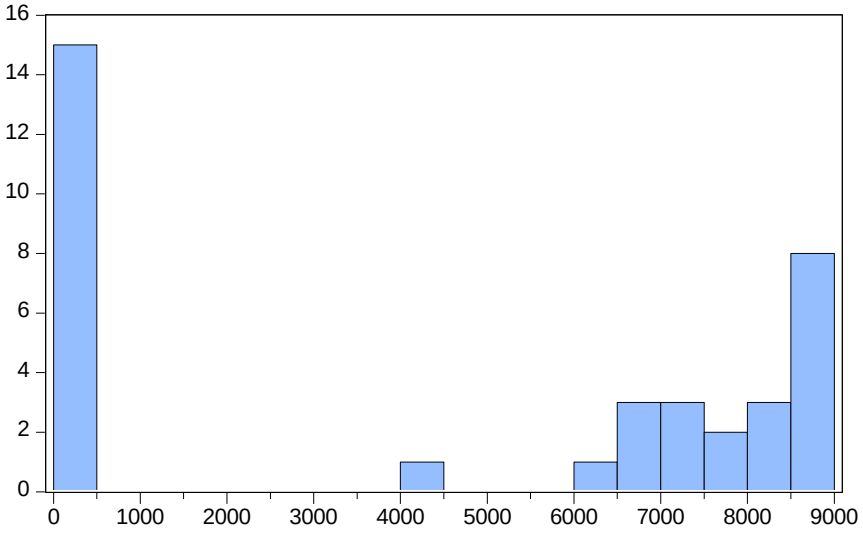
R-squared	0.378536	Mean dependent var	-24.80000
Adjusted R-squared	0.311951	S.D. dependent var	1705.983
S.E. of regression	1415.092	Akaike info criterion	17.46424
Sum squared resid	56069562	Schwarz criterion	17.64746
Log likelihood	-275.4279	Hannan-Quinn criter.	17.52498
Durbin-Watson stat	1.974443		

En el caso de la variable Rendimiento_papa, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Histograma y test de Normalidad

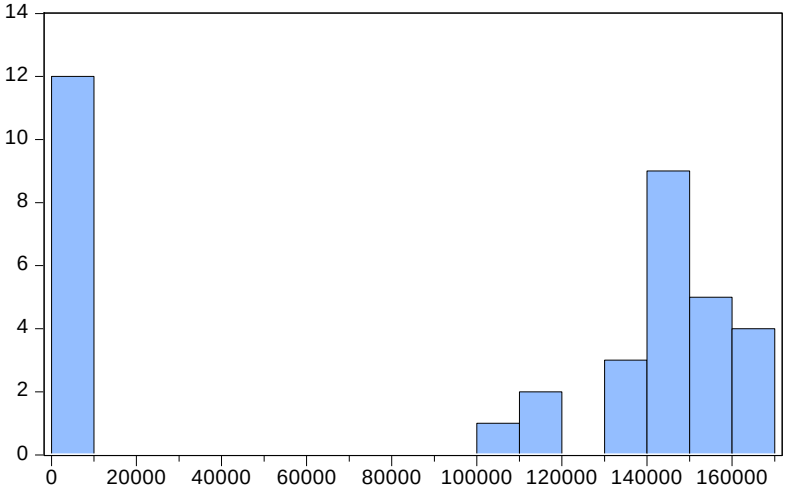
H_0: Residuos son normales Nivel de significancia: 5%

H_1: Residuos no son normales



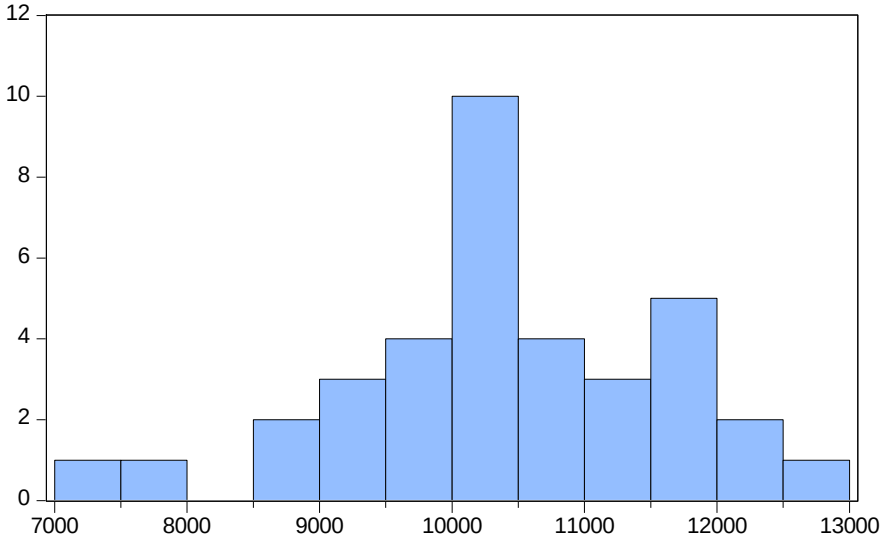
Series: RENDIMIENTO_ARROZ	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	4529.036
Median	6871.540
Maximum	8990.685
Minimum	0.000000
Std. Dev.	3975.871
Skewness	-0.216146
Kurtosis	1.164934
Jarque-Bera	5.331514
Probability	0.069547

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_arroz sigue una distribución normal.



Series: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	96450.30
Median	139610.9
Maximum	164103.1
Minimum	0.000000
Std. Dev.	70236.62
Skewness	-0.618948
Kurtosis	1.484801
Jarque-Bera	5.742325
Probability	0.056633

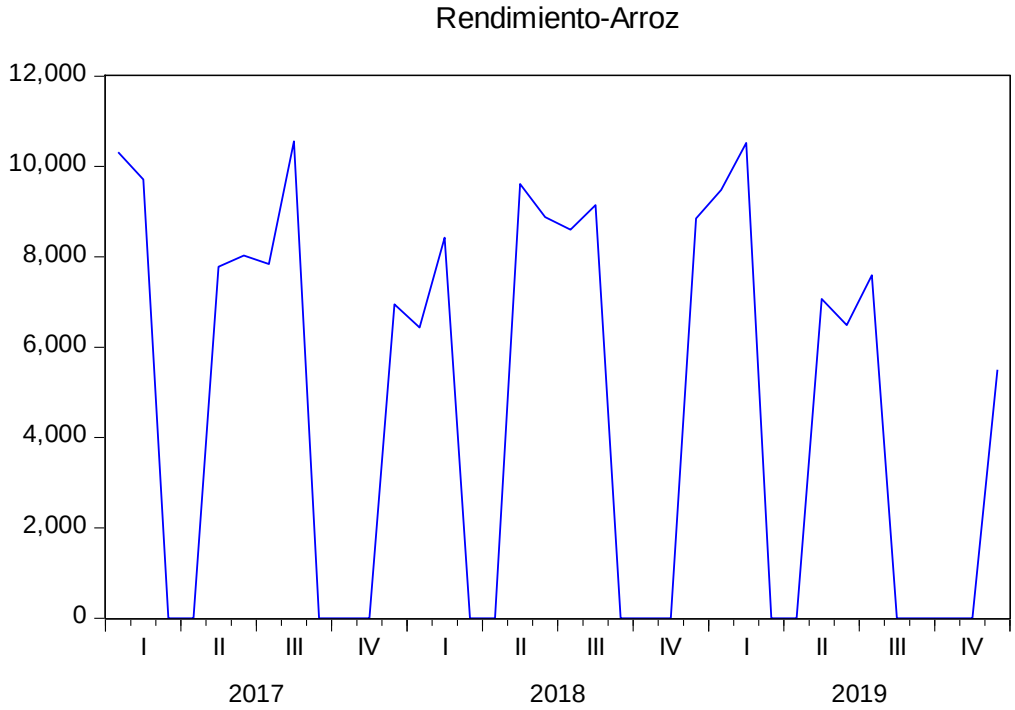
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_cana_azucar sigue una distribución normal.

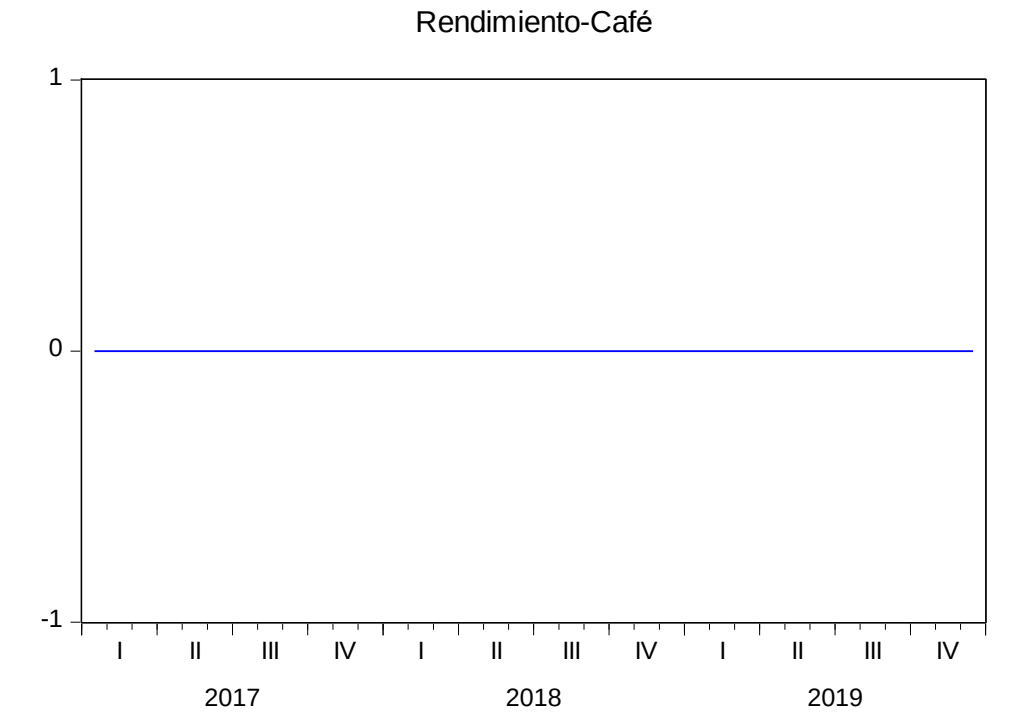


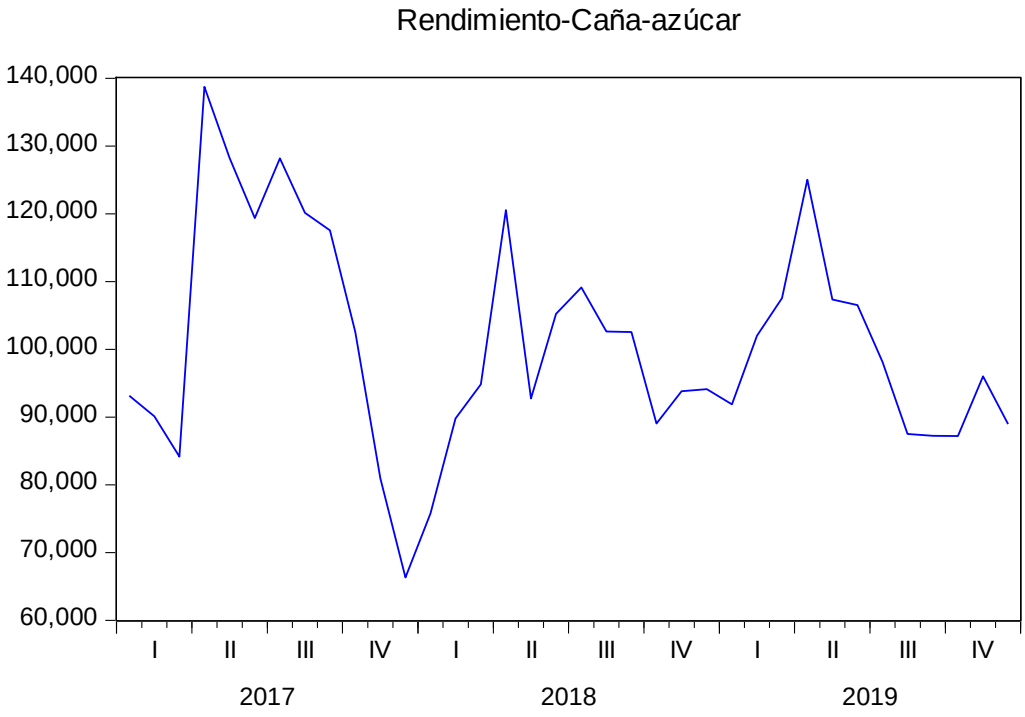
Series: RENDIMIENTO_PAPA	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	10402.12
Median	10409.77
Maximum	12961.11
Minimum	7176.471
Std. Dev.	1229.520
Skewness	-0.375512
Kurtosis	3.212331
Jarque-Bera	0.913681
Probability	0.633281

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_papa sigue una distribución normal.

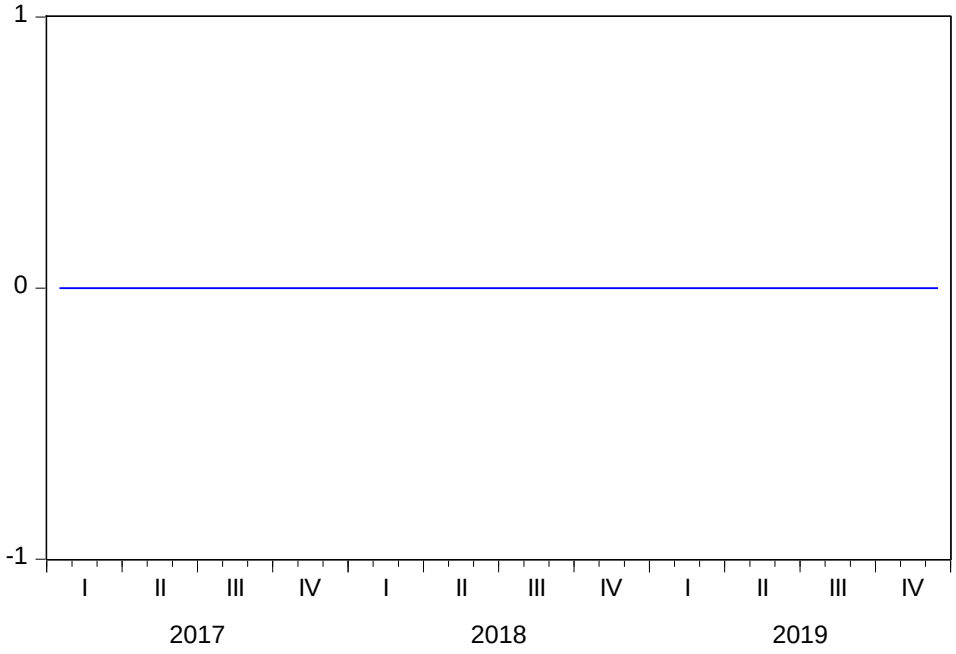
Anexo N° 19: Rendimientos en Lambayeque



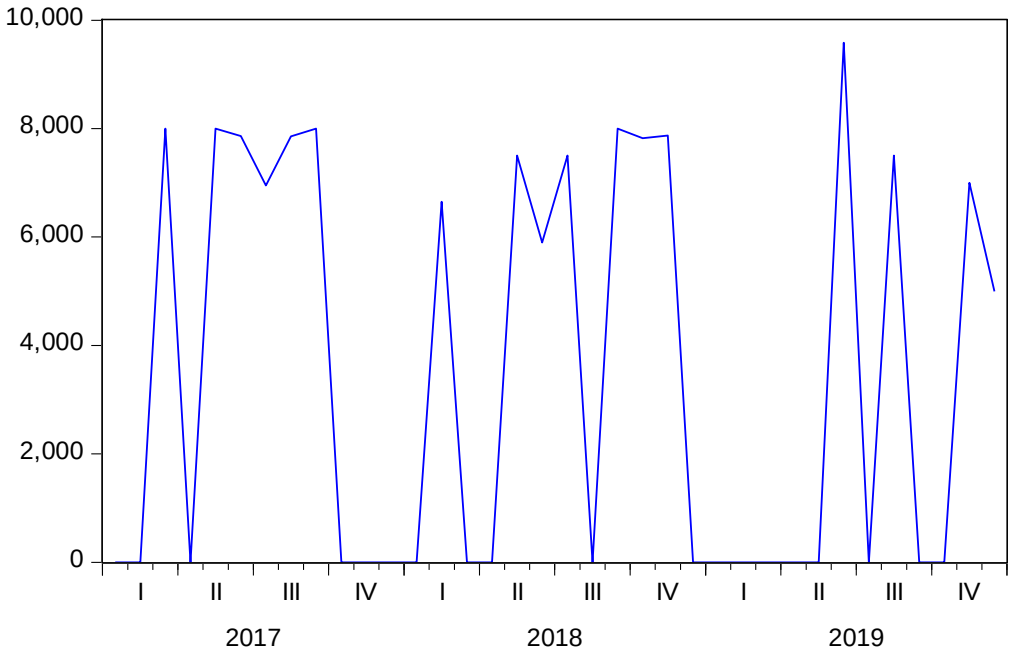

Rendimiento-Café
1
0
-1
I
II
III
IV
I
II
III
IV
I
II
III
IV
2017
2018
2019


Rendimiento-Caña-azúcar
140,000
130,000
120,000
110,000
100,000
90,000
80,000
70,000
60,000
I
II
III
IV
I
II
III
IV
I
II
III
IV
2017
2018
2019

Rendimiento-Espárrago

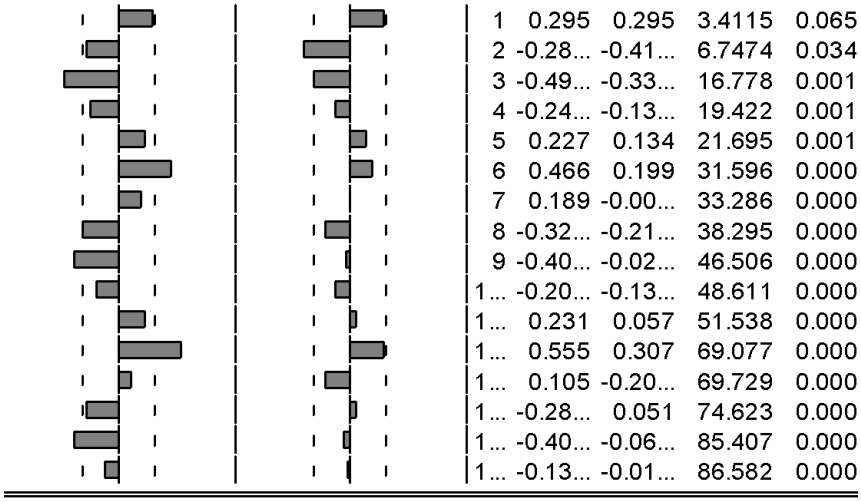


Rendimiento-Papa



Correlogramas

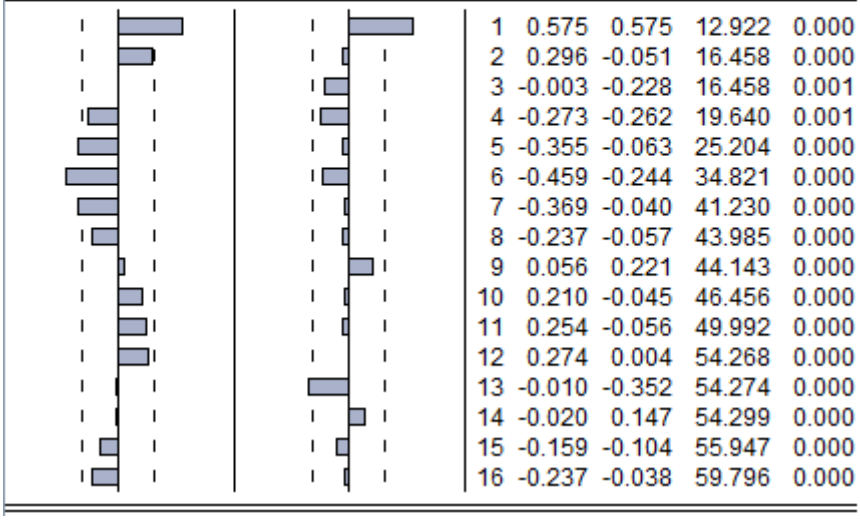
Date: 04/07/21 Time: 12:46
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.295	0.295	3.4115	0.065
		2	-0.28...	-0.41...	6.7474	0.034
		3	-0.49...	-0.33...	16.778	0.001
		4	-0.24...	-0.13...	19.422	0.001
		5	0.227	0.134	21.695	0.001
		6	0.466	0.199	31.596	0.000
		7	0.189	-0.00...	33.286	0.000
		8	-0.32...	-0.21...	38.295	0.000
		9	-0.40...	-0.02...	46.506	0.000
		1...	-0.20...	-0.13...	48.611	0.000
		1...	0.231	0.057	51.538	0.000
		1...	0.555	0.307	69.077	0.000
		1...	0.105	-0.20...	69.729	0.000
		1...	-0.28...	0.051	74.623	0.000
		1...	-0.40...	-0.06...	85.407	0.000
		1...	-0.13...	-0.01...	86.582	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_arroz tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

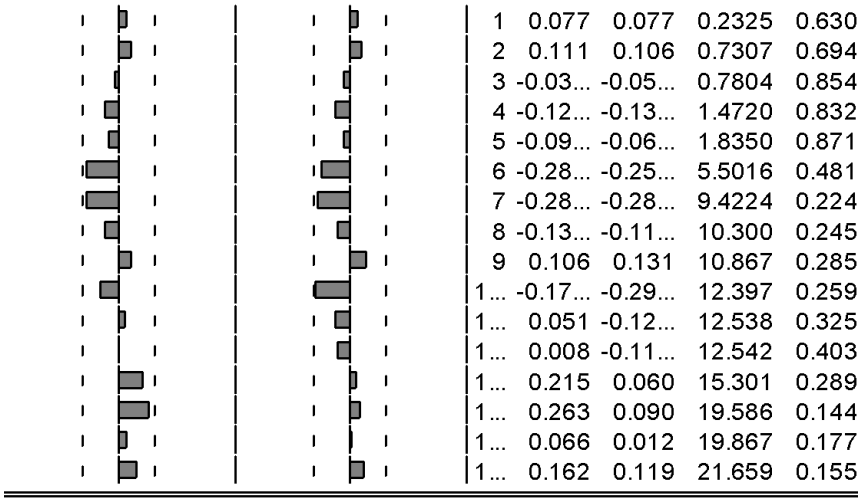
Date: 04/07/21 Time: 12:50
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.575	0.575	12.922	0.000
		2	0.296	-0.051	16.458	0.000
		3	-0.003	-0.228	16.458	0.001
		4	-0.273	-0.262	19.640	0.001
		5	-0.355	-0.063	25.204	0.000
		6	-0.459	-0.244	34.821	0.000
		7	-0.369	-0.040	41.230	0.000
		8	-0.237	-0.057	43.985	0.000
		9	0.056	0.221	44.143	0.000
		10	0.210	-0.045	46.456	0.000
		11	0.254	-0.056	49.992	0.000
		12	0.274	0.004	54.268	0.000
		13	-0.010	-0.352	54.274	0.000
		14	-0.020	0.147	54.299	0.000
		15	-0.159	-0.104	55.947	0.000
		16	-0.237	-0.038	59.796	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_cana_azucar tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Date: 04/07/21 Time: 12:51
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.077	0.077	0.2325	0.630
		2	0.111	0.106	0.7307	0.694
		3	-0.03...	-0.05...	0.7804	0.854
		4	-0.12...	-0.13...	1.4720	0.832
		5	-0.09...	-0.06...	1.8350	0.871
		6	-0.28...	-0.25...	5.5016	0.481
		7	-0.28...	-0.28...	9.4224	0.224
		8	-0.13...	-0.11...	10.300	0.245
		9	0.106	0.131	10.867	0.285
		1...	-0.17...	-0.29...	12.397	0.259
		1...	0.051	-0.12...	12.538	0.325
		1...	0.008	-0.11...	12.542	0.403
		1...	0.215	0.060	15.301	0.289
		1...	0.263	0.090	19.586	0.144
		1...	0.066	0.012	19.867	0.177
		1...	0.162	0.119	21.659	0.155

Se aprecia que la serie Rendimiento_papa tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Test de Dickey-Fuller Aumentado

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_ARROZ has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 2 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.923642	0.0530
Test critical values:	1% level	-2.636901	
	5% level	-1.951332	
	10% level	-1.610747	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:53
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.

RENDIMIENTO_ARROZ(-1)	-0.302436	0.157220	-1.923642	0.0639
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-1))	0.035600	0.177417	0.200658	0.8423
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-2))	-0.115146	0.172256	-0.668459	0.5090

R-squared	0.169251	Mean dependent var	166.6667
Adjusted R-squared	0.113868	S.D. dependent var	5026.860
S.E. of regression	4732.014	Akaike info criterion	19.84860
Sum squared resid	6.72E+08	Schwarz criterion	19.98464
Log likelihood	-324.5019	Hannan-Quinn criter.	19.89437
Durbin-Watson stat	2.039865		

En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

En el caso de la variable Rendimiento_arroz, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.037299	0.2636
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:56
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1)	-0.021834	0.021048	-1.037299	0.3085
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1))	-0.112365	0.144876	-0.775596	0.4445
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-2))	0.020343	0.146802	0.138572	0.8908
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-3))	0.030728	0.144534	0.212604	0.8332

R-squared	0.048204	Mean dependent var	-1555.380
Adjusted R-squared	-0.053774	S.D. dependent var	11904.05
S.E. of regression	12219.92	Akaike info criterion	21.77599
Sum squared resid	4.18E+09	Schwarz criterion	21.95921
Log likelihood	-344.4159	Hannan-Quinn criter.	21.83672
Durbin-Watson stat	1.941490		

En el caso de la variable Rendimiento_cana_azucar, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_PAPA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.236858	0.1939
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_PAPA)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:58
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.

RENDIMIENTO_PAPA(-1)	-0.229395	0.185466	-1.236858	0.2264
D(RENDIMIENTO_PAPA(-1))	-0.451886	0.226806	-1.992390	0.0562
D(RENDIMIENTO_PAPA(-2))	-0.132983	0.232389	-0.572241	0.5717
D(RENDIMIENTO_PAPA(-3))	-0.044810	0.186861	-0.239804	0.8122

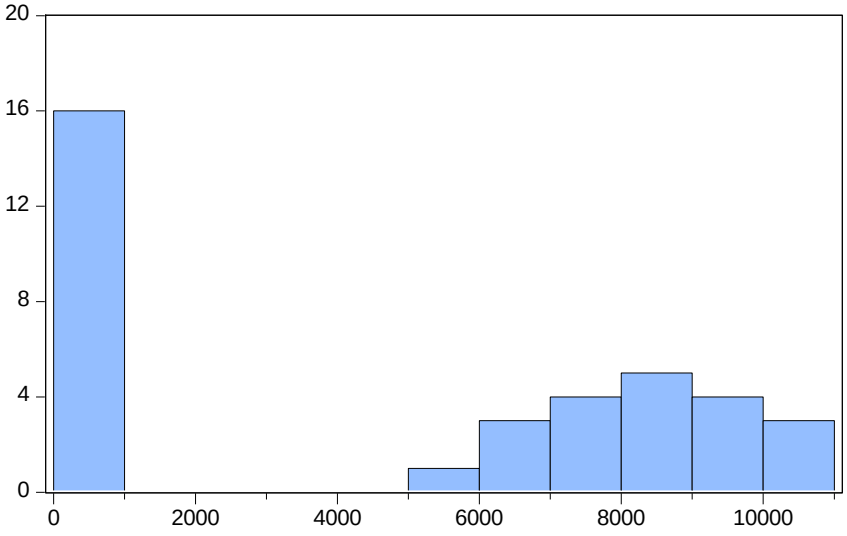
R-squared	0.333513	Mean dependent var	156.2500
Adjusted R-squared	0.262104	S.D. dependent var	5112.454
S.E. of regression	4391.643	Akaike info criterion	19.72926
Sum squared resid	5.40E+08	Schwarz criterion	19.91248
Log likelihood	-311.6682	Hannan-Quinn criter.	19.78999
Durbin-Watson stat	1.892890		

En el caso de la variable Rendimiento_papa, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Histograma y test de Normalidad

H_0: Residuos son normales Nivel de significancia: 5%

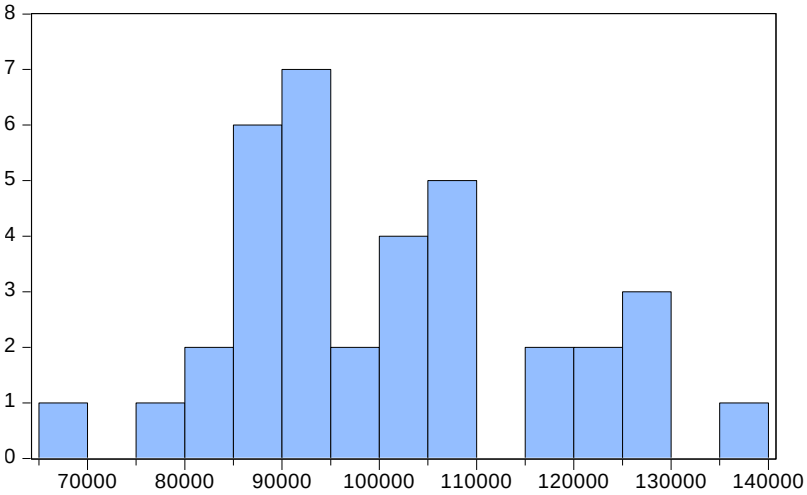
H_1: Residuos no son normales



Series: RENDIMIENTO_ARROZ
Sample 2017M01 2019M12
Observations 36

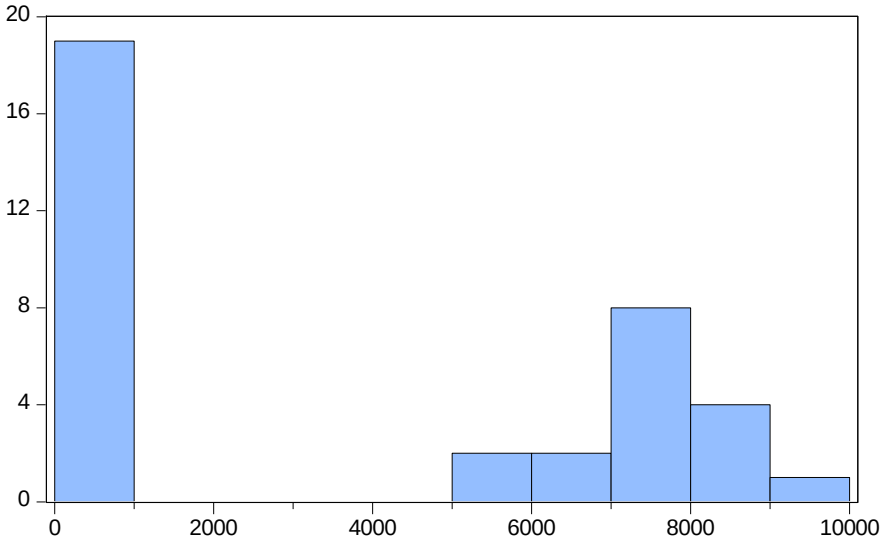
Mean	4660.026
Median	6461.217
Maximum	10553.19
Minimum	0.000000
Std. Dev.	4358.518
Skewness	-0.053571
Kurtosis	1.196720
Jarque-Bera	4.894949
Probability	0.086512

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_arroz sigue una distribución normal.



Series: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	100686.0
Median	97069.34
Maximum	138736.2
Minimum	66321.12
Std. Dev.	16075.48
Skewness	0.386847
Kurtosis	2.768251
Jarque-Bera	0.978466
Probability	0.613096

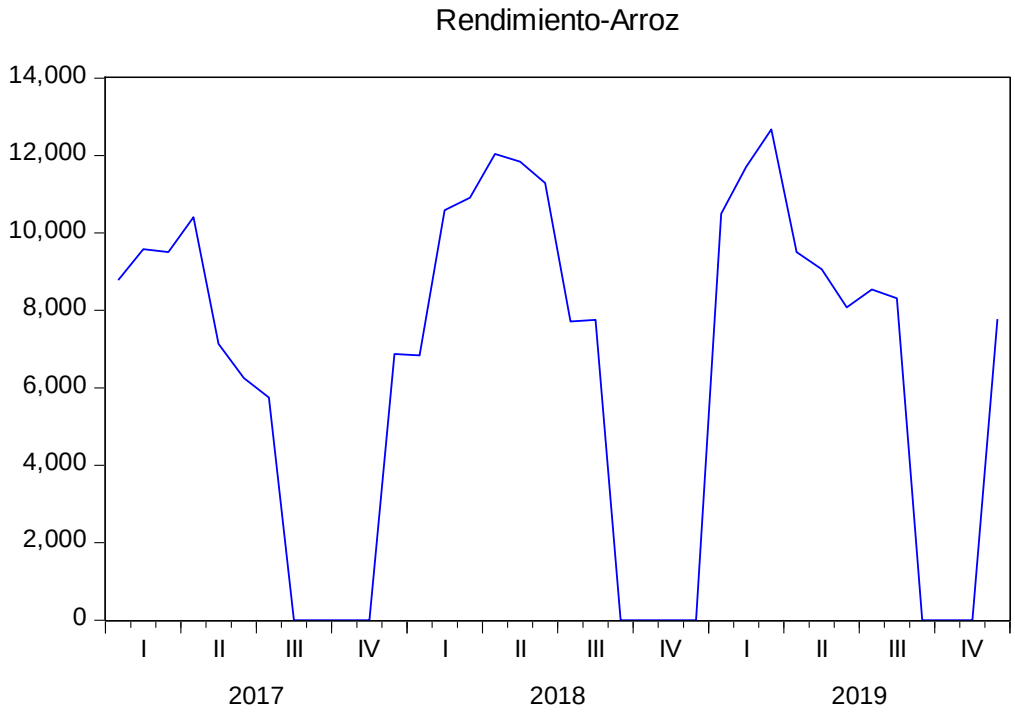
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_cana_azucar sigue una distribución normal.

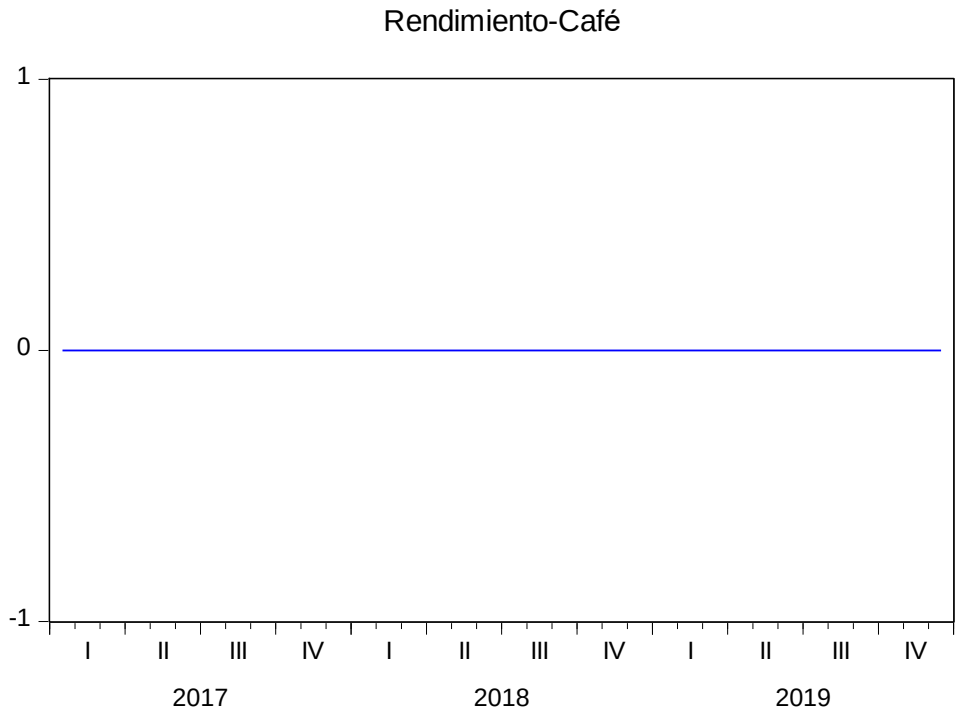


Series: RENDIMIENTO_PAPA	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	3527.881
Median	0.000000
Maximum	9583.333
Minimum	0.000000
Std. Dev.	3842.161
Skewness	0.197478
Kurtosis	1.139584
Jarque-Bera	5.425703
Probability	0.066347

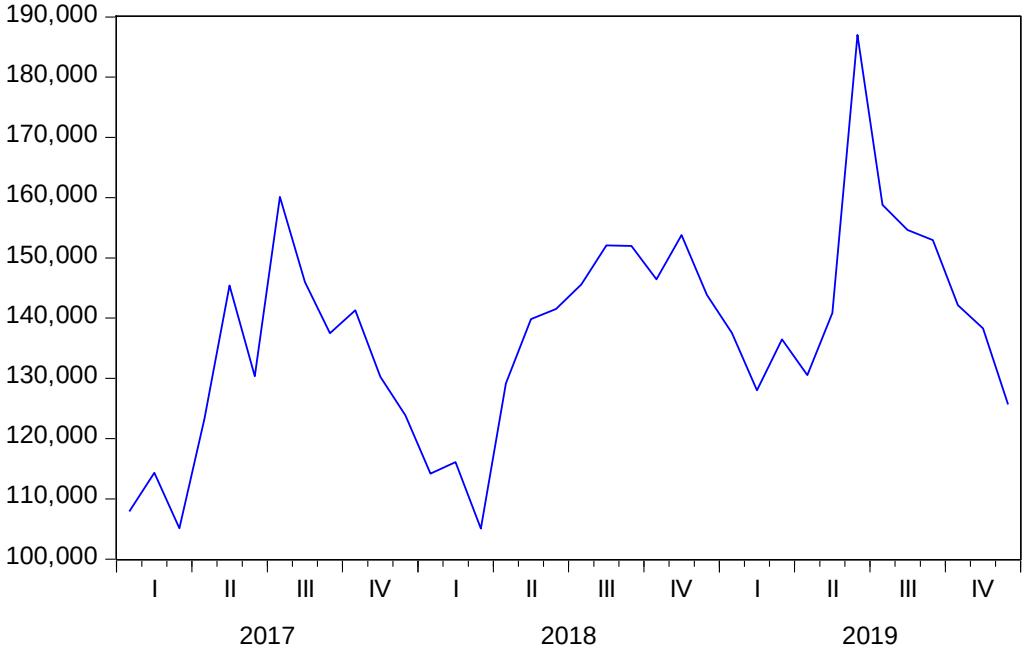
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_papa sigue una distribución normal.

Anexo N° 20: Rendimientos en La Libertad

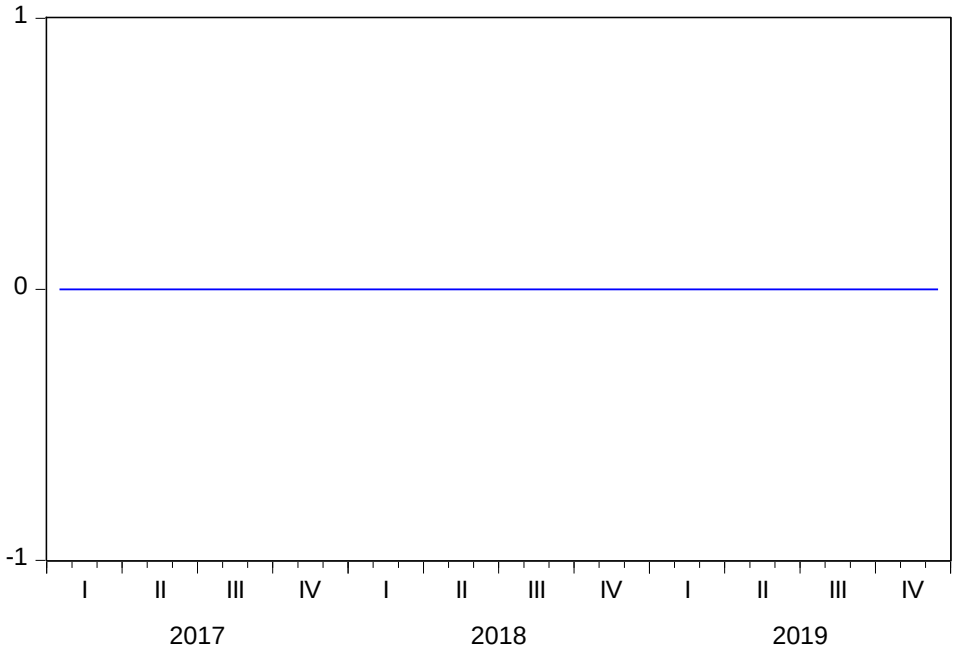


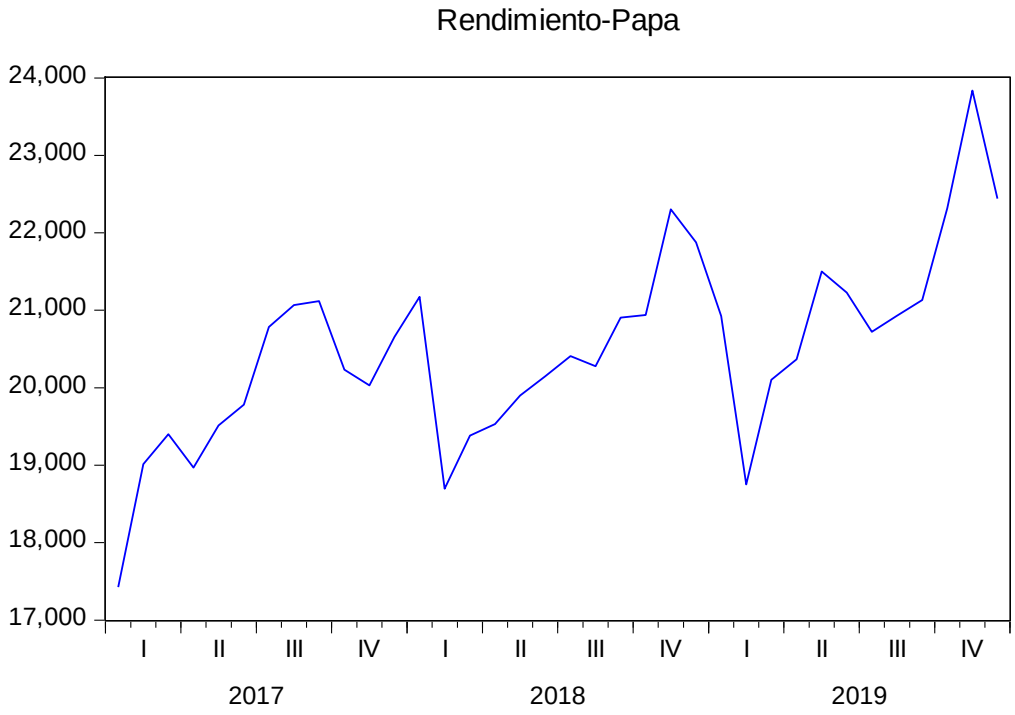


Rendimiento-Caña-azúcar



Rendimiento-Espárrago





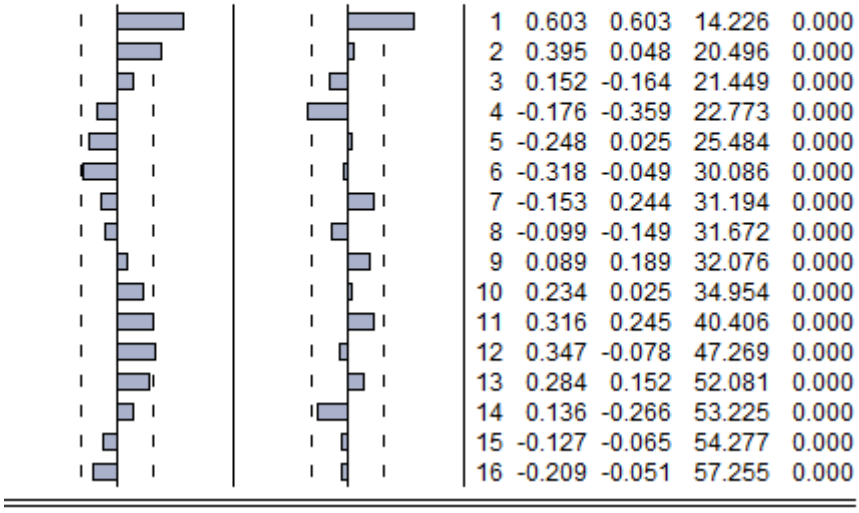
Correlogramas

Date: 04/07/21 Time: 12:22
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.698	0.698	19.036	0.000
		2	0.381	-0.20...	24.881	0.000
		3	-0.03...	-0.42...	24.919	0.000
		4	-0.34...	-0.20...	29.932	0.000
		5	-0.49...	-0.03...	40.592	0.000
		6	-0.61...	-0.38...	57.927	0.000
		7	-0.61...	-0.31...	75.520	0.000
		8	-0.47...	-0.09...	86.643	0.000
		9	-0.18...	0.096	88.357	0.000
		1...	0.142	-0.05...	89.415	0.000
		1...	0.437	0.051	99.861	0.000
		1...	0.513	-0.16...	114.86	0.000
		1...	0.513	0.069	130.49	0.000
		1...	0.331	-0.17...	137.29	0.000
		1...	0.092	-0.23...	137.84	0.000
		1...	-0.08...	0.070	138.35	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_arroz tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

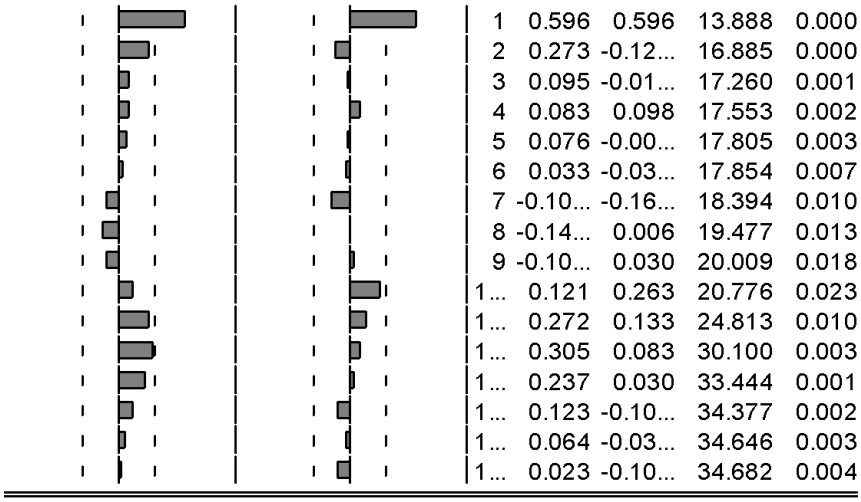
Date: 04/07/21 Time: 12:22
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.603	0.603	14.226	0.000
		2	0.395	0.048	20.496	0.000
		3	0.152	-0.164	21.449	0.000
		4	-0.176	-0.359	22.773	0.000
		5	-0.248	0.025	25.484	0.000
		6	-0.318	-0.049	30.086	0.000
		7	-0.153	0.244	31.194	0.000
		8	-0.099	-0.149	31.672	0.000
		9	0.089	0.189	32.076	0.000
		10	0.234	0.025	34.954	0.000
		11	0.316	0.245	40.406	0.000
		12	0.347	-0.078	47.269	0.000
		13	0.284	0.152	52.081	0.000
		14	0.136	-0.266	53.225	0.000
		15	-0.127	-0.065	54.277	0.000
		16	-0.209	-0.051	57.255	0.000

Se aprecia que la serie Rendimiento_cana_azucar tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Date: 04/07/21 Time: 12:23
Sample: 2017M01 2019M12
Included observations: 36



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.596	0.596	13.888	0.000
		2	0.273	-0.12...	16.885	0.000
		3	0.095	-0.01...	17.260	0.001
		4	0.083	0.098	17.553	0.002
		5	0.076	-0.00...	17.805	0.003
		6	0.033	-0.03...	17.854	0.007
		7	-0.10...	-0.16...	18.394	0.010
		8	-0.14...	0.006	19.477	0.013
		9	-0.10...	0.030	20.009	0.018
		1...	0.121	0.263	20.776	0.023
		1...	0.272	0.133	24.813	0.010
		1...	0.305	0.083	30.100	0.003
		1...	0.237	0.030	33.444	0.001
		1...	0.123	-0.10...	34.377	0.002
		1...	0.064	-0.03...	34.646	0.003
		1...	0.023	-0.10...	34.682	0.004

Se aprecia que la serie Rendimiento_papa tiene caída rápida en su correlograma, por lo que se puede decir que es una serie no estacionaria.

Test de Dickey-Fuller Aumentado

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_ARROZ has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.561683	0.1097
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:24
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_ARROZ(-1)	-0.140113	0.089720	-1.561683	0.1296
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-1))	0.120479	0.192705	0.625198	0.5369
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-2))	0.245958	0.191454	1.284689	0.2094
D(RENDIMIENTO_ARROZ(-3))	-0.146633	0.197877	-0.741030	0.4648

R-squared	0.147351	Mean dependent var	-82.22350
Adjusted R-squared	0.055995	S.D. dependent var	3742.574
S.E. of regression	3636.282	Akaike info criterion	19.35178
Sum squared resid	3.70E+08	Schwarz criterion	19.53500
Log likelihood	-305.6285	Hannan-Quinn criter.	19.41251
Durbin-Watson stat	1.938175		

En la prueba Dickey-Fuller, se plantea una hipótesis nula que señala si el P-value es menor a 0.05, no existe raíz unitaria, por ende, es un proceso estacionario. Por otro lado, se plantea también una hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

En el caso de la variable Rendimiento_arroz, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-0.292569	0.5725
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:24
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1)	-0.005570	0.019040	-0.292569	0.7720
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-1))	-0.189509	0.184898	-1.024935	0.3142
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-2))	0.019526	0.189744	0.102905	0.9188
D(RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR(-3))	0.231217	0.185732	1.244892	0.2235

R-squared	0.093647	Mean dependent var	75.32187
Adjusted R-squared	-0.003462	S.D. dependent var	14800.86
S.E. of regression	14826.46	Akaike info criterion	22.16268
Sum squared resid	6.16E+09	Schwarz criterion	22.34590
Log likelihood	-350.6029	Hannan-Quinn criter.	22.22341
Durbin-Watson stat	1.918597		

En el caso de la variable Rendimiento_cana_azucar, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Null Hypothesis: RENDIMIENTO_PAPA has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 3 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		1.124651	0.9289
Test critical values:	1% level	-2.639210	
	5% level	-1.951687	
	10% level	-1.610579	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMIENTO_PAPA)
Method: Least Squares
Date: 04/07/21 Time: 12:25
Sample (adjusted): 2017M05 2019M12
Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMIENTO_PAPA(-1)	0.009040	0.008038	1.124651	0.2703
D(RENDIMIENTO_PAPA(-1))	-0.176262	0.182832	-0.964070	0.3433
D(RENDIMIENTO_PAPA(-2))	-0.193175	0.189546	-1.019146	0.3169
D(RENDIMIENTO_PAPA(-3))	-0.381831	0.185912	-2.053824	0.0494

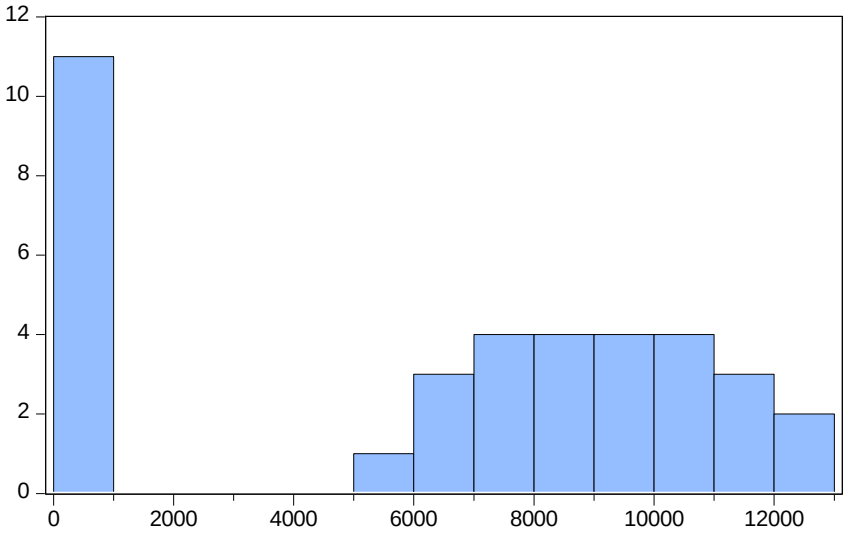
R-squared	0.156337	Mean dependent var	108.4969
Adjusted R-squared	0.065944	S.D. dependent var	929.8808
S.E. of regression	898.6977	Akaike info criterion	16.55624
Sum squared resid	22614414	Schwarz criterion	16.73946
Log likelihood	-260.8998	Hannan-Quinn criter.	16.61697
Durbin-Watson stat	1.937173		

En el caso de la variable Rendimiento_papa, es no estacionaria, lo que significa que la variable se ve afectada a lo largo del tiempo.

Histograma y test de Normalidad

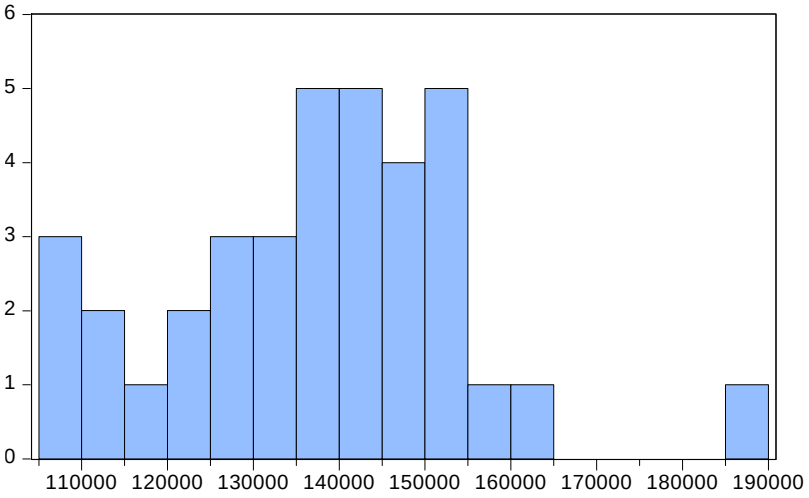
H_0: Residuos son normales Nivel de significancia: 5%

H_1: Residuos no son normales



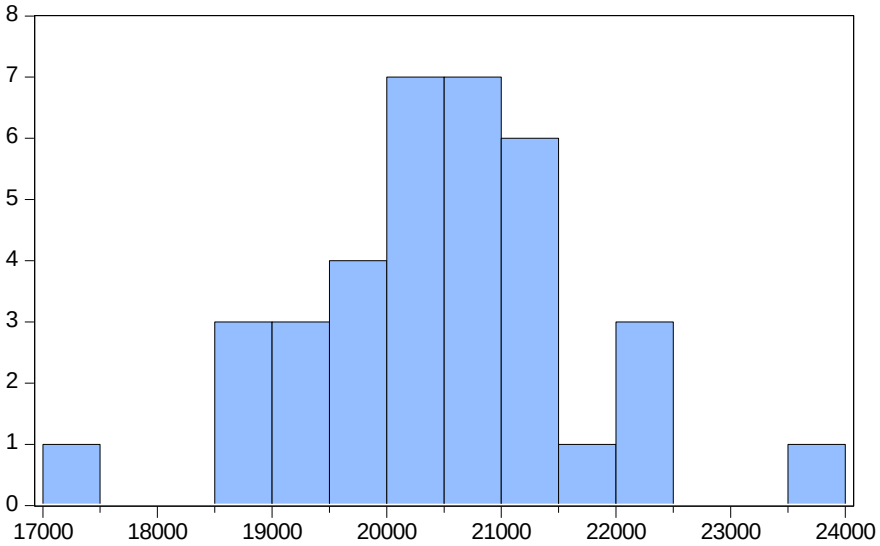
Series: RENDIMIENTO_ARROZ	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	6373.098
Median	7765.556
Maximum	12672.80
Minimum	0.000000
Std. Dev.	4580.250
Skewness	-0.457796
Kurtosis	1.654558
Jarque-Bera	3.972782
Probability	0.137190

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_arroz sigue una distribución normal.



Series: RENDIMIENTO_CANA_AZUCAR	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	137169.3
Median	139062.0
Maximum	187023.4
Minimum	105076.2
Std. Dev.	17222.17
Skewness	0.207174
Kurtosis	3.585543
Jarque-Bera	0.771818
Probability	0.679832

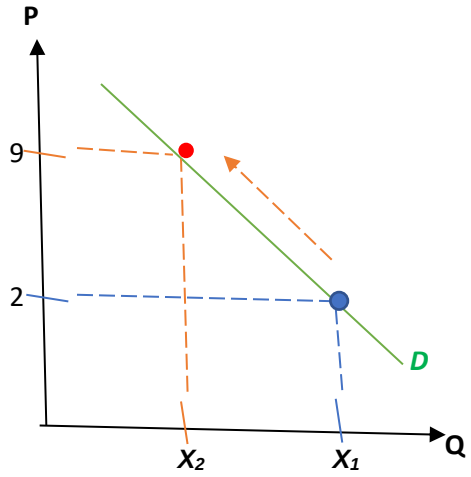
Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_cana_azucar sigue una distribución normal.



Series: RENDIMIENTO_PAPA	
Sample 2017M01 2019M12	
Observations 36	
Mean	20493.92
Median	20531.92
Maximum	23835.21
Minimum	17426.58
Std. Dev.	1236.524
Skewness	0.153201
Kurtosis	3.647045
Jarque-Bera	0.768824
Probability	0.680851

Observando el estadístico de Jarque-Bera, existe suficiente evidencia estadística para aceptar la H_0, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, la serie Rendimiento_papa sigue una distribución normal.

Anexo N° 21: Gráfica de cantidad demandada del limón en supermercados.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior, se demuestra un desplazamiento del precio en la línea de la demanda, ya que el precio de un bien se está viendo afectado, este cambio no afecta el desplazamiento de la curva de demanda, simplemente se desplaza a otro punto de equilibrio dentro de la misma curva. Esto se debe a que, la variable precio, es asociada a la cantidad demandada y no desplaza la posición de la curva; sin embargo, otras variables como preferencias de las personas, cambios tecnológicos, factores exógenos, pueden afectar el desplazamiento de la curva.

Anexo N° 22: Test de Dickey-Fuller Aumentado.

Hipótesis alternativa donde el P-value es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis nula.

H_0: Hay raíz unitaria Nivel de significancia: 5%

H_1: No hay raíz unitaria

- **PBI AGRÍCOLA**

Null Hypothesis: PBI_AGRICOLA has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.704839566575423	2.347993830686458e-06
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620100	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PBI_AGRICOLA)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 19:42
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI_AGRICOLA(-1)	-0.516781158976868 5	0.077075842582885 36	-6.704839566575423	1.680626864993064e-07
D(PBI_AGRICOLA(-1))	0.800828244983593 9	0.102958325075337 3	7.778178640703476	8.915593815997121e-09
C	78.30215438435078	11.960679959781120	6.546630680500516	2.616829929417928e-07

R-squared	0.715753472129356 4	Mean dependent var	1.518411136610172
Adjusted R-squared	0.697414986460282 5	S.D. dependent var	34.34389599086614
S.E. of regression	18.89179687775765	Akaike info criterion	8.799429934946566
Sum squared resid	11063.89966738407	Schwarz criterion	8.934108804765641

	-146.5903088		8.84535928
Log likelihood	940916	Hannan-Quinn criter.	663408
	39.03012958		1.55995785
F-statistic	896657	Durbin-Watson stat	4285826
	3.406238945		
Prob(F-statistic)	243068e-09		

- **PAPA**

Null Hypothesis: PAPA has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.335470507245754	0.0001
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620101	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PAPA)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 19:51
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PAPA(-1)	-0.552602325956781 6	0.103571432961034 7	-5.335470507245754	8.206555166390359e-06
D(PAPA(-1))	0.698769476285871	0.128093534776052 1	5.455150234612079	5.822575977734608e-06
C	239.5337583061063	53.64020341354177	4.465563943883826	9.871094299538595e-05

R-squared	0.572752088130804 4	Mean dependent var	-0.356204264705887 3
Adjusted R-squared	0.545187706719888 5	S.D. dependent var	251.6769174826483
S.E. of regression	169.7303409202347	Akaike info criterion	13.19039623006303
Sum squared resid	893060.0474958 72	Schwarz criterion	13.32507509998821
Log likelihood	-221.2367359110715	Hannan-Quinn criter.	13.23632558175054

F-statistic	20.77870276109252	Durbin-Watson stat	1.662910823428971
Prob(F-statistic)	1.885989223373187e-06		

- **ARROZ**

Null Hypothesis: ARROZ has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.350994553266487	0.00156523142505
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620 1	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ARROZ)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 19:54
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ARROZ(-1)	-0.660727770 9804885	0.1518567221 566505	-4.350994553266487	0.00013652813954600 1
D(ARROZ(-1))	0.440199563 7224543	0.1611928590 423927	2.730887499220326	0.01032589 28685492
C	186.0452791 220782	46.739122238 38221	3.980504344373365	0.00038563666379434 95

R-squared	0.386326240 1267514	Mean dependent var	4.545795970588235
Adjusted R-squared	0.346734384 651058	S.D. dependent var	152.2271147296657
S.E. of regression	123.0373350 298386	Akaike info criterion	12.546950026 7984
Sum squared resid	469283.7601 485872	Schwarz criterion	12.681628879661748
Log likelihood	-210.2981504 555729	Hannan-Quinn criter.	12.592879337848592
F-statistic	9.757720002 891196	Durbin-Watson stat	2.017729452575498
Prob(F-statistic)	0.000516454 5185992105		

- **CAFÉ**

Null Hypothesis: CAFE has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.527383949795709	5.917512949912286e-05
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620100	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(CAFE)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 19:59
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAFE(-1)	-0.360448227805892 3	0.065211360578491 1	-5.527383949795709	4.733785263571234e-06
D(CAFE(-1))	0.818965028226500 1	0.103204864780479	7.935333571421005	5.864435440027665e-09
C	11.23480733687443	2.845455641040668	3.948333326597046	0.000421634961950243 8

R-squared	0.702295303248274 4	Mean dependent var	-0.077215735294117 4
Adjusted R-squared	0.683088548619130 9	S.D. dependent var	20.46203410408941
S.E. of regression	11.51907936111617	Akaike info criterion	7.809983805522561
Sum squared resid	4113.364869158466	Schwarz criterion	7.944662675341635
Log likelihood	-129.7697246938835	Hannan-Quinn criter.	7.855913157210075
F-statistic	36.56501667296977	Durbin-Watson stat	2.229965437006545
Prob(F-statistic)	6.977151266410814e-09		

- **CAÑA DE AZÚCAR**

Null Hypothesis: CANA_AZUCAR has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.187846767419036	0.02951255772618822
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620100	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(CANA_AZUCAR)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:01
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CANA_AZUCAR(-1)	-0.328687929088843	0.103106564734602 5	-3.187846767419036	0.00326632547952590 8
D(CANA_AZUCAR(-1))	0.429046070925874 1	0.152928650706338 3	2.805531003799615	0.00860017232183658
C	285.9939898376147	89.43149920003571	3.197911165482289	0.00318206963936971 9

R-squared	0.301921851482344 5	Mean dependent var	8.754959852941184
Adjusted R-squared	0.256884551577967 96	S.D. dependent var	130.8880408162957
S.E. of regression	112.8309154 98717	Akaike info criterion	12.37375508467931
Sum squared resid	394655.2802 606374	Schwarz criterion	12.50843395449838
Log likelihood	-207.3538364 395483	Hannan-Quinn criter.	12.41968443636683
F-statistic	6.703817771 568567	Durbin-Watson stat	2.288492463432135
Prob(F-statistic)	0.003806384 696732729		

- **ESPÁRRAGOS**

Null Hypothesis: D(ESPARRAGOS) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.178004573862831	0.002565870484483017
Test critical values:	1% level	-3.646342448088546	
	5% level	-2.954021497597715	
	10% level	-2.615817271987206	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ESPARRAGOS,2)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:05
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ESPARRAGOS(-1))	-1.091454535459539	0.2612382337462163	-4.178004573862831	0.000233610854443532
D(ESPARRAGOS(-1),2)	0.219710369729441	0.1924697843730188	1.141531751015688	0.262678936339345
C	0.345167744827084	0.7013758012798852	0.492129531915931	0.626209938732756

R-squared	0.432733176028017	Mean dependent var	0.259638484848466
Adjusted R-squared	0.394915387632107	S.D. dependent var	5.177903303170317
S.E. of regression	4.027745212286917	Akaike info criterion	5.710798505836125
Sum squared resid	486.6819448530056	Schwarz criterion	5.846844647787624
Log likelihood	-91.22817534629607	Hannan-Quinn criter.	5.756573893243584
F-statistic	11.44258286597888	Durbin-Watson stat	1.829416692049382
Prob(F-statistic)	0.000202679439375738		

- **PRECIPITACIONES ACUMULADAS**

Null Hypothesis: D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.883670487018151	0.0003805816267836923
Test critical values:	1% level	-3.646342448088546	
	5% level	-2.954021497597150	
	10% level	-2.615817271987206	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD,2)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:07
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD(-1))	-1.294632962062673	0.2650942493978834	-4.883670487018151	3.235074386513683e-05
D(PRECIPITACIONES_ACUMULAD(-1),2)	0.109777283514147	0.1746308387156912	0.6286248426766724	0.534352026492311
C	-27.08983810884943	44.57954399860306	-0.6076741859382481	0.547976391717256

R-squared	0.6046776483693816	Mean dependent var	-6.992424242424235
Adjusted R-squared	0.5783228249273405	S.D. dependent var	392.8865033553601
S.E. of regression	255.1274315205171	Akaike info criterion	14.00791137199771
Sum squared resid	1952700.189427684	Schwarz criterion	14.14395751394921
Log likelihood	-228.1305376379623	Hannan-Quinn criter.	14.05368675940517
F-statistic	22.94371843162491	Durbin-Watson stat	2.038453879284669
Prob(F-statistic)	9.000581161 2301e-07		

- **SUPERFICIE SEMBRADA**

Null Hypothesis: SUPERFICIE_SEMBRADA has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.947799546785159	0.0003021306551683862
Test critical values:	1% level	-3.639407232564414	
	5% level	-2.951125189620101	
	10% level	-2.614300437387636	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(SUPERFICIE_SEMBRADA)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:09
Sample (adjusted): 2017M03 2019M12
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SUPERFICIE_SEMBRADA(-1)	-0.661491539012018 1	0.133694086180557 5	-4.947799546785159	2.494254601572901e-05
D(SUPERFICIE_SEMBRADA(-1))	0.322754384546095 3	0.143007862410096	2.256899579552835	0.031207753414668350
C	5496.464623752036	1487.400708340411	3.695348935180217	0.000845174393923585

R-squared	0.441344894208537	Mean dependent var	-549.5294117647054
Adjusted R-squared	0.405302627415747 5	S.D. dependent var	6414.148685277949
S.E. of regression	4946.374936356126	Akaike info criterion	19.93479483688162
Sum squared resid	758465375.341374	Schwarz criterion	20.06947370670069
Log likelihood	-335.8915122269875	Hannan-Quinn criter.	19.98072418856913
F-statistic	12.24520413348959	Durbin-Watson stat	1.854369036831976
Prob(F-statistic)	0.000120428282480 4714		

- **PBI PER CÁPITA**

Null Hypothesis: D(PBI_PER_CAPITA) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.876339659423908	0.005605352464109518
Test critical values:	1% level	-3.646342448088546	
	5% level	-2.954021497597150	
	10% level	-2.615817271987206	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PBI_PER_CAPITA,2)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:13
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PBI_PER_CAPITA(-1))	-1.001155294715682	0.2582733668041028	-3.876339659423908	0.000535776525891179
D(PBI_PER_CAPITA(-1),2)	0.000577647357840985	0.1825741553746978	0.003163905409588103	0.997496514380012
C	-0.000758450980845 2136	0.005759834748669501	-0.131679295316604	0.896117122652518

R-squared	0.500288823678920 9	Mean dependent var	0
Adjusted R-squared	0.466974745257515 7	S.D. dependent var	0.045294177329983 6
S.E. of regression	0.033068635051701 61	Akaike info criterion	-3.893954986292584
Sum squared resid	0.032806038725478 84	Schwarz criterion	-3.757908844341086
Log likelihood	67.25025727382764	Hannan-Quinn criter.	-3.848179598885126
F-statistic	15.01733943681512	Durbin-Watson stat	2.000000667738659
Prob(F-statistic)	3.025421869242788e-05		

- **PROMEDIO DE RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS**

Null Hypothesis: D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.588374241170558	0.000853961622967896
Test critical values:	1% level	-3.646342448088546	
	5% level	-2.954021497597150	
	10% level	-2.615817271987206	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS,2)
Method: Least Squares
Date: 02/09/22 Time: 20:15
Sample (adjusted): 2017M04 2019M12
Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-1))	-1.182348355517534	0.257683504738685	-4.588374241170558	7.429244157899808e-05
D(PROMEDIO_DE_RENDIMIENTOS(-1),2)	0.147963781537167 5	0.180480755527820 7	0.819831350464172 6	0.418778436905855 5
C	1763.718161087801	1699.928487973183	1.037524915645525	0.307782030264239 1

R-squared	0.528894263068371	Mean dependent var	195.1930075757575
Adjusted R-squared	0.497487214939596	S.D. dependent var	13538.23442943141
S.E. of regression	9597.002065374096	Akaike info criterion	21.26279715607919
Sum squared resid	2763073459.28384	Schwarz criterion	21.39884329803068
Log likelihood	-347.8361530753066	Hannan-Quinn criter.	21.30857254348664
F-statistic	16.83998587087826	Durbin-Watson stat	1.843546122948325
Prob(F-statistic)	1.249614024422217e-05		

Variables	Test de estacionariedad usada	Nivel de significancia	P-value	Conclusión
PBI_agrícola	DFA	0.05	0	es estacionario
Papa	DFA	0.05	0.0001	es estacionario
Arroz	DFA	0.05	0.0016	es estacionario
Café	DFA	0.05	0.0001	es estacionario
Caña_azúcar	DFA	0.05	0.0295	es estacionario
Espárragos	DFA	0.05	0.0026	es estacionario
Precipitaciones acumuladas	DFA	0.05	0.0004	es estacionario
Superficie sembrada	DFA	0.05	0.0003	es estacionario
PBI per cápita	DFA	0.05	0.0056	es estacionario
Promedio de rendimientos agrícolas	DFA	0.05	0.0009	es estacionario

Nota: Con un nivel de significancia de 5%, todas las variables tienen un p-value menor al nivel significante; por tanto, todas las variables llegan a presentar estacionariedad.

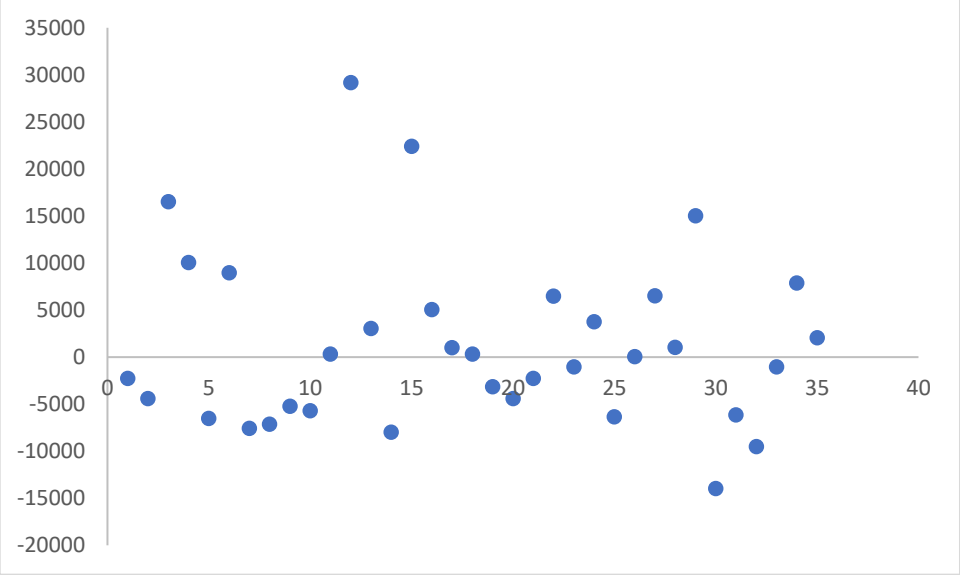
Fuente: elaboración propia.

Anexo N° 23: Simulaciones de Monte Carlo.

Para cada variable, se toma en cuenta las 36 observaciones que tiene cada una.

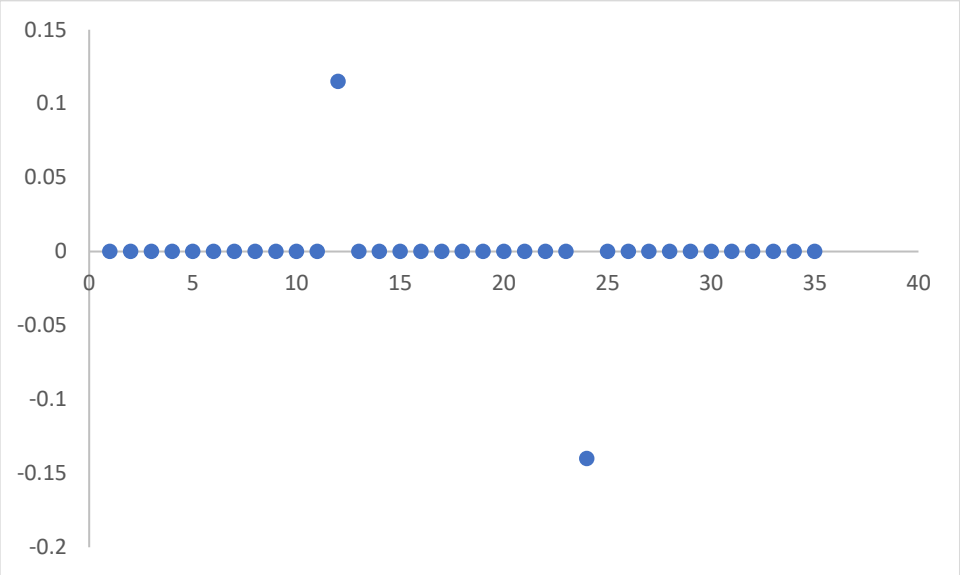
*Todos los gráficos son de elaboración propia.

- **Rendimiento Agrícola**



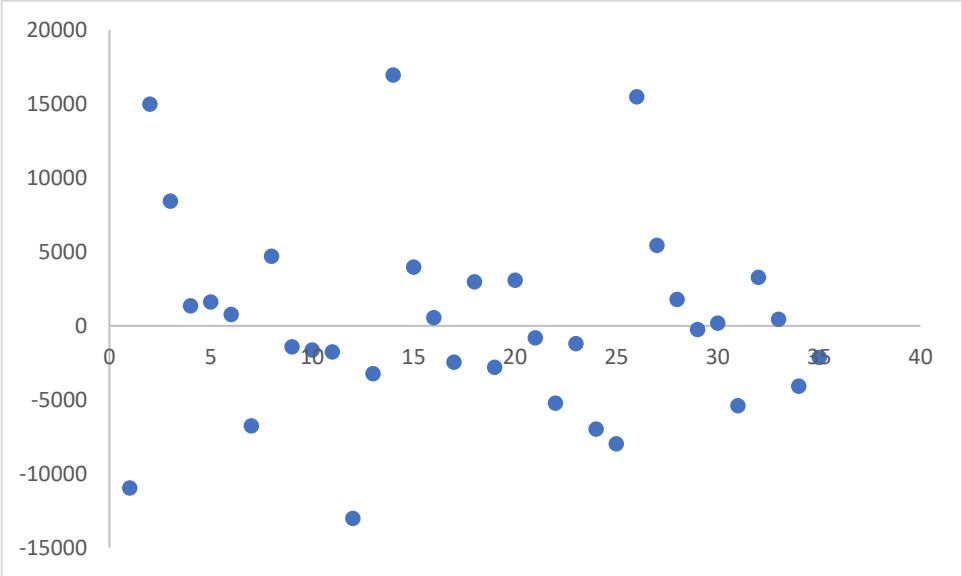
En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones del rendimiento agrícola convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **PBI per cápita**



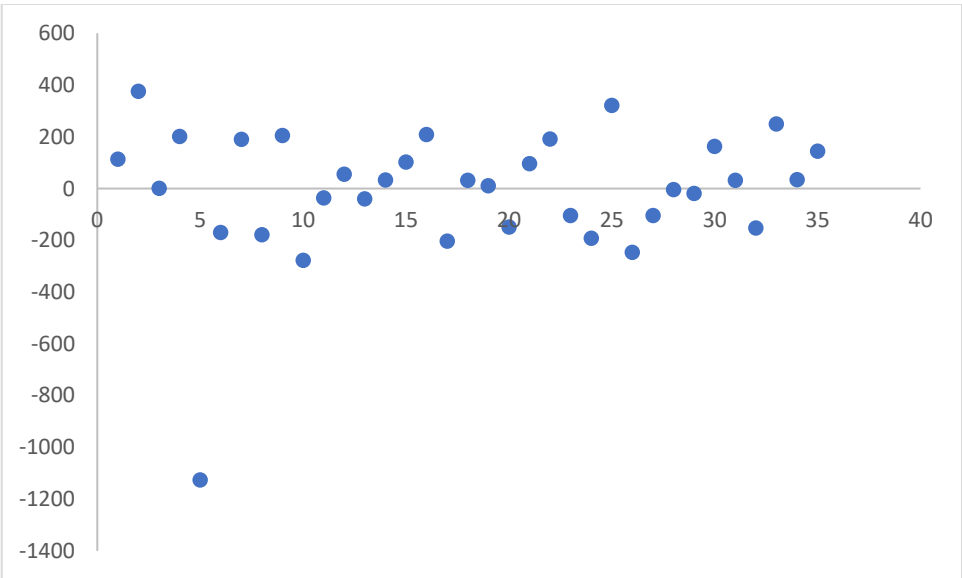
En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones del PBI per cápita convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos cuentan con una concentración muy determinante, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **Superficie sembrada**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones de la superficie sembrada convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

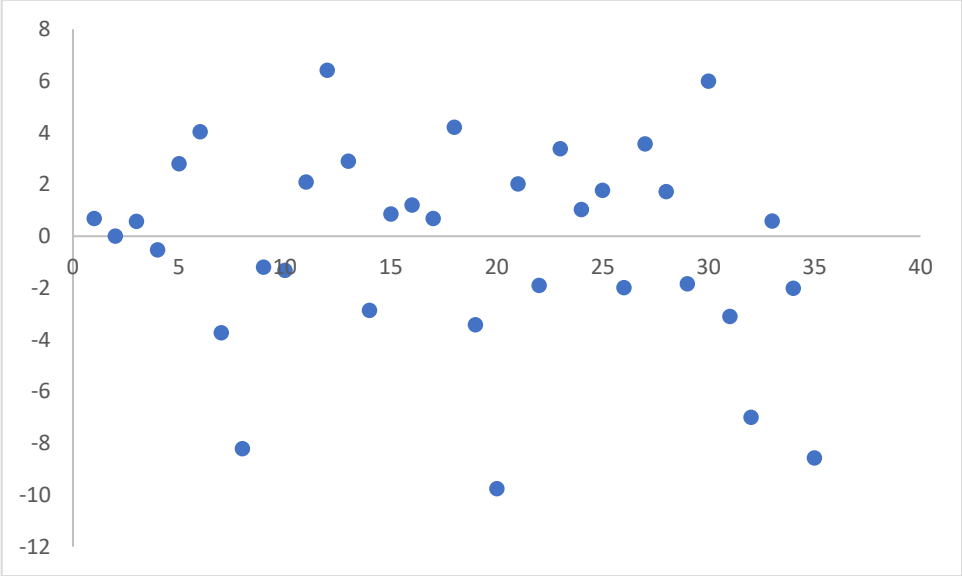
- **Precipitaciones acumuladas**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones de las precipitaciones acumuladas convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción

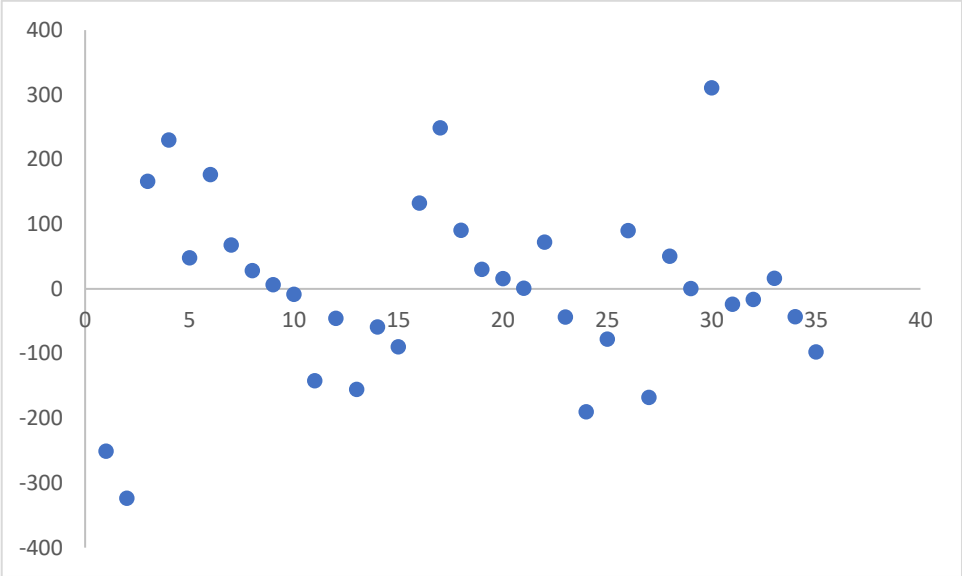
cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **Espárragos**



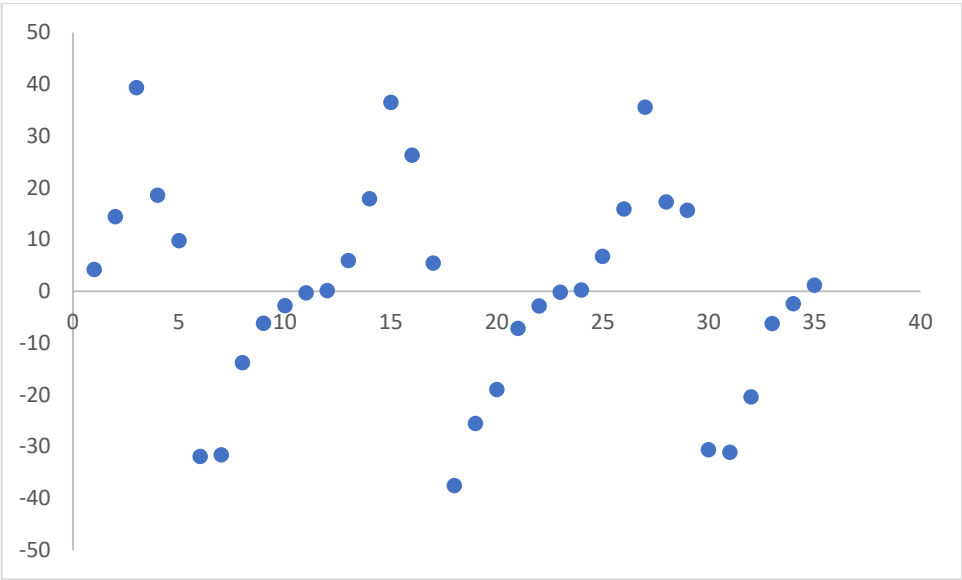
En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones de los espárragos convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **Caña de azúcar**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones de la caña de azúcar convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

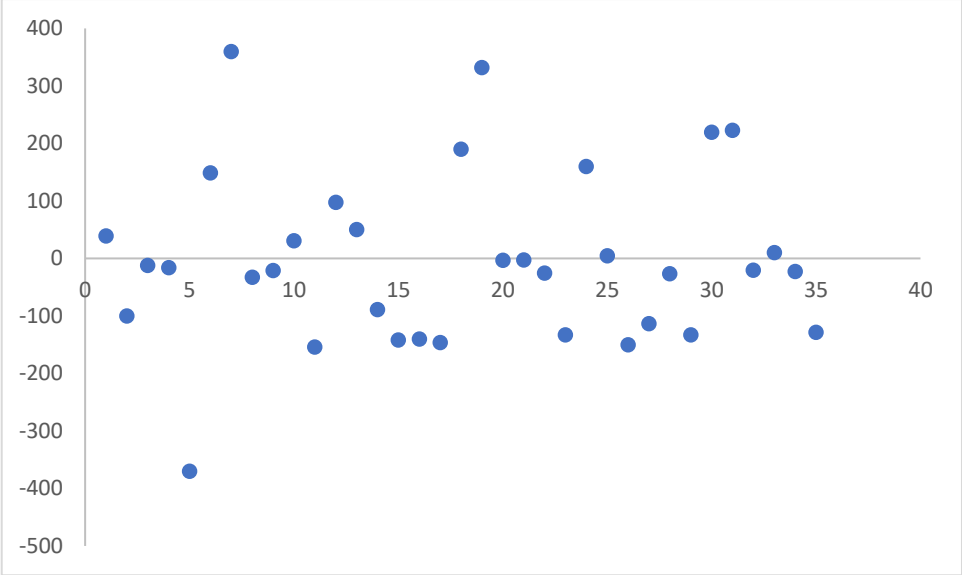
- **Café**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones del café convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en mediana proporción, más a un punto de

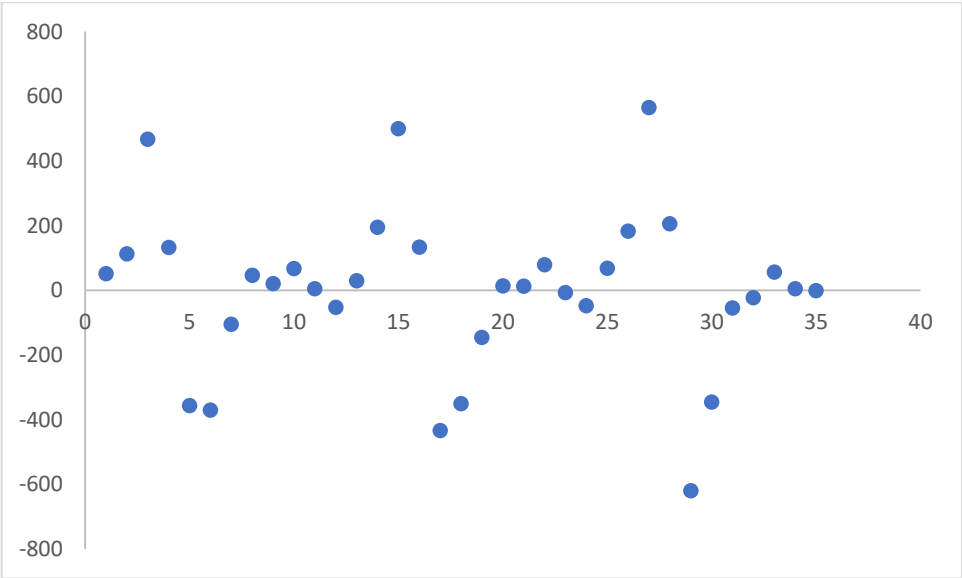
concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **Arroz**



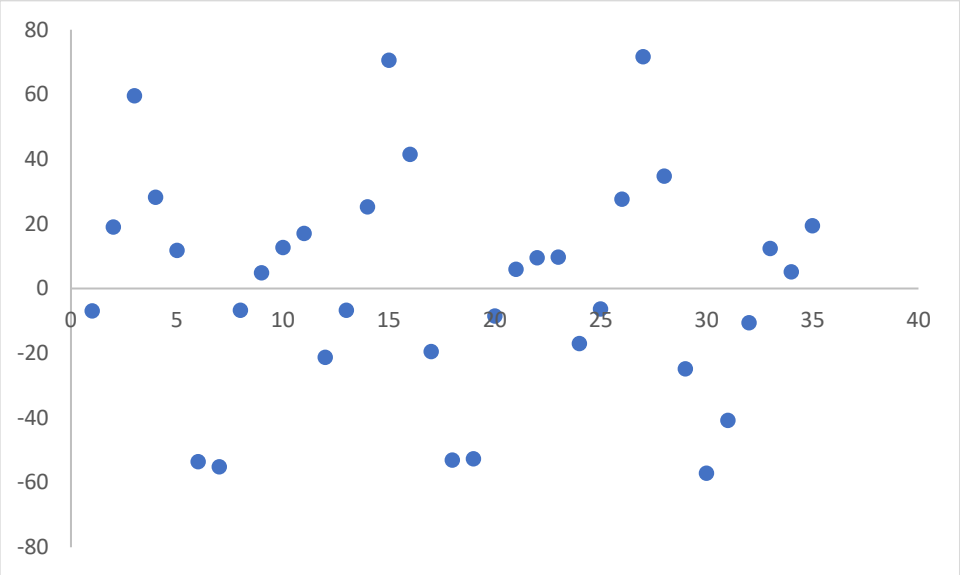
En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones del arroz convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran proporción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **Papa**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones de la papa convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en gran propoción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

- **PBI agrícola**



En el gráfico anterior, se puede observar que las observaciones del PBI agrícola convergen más cerca de un punto de equilibrio horizontal. Conforme avanzan las pruebas en cada observación, los datos se aproximan, en mediana propoción, cada vez más a un punto de concentración, lo cual significa que, agregando más simulaciones, la convergencia será mayor en las observaciones, dando estabilidad al modelo.

Anexo N° 24: Test F de Fisher.

Wald Test:
Equation: Untitled

Test Statistic	Value	df	Probability
F-statistic	46.69840	(8, 26)	0.0000
Chi-square	373.5872	8	0.0000

Null Hypothesis: C(2)=C(3)=C(4)=C(5)=C(6)=C(7)=C(8)=C(9)=C(10)
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(2) - C(10)	0.275989	0.033517
C(3) - C(10)	0.065673	0.020234
C(4) - C(10)	0.164886	0.054483
C(5) - C(10)	-0.081325	0.098025
C(6) - C(10)	0.344834	0.039208
C(7) - C(10)	0.059074	0.028019
C(8) - C(10)	0.106526	0.032261
C(9) - C(10)	0.256002	0.068721

Restrictions are linear in coefficients.

Fuente: Elaboración propia, utilizando E-views 8.

En la presente corrida econométrica, se analiza el test F de Fisher, el cual brinda un **p-value del F estadístico igual a 0.0000**, a un nivel de significancia de 5%, se puede concluir que el modelo puede trabajar bajo efectos aleatorios. Según Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014), los determinantes del modelo de efectos aleatorios son más eficientes que en los modelos de efectos fijos. La hipótesis nula del presente test señala si, a un nivel de significancia de 5%, la Pchi^2 es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis alternativa, la cual indica que el modelo de efectos fijos es el más indicado para datos panel. Para el test de Fisher, las hipótesis son las siguientes:

$$\boldsymbol{H_0}: \boldsymbol{P} < \mathbf{0.05}, \textit{las variables independientes son significativas en modelo efectos aleat.}$$
$$\boldsymbol{H_1}: \boldsymbol{P} > \mathbf{0.05}, \textit{las variables independientes no son significativas en modelo efectos aleat.}$$

Anexo N° 25: Test de Levin-Lin-Chu.

Test Levin-Lin-Chu para el PBI_agrícola

Levin-Lin-Chu unit-root test for **PBI_agrícola**

Ho: Panels contain unit roots		Number of panels =	3
Ha: Panels are stationary		Number of periods =	12
AR parameter: **Common**		Asymptotics: **N/T -> 0**	
Panel means: **Included**			
Time trend: **Included**			

ADF regressions: **1** lag
LR variance: **Bartlett** kernel, **7.00** lags average (chosen by **LLC**)

	Statistic	p-value
Unadjusted t	**-12.3813**	
Adjusted t*	**-10.4976**	**0.0000**

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para la papa

```
. xtunitroot llc papa, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for papa
-------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots              Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                  Number of periods =     12

AR parameter: Common                       Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                     Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t         -9.1178
 Adjusted t*          -7.0096        0.0000
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para el arroz

```
. xtunitroot llc arroz, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for arroz
--------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots              Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                  Number of periods =     12

AR parameter: Common                       Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                     Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t         -5.9131
 Adjusted t*          -3.8404        0.0001
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0001, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para el café

```
. xtunitroot llc café, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for café
---------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots              Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                  Number of periods =     12

AR parameter: Common                       Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
```

	Statistic	p-value
Unadjusted t	-7.8876	
Adjusted t*	-6.4198	0.0000

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para la caña de azúcar

```
. xtunitroot llc L2.caña_azúcar, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for L2.caña_azúcar
------------------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots              Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                  Number of periods =     10

AR parameter: Common                       Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                     Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t         -8.4926
 Adjusted t*          -6.2051        0.0000
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 2 rezagos, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para los espárragos

```
. xtunitroot llc L2.espárragos, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for L2.espárragos
------------------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots              Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                  Number of periods =     10

AR parameter: Common                       Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                     Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t         -7.3034
 Adjusted t*          -4.2741        0.0000
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 2 rezagos, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para las precipitaciones acumuladas

```
. xtunitroot llc precipitacionesacumuladas, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for precipitacionesacumuladas
---------------------------------------------------------------
Ho: Panels contain unit roots               Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                   Number of periods =     12

AR parameter: Common                        Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
---------------------------------------------------------------
                     Statistic      p-value
---------------------------------------------------------------
 Unadjusted t         -4.7105
 Adjusted t*          -2.1789        0.0147
---------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0147, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para la superficie sembrada

```
. xtunitroot llc superficiesembrada, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for superficiesembrada
------------------------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots               Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                   Number of periods =     12

AR parameter: Common                        Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                   Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t        -8.9572
 Adjusted t*         -7.1467        0.0000
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 1 rezago, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Test Levin-Lin-Chu para el rendimiento agrícola

```
. xtunitroot llc L5.Promedioderendimientosagrícol, trend

Levin-Lin-Chu unit-root test for L5.Promedioderendimientosagrícol
-------------------------------------------------------------------

Ho: Panels contain unit roots               Number of panels  =      3
Ha: Panels are stationary                   Number of periods =      7

AR parameter: Common                        Asymptotics: N/T -> 0
Panel means:  Included
Time trend:   Included

ADF regressions: 1 lag
LR variance:     Bartlett kernel, 7.00 lags average (chosen by LLC)
------------------------------------------------------------------------------
                   Statistic      p-value
------------------------------------------------------------------------------
 Unadjusted t       -44.7056
 Adjusted t*        -43.1692        0.0000
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el programa Stata 16, se realiza la conversión de los datos a panel para poder realizar el test de raíz unitaria de Levin-Lin-Chu, el cual señala la hipótesis nula que existe raíz unitaria en cada modelo panel. Con un p-value igual a 0.0000, a un nivel de significancia de 5% y analizado a 5 rezagos, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, el presente modelo es estacionario.

Anexo N° 26: Test de Hausmann.

```
. hausman fijos3 aleatorios3, df(1)
```

	Coefficients			
	(b) fijos3	(B) aleatorios3	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
papa	.0740997	.0825129	-.0084132	.
arroz	.1060153	.1096652	-.0036498	.
café	.4205646	.341935	.0786296	.
caña_azúcar	.025097	.0351993	-.0101023	.0005407
espárragos	.6980809	.3690029	.329078	.

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(1) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 25.70
Prob>chi2 = 0.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el programa estadístico STATA 16, se realiza la medición entre los modelos panel aleatorios y fijos de las variables agrícolas, utilizando 1 grado de libertad, se concluye que el modelo presenta una **probabilidad mayor *chi²*** de **0.0000** (menor a 5% de grado de significancia), lo cual indica que el modelo panel es de efectos aleatorios. Según Larios, F., Álvarez, V. & Quineche, R. (2014), la hipótesis nula del test de Hausmann indica que el modelo de efectos aleatorios es el más apropiado para el modelo de datos panel; por otro lado, la hipótesis alternativa señala que el modelo de efectos fijos es el más indicado. Cuando una de estas hipótesis se rechaza es probable que presenten correlación con una o mas regresoras. Dado los resultados arrojados en el anterior test, la hipótesis alternativa es rechazada; por lo cual, el modelo de efectos aleatorios es el más indicado.

$\boldsymbol{H_0}$: $\boldsymbol{Pchi^2 < 0.05}$, *el modelo de efectos aleatorios es el más indicado para el trabajo de data panel.*
$\boldsymbol{H_1}$: $\boldsymbol{Pchi^2 > 0.05}$, *el modelo de efectos fijos es el más indicado para el trabajo de data panel.*