



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

CARRERA DE ECONOMÍA

**Efectos de los cambios extremos en la temperatura y las
precipitaciones en la producción de los cultivos de arroz
de la provincia del Guayas, Periodo 2012-2022**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

ECONOMISTA

Autor: Santamaría Uvidia, Pablo David

Director: Chaglia Becerra, Mirja Irene

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 27 de agosto 2024

PhD.

Diego Alejandro Ochoa Jiménez

Director de la carrera de Economía

Ciudad. -

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Efectos de los cambios extremos en la temperatura y las precipitaciones en la producción de los cultivos de arroz de la provincia del Guayas, Periodo 2012-2022, realizado por Pablo David Santamaría Uvidia ha sido orientado y revisado durante su ejecución por la Mgtr. Mirja Irene Chaglia Becerra, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Mgtr. Mirja Irene Chaglia Becerra.

C.I: 0913136966

Correo electrónico: michaglia@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Pablo David Santamaría Uvidia, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Efectos de los cambios extremos en la temperatura y las precipitaciones en la producción de los cultivos de arroz de la provincia del Guayas, Periodo 2012-2022, de la carrera de Economía, específicamente de los contenidos comprendidos en: Capítulo I: Revisión de Literatura, Capítulo II: Análisis exploratorio de las variables y metodología, Capítulo III: Discusión de Resultados, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Mgtr. Mirja Irene Chaglia Becerra directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Pablo David Santamaría Uvidia

C.I: 1721948816

Correo electrónico: pdsantamaria@utpl.edu.ec

Dedicatoria

A mi madre, el pilar de mi vida, Fanny Uvidia. Por su apoyo y amor incansable. No está de más mencionar que sin su guía, confianza y seguridad, este logro no hubiese sido posible.

A mi abuela, el pilar de mi vida, Eva Yolanda. Por su presencia y cariño a lo largo de todos estos años de vida, sacrificio, entrega y compromiso con mis objetivos y metas.

A mis amigos, compañeros que gracias a ellos y su apoyo han hecho de este camino más llevadero.

Dedico esta tesis a todos ustedes, lectores.

Agradecimiento

En este viaje para dar por finalizada la tesis, lleno de peripecias, por cierto, pero al final muy gratificante. Este proyecto de tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de los pilares fundamentales en mi vida. Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre Fanny Uvidia y mi abuelita Eva Yolanda.

Primeramente, a mi directora de tesis, Mgtr. Mirja Chaglia Becerra por su apoyo constante, su experticia y observaciones para que esta tesis se lleve a cabo. A mis compañeros de estudio, que a lo largo de la carrera nos hemos apoyado, debates y retroalimentación. Quiero hacer mención a la gloriosa institución, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), las instituciones de dónde se han obtenido los datos, los cuales son públicos.

No puedo dejar de mencionar a mi familia, su compañía y amor incondicional me han sacado adelante y han forjado en mí una conducta resiliente, acompañado de las oportunidades necesarias para alcanzar mis objetivos.

A todos ustedes lectores, gracias.

Índice de Contenido

Carátula	I
Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de Contenido	VII
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo uno	6
Marco Teórico.....	6
1.1 Conceptualización	6
1.1.1 <i>Economía ambiental</i>	6
1.1.2. <i>Fenómenos meteorológicos extremos o cambio climático</i>	7
1.1.2.1 Temperatura.	8
1.1.2.2 Precipitaciones.	8
1.1.3 <i>Característica de la producción agrícola</i>	9
1.1.3.1 Picos de producción.	10
1.1.3.2 Volumen de producción.	11
1.1.3.3 Características y formas de producción del arroz.	12
1.1.4 <i>Consecuencias de cambios extremos de la temperatura en la producción de arroz</i>	13
1.1.5 <i>Consecuencias de cambios extremos en las precipitaciones en la producción de arroz</i>	13
1.2 Evidencia empírica	14
Capítulo dos	19
Metodología.....	19

2.1	Datos	19
2.2	Estrategia de análisis	20
2.2.1	<i>Modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)</i>	20
2.2.2	<i>Prueba de estacionariedad</i>	21
2.2.2.1	Prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF).	21
2.2.2.2	Prueba Phillips Perron (PP).	22
2.2.3	<i>Prueba de multicolinealidad</i>	22
2.2.4	<i>Prueba de heterocedasticidad</i>	23
2.2.5	<i>Prueba de error de especificación</i>	24
2.2.6	<i>Prueba de significancia estadística global (prueba F)</i>	25
2.2.7	<i>Pruebas de significancia estadística individual (prueba t)</i>	25
2.3	Hechos estilizados	27
2.3.1	<i>Evolución de la producción de arroz a nivel nacional</i>	27
2.3.2	<i>Evolución de producción de arroz en la provincia del Guayas</i>	27
2.3.3	<i>Cambio en los niveles de temperatura y precipitaciones a nivel nacional y provincial</i>	29
Capítulo tres		31
Resultados y Discusión		31
3.1	Análisis de resultados	31
3.1.1	<i>Análisis del comportamiento de la producción de arroz y de las variables climáticas</i>	31
3.1.2	<i>Relación entre los cambios en la temperatura y las precipitaciones sobre el volumen de producción arroceras</i>	35
3.2	Discusión de resultados.....	39
Conclusiones		43
Recomendaciones.....		45
Referencias bibliográficas		46
Apéndice		54

Apéndice A Sintaxis de Stata utilizada para la estimación del modelo.....	54
--	-----------

Índice de tablas

Tabla 1 Pruebas de estacionariedad. Series Mensuales periodo 2012-2022.....	31
Tabla 2 Coeficientes estimados de los diferentes modelos de regresión.....	36
Tabla 3 Coeficientes estimados de los diferentes modelos de regresión. Variables rezagadas t-3.....	37
Tabla 4 Análisis de Multicolinealidad. Factor de inflación de la varianza (VIF).....	38
Tabla 5 Análisis de Heterocedasticidad. Test Breusch-Pagan	38
Tabla 6 Análisis de error de especificación. Test RESET de Ramsey	39

Índice de Figuras

Figura 1 Superficie Cosechada (Miles ha) en la provincia del Guayas 2017-2022	29
Figura 2 Mapa de precipitación máxima diaria para El Niño 1997-1998	30
Figura 3 Volumen de producción de arroz (libras) en la provincia del Guayas 2012-2022	32
Figura 4 Precipitación máxima mensual (mm) en la provincia del Guayas 2012-2022	32
Figura 5 Temperatura media máxima mensual (°C) en la provincia del Guayas 2012-2022	34
Figura 6 Temperatura media mínima mensual (°C) en la provincia del Guayas 2012-2022	35

Resumen

El cultivo de arroz es crucial para la economía agrícola de la provincia del Guayas, pero últimamente los aumentos extremos en la temperatura y las precipitaciones han generado preocupación sobre la producción arrocerá. El presente estudio analiza los efectos de los cambios extremos en la temperatura y las precipitaciones sobre la producción de arroz en la provincia del Guayas durante el periodo 2012-2022. La metodología utilizada es de carácter cuantitativo y correlacional, mediante un análisis gráfico de series de tiempo y la estimación de regresiones múltiples por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Los resultados indican que tres meses después de registrarse altos niveles de precipitación y temperatura máxima, el volumen de producción de arroz disminuye durante la cosecha, demostrando que el modelo con rezagos de tres periodos y forma funcional logarítmica-logarítmica es el más adecuado para describir esta relación negativa. En conclusión, es vital que las autoridades competentes y los agricultores de la zona conozcan estos impactos ambientales sobre la producción de arroz, para que puedan tomar medidas que mitiguen los daños.

Palabras clave: temperatura, precipitación, producción de arroz.

Abstract

Rice cultivation is crucial for the agricultural economy of the Guayas province, but recent extreme increases in temperature and precipitation have raised concerns about rice production. This study analyzes the effects of extreme changes in temperature and precipitation on rice production in the Guayas province during the period 2012-2022. The methodology used is quantitative and correlational, involving graphical time series analysis and multiple regression estimation by Ordinary Least Squares (OLS). The results indicate that three months after important levels of precipitation and maximum temperature, rice production volume decreases during harvest, demonstrating that the model with three-period lags and a log-log functional form is the most appropriate to describe this negative relationship. In conclusion, it is vital that the competent authorities and local farmers understand these environmental impacts on rice production so that they can take measures to mitigate the damage.

Keywords: temperature, precipitation, rice production

Introducción

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, y la producción y comercio de este cultivo son una fuente importante de ingresos para muchos países, contribuyendo significativamente a sus economías, especialmente en Asia, África y América Latina. Este alimento representa uno de los pilares fundamentales en la seguridad alimentaria de numerosas regiones alrededor del mundo, siendo una fuente primordial de sustento económico y alimentación para millones de personas (FAO, 2004). En la provincia del Guayas, Ecuador, la producción de arroz no es una excepción a esta regla, desempeñando un papel crucial tanto en la economía local como en la dieta de sus habitantes (Mendoza et al., 2019).

En la década de los noventa, la amenaza del crecimiento económico sobre el medio ambiente cobró mayor fuerza debido al nivel de impacto, a punto de convertirse en un asunto de importancia mundial (ACNUR, 2020). En 1992 se llevó a cabo la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro- Brasil, donde con datos se dio a conocer que los problemas ambientales se podrían volver irreversibles, afectando la calidad de vida de la población y atacando directamente a la biodiversidad, la capa de ozono, y el equilibrio ambiental (ONU, 2012). Durante la última década, la provincia del Guayas ha sido testigo de la vulnerabilidad que los fenómenos climáticos extremos provocan en la agricultura, y específicamente en los sembríos arroceros (Nicholls et al., 2019). Los cambios significativos en temperatura y precipitaciones desafían la capacidad de resiliencia de los ecosistemas agrícolas y ponen en jaque la estabilidad de la producción arroceros (Prager et al., 2020).

Bajo estas amenazas, este estudio busca como objetivo principal, determinar la relación entre los cambios extremos en la temperatura y las precipitaciones sobre la producción de los cultivos de arroz en la provincia del Guayas para el periodo comprendido entre 2012-2022, y como objetivos secundarios: en primer lugar, analizar la evolución histórica que han tenido la temperatura, las precipitaciones y el volumen de producción arroceros en la provincia del Guayas durante el periodo 2012-2022; y en segundo lugar, estimar la relación

que los cambios en la temperatura y las precipitaciones han tenido sobre el volumen de producción arrocerá para este periodo, siendo totalmente necesario conocer la dinámica de los cultivos, a fin de minimizar las pérdidas tanto a nivel de familias como de la economía en general, pues la bibliografía denota el grave problema que estos cambios extremos provocan en el litoral ecuatoriano. En suma, las hipótesis a ser validadas a través de este estudio son: h1: el aumento de la temperatura extrema máxima y la disminución de la temperatura extrema mínima redujo el volumen de producción arrocerá en la provincia del Guayas entre los años 2012-2022; h2: el aumento de la precipitación máxima en milímetros afectó negativamente al volumen de producción arrocerá en la provincia del Guayas entre los años 2012-2022.

En este sentido, para identificar y cuantificar los impactos climáticos sobre el volumen de producción del grano de arroz, se realiza un meticuloso análisis gráfico de la evolución histórica de las variables, así como la estimación de una regresión econométrica a partir de los datos secundarios disponibles en las páginas web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2023) y del Instituto Nacional de estadísticas y Censos (INEC, 2023), se pretende ofrecer un panorama claro de cómo los factores climáticos adversos han repercutido en los volúmenes de producción del grano de arroz.

La importancia de tal estudio radica no solo en la evaluación de las tendencias pasadas y presentes de los cambios extremos del clima, sino también en cuantificar su impacto adverso en la producción de cultivos estratégicos, como es el arroz. Además, promete ser una herramienta de información valiosa para que agricultores, científicos y tomadores de decisiones desarrollen prácticas de manejo agrícola y políticas públicas que busquen mitigar los daños y optimizar la producción bajo las crecientes incertidumbres climáticas. De esta manera, se espera contribuir a la sostenibilidad del sector agrícola y a la seguridad alimentaria de los habitantes de la provincia del Guayas y del país en general.

Este estudio se desarrolló de manera óptima gracias a la disponibilidad completa de datos climáticos y agrícolas para todo el periodo de análisis. Sin embargo, enfrentamos una limitante importante: la eliminación de la variable "número de días de precipitación", la cual inicialmente estaba incluida en el protocolo, ya que según el satélite encargado de medir la

precipitación, en la provincia del Guayas llovió todos los días durante el periodo de estudio (2012-2022), convirtiendo esta variable en una constante a nivel mensual. Esto obligó a reconsiderar su inclusión en el análisis.

El trabajo se estructura en las siguientes secciones: el capítulo uno abarca el marco teórico y la evidencia empírica; el capítulo dos detalla los datos y la metodología empleada, así como los hechos estilizados relacionados con el tema de estudio; el capítulo tres presenta los resultados obtenidos y la correspondiente discusión; finalmente, se ofrecen las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo uno

Marco Teórico

Dada la interdependencia entre el sistema económico y los sistemas ambientales en esta sección se realiza la conceptualización de la economía ambiental, los fenómenos meteorológicos como la temperatura y las precipitaciones, y las características de la producción agrícola. Además, se incluye un apartado de evidencia empírica sobre el tema a desarrollar.

1.1 Conceptualización

1.1.1 *Economía ambiental*

La economía, para Caloca et al. (2021) estudia la escasez que provoca la ilimitada necesidad de los individuos por consumir más bienes y servicios de los que existen, puesto que por el contrario, los recursos como la tierra, el trabajo y el capital se consideran escasos, siendo de vital importancia para la determinación de un problema económico. Bajo este concepto, según Domínguez et al. (2022), con el paso del tiempo se ha empezado a utilizar de forma excesiva los recursos naturales renovables y no renovables, con el fin de obtener una producción cada vez mayor, lo que ha originado efectos externos o externalidades que la sociedad ha tenido que enfrentar.

Las externalidades según Jean-Jacques Laffont (1998) son “efectos indirectos de las actividades de consumo o producción, es decir, los efectos sobre agentes distintos al originador de tal actividad que no funcionan a través del sistema de precios”. Las externalidades pueden ser positivas cuando benefician a otros, y negativas cuando los perjudican, como la contaminación ambiental. La contaminación ambiental no llamó la atención de los economistas ortodoxos como Adam Smith, pero sí de la economía moderna del bienestar (Colander & Landreth, 2006) al preocuparse por las consecuencias del crecimiento económico en el medio ambiente.

Ante esta preocupación se publicó el informe *Los límites del crecimiento* de Meadows et al., (1972) mismo que indica que, si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento

de la población mundial, industrialización, contaminación, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, el planeta Tierra alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años, entre otras cosas, alertaba del agotamiento de los recursos ante el aumento de la contaminación a causa del incontrolable crecimiento de las actividades socioeconómicas. El agotamiento de los recursos naturales y el aumento de la contaminación son problemas interrelacionados que se han agravado debido al crecimiento económico y demográfico descontrolado. Estos problemas dieron lugar en los años setenta al surgimiento de la Economía Ambiental como disciplina, misma que según Chang (2005) estudia la incorporación de las externalidades en el mercado, mediante la asignación de un valor monetario a los bienes y servicios ambientales.

1.1.2. Fenómenos meteorológicos extremos o cambio climático

La amenaza de las actividades humanas, la quema de combustibles fósiles, así como el cambio de uso en la tierra, según Goya (2021) ha ocasionado el denominado cambio climático, que no es más que la influencia de los gases de efecto invernadero sobre el medio ambiente, donde el calor del sol es capturado en la atmósfera terrestre y ello repercute en cambios extremos del clima como el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación. Según la NASA (2024), el cambio climático es un fenómeno de alcance global que ha sido ampliamente estudiado y documentado en los últimos años. Causado por las actividades humanas ha elevado la temperatura promedio del planeta en aproximadamente 1°C desde finales del siglo XIX, con la mayor parte de este calentamiento ocurriendo en las últimas cuatro décadas, y, según Gambarini (2023) se manifiesta con episodios de calor que provocan sequías y consecuentemente riesgos de incendios forestales; además con olas de frío extremo que provocan granizadas y tormentas de nieve. El cambio climático también afecta el ciclo normal del agua, al aumentar la intensidad y frecuencia de las lluvias, provocando inundaciones, tormentas eléctricas, etc (NASA, 2024).

1.1.2.1 Temperatura. La temperatura es uno de los elementos fundamentales del tiempo y el clima. En este contexto, la temperatura atmosférica se refiere a la medida de la energía calórica del aire en un momento y lugar específicos, determinando las sensaciones de calor y frío. Se mide comúnmente en grados Centígrados ($^{\circ}\text{C}$) o Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) con termómetros electrónicos terrestres ubicados en estaciones meteorológicas. La temperatura del aire puede variar según la altitud, latitud, hora del día, estación del año y ubicación (Tekmeteo, 2023).

A criterio de Salpúveda (2022), las isotermas, o curvas conectadas por puntos de igual temperatura es un mapa, permiten visualizar la distribución espacial de la temperatura en una zona. El gradiente de temperatura es el cambio de temperatura dividido por la distancia sobre la que está cambiando, es un vector que tiene dirección y magnitud. Para calcularlo, Fries (2019) alega que se eligen isotermas a cada lado del punto de interés, se toma la diferencia entre ellas, se averigua la distancia horizontal entre las isotermas, y se divide el cambio de temperatura entre las isotermas por esa distancia. Para Salpúveda (2022), además del gradiente horizontal y altitudinal, la variación en el ángulo de incidencia de los rayos solares también afecta la temperatura. Cuando los rayos inciden perpendicularmente, la misma cantidad de energía se concentra en una superficie más pequeña, aumentando la temperatura, es por ello que las zonas cercanas al ecuador tienen temperaturas más cálidas, mientras que las zonas polares tienen temperaturas más frías.

1.1.2.2 Precipitaciones. Núñez (2020) menciona que la lluvia, también conocida como precipitación atmosférica, es la que hace que el agua de la atmósfera caiga al suelo, completando el ciclo del agua. También sirve como la principal fuente de agua dulce para uso humano y una parte considerable de los paisajes vegetales.

El informe de The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), se indica que la precipitación es el proceso por el cual el agua cae desde la atmósfera hacia la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve, granizo o rocío. Las gotas de agua o partículas de hielo que forman las nubes tienen un diámetro que oscila entre 0.01 y 0.02 mm; mientras estas diminutas gotas o cristales de hielo permanecen suspendidos en el aire, no aumentan

significativamente su tamaño; sin embargo, existen dos mecanismos principales que permiten el crecimiento de las gotas hasta alcanzar un tamaño suficiente para precipitar.

El primero de ellos es el proceso de coalescencia directa, también conocido como colisión y coalescencia. Este mecanismo implica que las pequeñas gotitas de agua presentes en la nube chocan entre sí debido a la atracción electrostática y se unen para formar gotas de lluvia de mayor tamaño, con diámetros que varían entre 0.15 y 2.15 mm. (European Geosciences Union, 2018).

El segundo mecanismo es el proceso de condensación del vapor de agua. En este caso, el vapor de agua producido en la superficie de las gotas que forman la nube se condensa, aumentando el tamaño de las gotas. Dado que la presión de vapor disminuye con la altura, la condensación también puede ocurrir cuando hay diferencias de temperatura o cuando existen núcleos de condensación higroscópicos, como partículas de cloruro de sodio. (European Geosciences Union, 2018).

La precipitación se mide comúnmente en milímetros (mm), que equivale a litros por metro cuadrado (l/m^2), y representa la altura de la columna de agua que se acumularía sobre una superficie plana si toda el agua de la precipitación no se evaporara, escurriera o infiltrara. Los pluviómetros son los instrumentos más utilizados para medir la precipitación; recogen y cuantifican el agua de lluvia, nieve, granizo, etc. que cae en un área determinada (Pliego, 2017).

1.1.3 Característica de la producción agrícola

En el siglo XVII, el filósofo y científico Francis Bacon, considerado uno de los precursores del empirismo y el método científico moderno, planteó una visión de la naturaleza que promovía su explotación por parte del ser humano. Bacon afirmaba que el hombre tenía el dominio absoluto sobre el mundo natural y que este debía ser utilizado para garantizar la supervivencia y el progreso de la humanidad (Manzo, 2022). Esta perspectiva antropocéntrica y utilitarista de la naturaleza impulsó el desarrollo de prácticas agrícolas más intensivas y extensivas durante el siglo XVII (Manzo, 2022). Los avances en la agronomía, como la rotación de cultivos, el uso de abonos y la mejora de herramientas, permitieron aumentar los

rendimientos y la producción de alimentos (Díaz & Morejón, 2018). Sin embargo, esta explotación de los recursos naturales se realizaba sin considerar los impactos a largo plazo sobre el medio ambiente (IICA, 2021).

1.1.3.1 Picos de producción. Los picos de producción son el punto en el que un cultivo agrícola alcanza su rendimiento máximo y, a continuación, entra en un declive terminal en la tasa de producción (Troncoso & Villalobos, 2011). En el informe presentado por la FAO (2024) indica que la operación que necesariamente se tiene que llevar a cabo, para asegurarse que un cultivo pueda alcanzar mejor el rendimiento, es dotar a las plantaciones un suelo en óptimas condiciones.

Según De Los Santos y Cosco (2022), el rendimiento máximo de un cultivo agrícola se produce durante los picos de producción. Los picos de producción pueden verse influenciados por factores bióticos y abióticos. El término “factores bióticos” se refiere a elementos que están relacionados con los seres vivos, como patógenos, microorganismos, bacterias, insectos y otras plagas que pueden dañar las plantas o degradar su calidad; mientras que los factores abióticos incluyen cosas como la temperatura, la humedad, la luz, el agua, el suelo y los nutrientes que están relacionados con el entorno físico. Estos elementos pueden tener impacto en el crecimiento, desarrollo y reproducción de una planta.

A demás de estos, hay otros factores que pueden tener un impacto en la producción agrícola, incluida la competencia técnica de los miembros del equipo de producción, la accesibilidad de materiales y equipos, la disponibilidad de suministros agrícolas, el potencial empresarial y la tecnología. Estos elementos pueden impulsar la productividad y la eficacia de los procesos de producción y ayudarlos a adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado (De Los Santos & Cosco, 2022).

1.1.3.2 Volumen de producción. A diferencia de la idea de capacidad productiva, que se refiere a la cantidad máxima que se puede producir en un periodo de tiempo dado operando en condiciones normales, el volumen de producción, según el boletín técnico de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020 del INEC (2021), se define como la cantidad de productos cosechados en un lapso determinado de acuerdo al ciclo productivo.

Para incrementar el volumen de producción de cultivos, según la FAO (2024) se pueden utilizar muchas prácticas agrícolas. Algunas de ellas son:

- Utilizar tecnologías de vanguardia como drones, sensores, sistemas de riego automático, agricultura predictiva, etc. Estas tecnologías permiten monitorear la salud de las plantas, controlar plagas y usar los recursos de manera más eficiente.
- Cambiar el cultivo que se planta en la misma parcela de tierra cada año rotando sus cultivos. Esto aumenta la fertilidad del suelo, reduce las malas hierbas y las enfermedades y diversifica la producción.
- Utilizar semillas genéticamente mejoradas o transgénicas, que son más resistentes a plagas, sequías, herbicidas y otros elementos nocivos. Estas semillas también pueden producir más alimentos y ser de mayor calidad que las semillas tradicionales.
- Usa fitohormonas o reguladores del crecimiento, que son sustancias químicas que afectan el desarrollo de las plantas. Estas sustancias tienen la capacidad e promover o prevenir el crecimiento vegetativo, la floración, la fructificación, la germinación y el enraizamiento de una planta.
- Utilizar equipos agrícolas apropiados para facilitar el trabajo de preparación del suelo, siembra, cosecha y transporte. La maquinaria agrícola puede disminuir el trabajo manual y los costos laborales al tiempo que aumenta la eficiencia y la velocidad de producción.

1.1.3.3 Características y formas de producción del arroz. Con una producción mundial de 745 millones de toneladas métricas, el arroz se considera el producto agrícola más importante en términos de importancia económica. El trigo ocupa el segundo lugar con 166 millones de toneladas métricas. El maíz y la caña de azúcar son productos utilizados como materia prima de la agroindustria, y la superficie cultivada es mayor a otro tipo de cultivos (Pinzón & Ramirez, 2019).

El circuito productivo del arroz, según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA (2023)], se describe de la siguiente manera:

- Una etapa preliminar de la agricultura donde se cultiva arroz: El cultivo en húmedo, el cultivo en seco, el cultivo en tierras altas, el cultivo aeróbico, los sistemas de intensificación de arroz y el cultivo hidropónico son las técnicas más comunes para cultivar arroz.
- Una etapa posterior de producción y procesamiento comercial que garantiza que el arroz se produzca y procese para mantener las condiciones óptimas. De acuerdo a su calidad y tamaño, el arroz pasa por procesos de limpieza, secado, descascarillado, pulido y clasificación. Según la variedad y el nivel de procesamiento, el arroz puede ser blanco, integral, rojo o incluso silvestre.
- Una tercera etapa, durante la cual se vende y distribuye el arroz. El arroz se transporta a los mercados regionales o mundiales en sacos o bolsas. El arroz se consume como grano entero o transformado en otros productos como harina, fideos, bebidas, etc.

Según el informe de la Comisión Europea (2016), se cultivan cuatro tipos diferentes de arroz: arroz con cáscara, arroz descascarillado, arroz partido y arroz semiblanqueado o blanqueado:

- Arroz con cáscara: También se le conoce como arroz paddy y se distingue por tener una cascara que lo encierra herméticamente.
- Arroz descascarillado: También se le conoce como arroz integral o de carga y se distingue por no tener cáscara, pero aún no está pulido, conservando el pericarpio, el germen y la capa de salvado.

- Arroz semiblanqueado o blanqueado: Esta clase se puede pulir o glasear, lo que implica moler el material para eliminar todo menos las capas más internas de la cáscara, el pericarpio y el germen.
- Arroz partido: Este tipo de arroz, que puede ser común o escamado, se distingue por pasar por un procedimiento de pulido que realza su apariencia, así como por un procedimiento de glaseado en el que el grano se recubre con una solución de talco y glucosa en tambores de glaseado.

Según se menciona en el informe de la Comisión Europea (2016), debido a su consumo generalizado y a la actividad económica que provoca, el arroz es un cultivo de gran importancia.

1.1.4 Consecuencias de cambios extremos de la temperatura en la producción de arroz

La temperatura óptima para el crecimiento del arroz es entre 20 y 35°C (Donoso et al., 2020), y cualquier desviación de este rango puede afectar negativamente el rendimiento (Zepner et al., 2020). Los cambios extremos de temperatura pueden tener un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en la fertilización y el llenado de granos, lo que puede afectar la producción de arroz (FAO, 2023).

Las temperaturas altas disminuyen la fotosíntesis e incrementan la transpiración y la evaporación del agua, lo que puede llevar a una mayor demanda de agua y nutrientes (Medina et al., 2023). Por otro lado, las temperaturas bajas pueden retrasar el crecimiento y la maduración del arroz, lo que puede afectar la calidad del grano, al reducir el número de granos por panícula y provocar la muerte de las espiguillas (Medina et al., 2023).

1.1.5 Consecuencias de cambios extremos en las precipitaciones en la producción de arroz

Las variaciones extremas en las precipitaciones también pueden dañar la producción de arroz al afectar la disponibilidad y el control del agua de riego, así como el peligro de inundaciones y sequías (FAO, 2023). A criterio de González et al. (2020), los cambios en los patrones de precipitación pueden afectar las fechas de floración, los factores bióticos (como

plagas, enfermedades y malezas) en varios sistemas de producción, elevando los costos de producción y cambiando la disponibilidad de agua en el suelo; las inundaciones, la erosión del suelo y las pérdidas significativas de cultivos pueden ser el resultado de fuertes lluvias, en la costa del Pacífico, donde el aumento del nivel del mar también puede provocar inundaciones y la salinización del suelo, esto puede empeorar.

Para Youngzine (2022) las sequías o inundaciones provocan pérdidas de superficies de arroz, o bien las áreas para cultivar, como resultado, la producción total tiende a disminuirse, y, al caer la producción de arroz, este se vuelve más caro; a nivel mundial los países ya están luchando contra el incremento de los costos de los alimentos y la inflación, y, si los precios del arroz incrementan sustancialmente, buena cantidad de hogares que dependen de él como alimento básico en su dieta se verán afectados negativamente.

Estas consecuencias pueden significar un impacto negativo en la seguridad alimentaria y la economía de los países dependientes del arroz como alimento básico, especialmente en los países en desarrollo (Naciones Unidas, 2010).

1.2 Evidencia empírica

En Ecuador un estudio reciente realizado por Vásquez y Bravo (2023), determinan “la influencia del cambio climático en la producción agrícola de la provincia de Loja en el periodo de 2007- 2020”. La metodología aplicada en este trabajo consiste en el análisis de datos de panel bajo efectos fijos y aleatorios del valor agregado del sector agrícola en función de las variables climáticas, temperatura y precipitación. Los datos se obtuvieron del Banco Central del Ecuador (BCE) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). De esta manera, llegan a la conclusión de que tanto la temperatura como la precipitación generan un efecto positivo en la producción agrícola solo hasta alcanzar un nivel óptimo de resistencia, ya que se observa un efecto negativo en la producción agrícola más allá de ese nivel óptimo.

Por su parte, Cadena (2021) analiza las consecuencias de las temperaturas máximas, las mínimas, y la presencia o ausencia de precipitaciones en la producción de quinua en la provincia de Chimborazo. La estrategia de análisis consiste primero en la observación

histórica mensual de las series, la proyección de las variables climáticas de 1981 a 2050 en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 y finalmente la realización de entrevistas a los agricultores de tres comunidades con el propósito de conocer su percepción del cambio climático. El autor confirma por un lado que el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación reduce la producción de quinua, y por otro que es probable que la temperatura aumente y las precipitaciones disminuyan en los próximos años y con eso la pérdida de ingresos del 50% por parte de los agricultores en ambos escenarios.

Otra investigación que indagan el impacto sobre la producción de arroz en la región, lo lleva a cabo Hidalgo (2021) en los siete departamentos de Perú que registraron la mayor producción de arroz entre 1996 y 2018. Para medir el impacto del cambio climático sobre la agricultura recurre a una función de producción con datos de panel controlado por variables no observables y variables cambiantes en el tiempo como las políticas nacionales, los acuerdos internacionales, entre otras. El resultado principal fue la influencia convexa de la temperatura, la precipitación y la humedad sobre el rendimiento y la producción arrocería, es decir efectos negativos a corto plazo y positivos luego de superado el umbral óptimo de resistencia.

De igual forma en Perú, pero en la provincia Moyobamba para los últimos 20 años, se aplicó un análisis descriptivo de las variables de producción de arroz (siembra, cosecha, producción) y las variables del cambio climático (temperatura, humedad, precipitación) mediante la distribución de frecuencias y gráficos; un análisis correlacional para medir la relación entre estas variables mediante el cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson; y por último el análisis de las imágenes satelitales, con el fin de determinar la ampliación de la frontera agrícola durante el periodo de estudio. En síntesis, López (2019) obtuvo como resultados los siguientes: una influencia positiva de la temperatura, negativa de la humedad y nula de la precipitación en los indicadores de la producción de arroz; una alta variabilidad de las hectáreas de bosque perdidas por el cultivo de arroz, siendo el año 2010 el de mayor pérdida.

También en Colombia, se encontró que los rendimientos de arroz se ven beneficiados por un aumento en la temperatura máxima, pero se ven afectados negativamente ante el exceso o la escasez de las precipitaciones, ello se demostró en la investigación de Pardo et al. (2020) en donde se evaluaron los impactos del cambio climático sobre la producción del arroz en la zona denominada Llanos Orientales, utilizando la información de los rendimientos de este cultivo, los datos climáticos (temperatura y precipitaciones) y otras variables económicas, desde 1990 a 2016, para así estimar la relación entre estas series temporales a través del método econométrico, mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Existen otros autores que han estudiado la relación entre el cambio climático y la producción de arroz, utilizando métodos de regresión MCO. Entre ellos se encuentra el estudio de Villegas et al. (2021), quienes demuestran los efectos del cambio climático en la producción de 5 cultivos agrícolas en la región de Piura, Perú: arroz en cáscara, mango, maíz amarillo duro, limón sutil y cacao. Por tal motivo, realizan estimaciones específicas para cada cultivo, evaluando el impacto de las variables climáticas en la producción y calculando derivadas parciales para determinar el umbral óptimo de dichas variables. En cuanto a la producción de arroz, los resultados indican que la temperatura mínima no tiene un impacto estadísticamente significativo, en cambio si la precipitación incrementa en 1mm la producción de arroz se incrementa en 0.0428 toneladas.

Otro estudio para América Latina es el de Molina (2023) quien se enfoca en determinar el efecto de los cambios climáticos en la precipitación y la temperatura sobre los niveles de producción agrícola de Guatemala, durante el periodo 1990 - 2019. Para lo cual utiliza funciones de producción transformada Lin-Lin y Lin-Log bajo el esquema de un modelo VAR. Encontrando que las condiciones climáticas adversas tenían un impacto negativo en la producción siempre que se sobrepasa el óptimo de temperatura y precipitación, demostrando así la existencia de rendimientos marginales decrecientes de la producción con respecto a los cambios climáticos.

En otras partes del mundo, los productores de arroz también se han enfrentado a patrones variables del clima en los últimos años. De tal manera que mediante análisis de

series temporales y métodos cuantitativos, autores como Khan et al. (2019) examinaron la relación entre los cambios en la temperatura y las precipitaciones y la producción de arroz en Bangladesh. Los resultados mostraron una correlación significativa y un impacto negativo del clima en la producción de arroz, la reducción de las precipitaciones dio lugar a una reducción del 25% - 30% de la producción agrícola. Otros autores Li et al. (2019) analizaron los efectos en la producción arrocería en Corea del Sur, descubriendo que las condiciones climáticas adversas tenían un impacto negativo en la producción de arroz. Además en el estudio se mencionó que el área de siembra de arroz ha disminuido 1.000 hectáreas de cultivo de arroz cada año.

Asimismo, en el estudio de Akter (2019), se buscó analizar los efectos de variables climáticas claves en la producción de arroz en Bangladesh durante el período 2011-2018. Para llevar a cabo este análisis, se emplearon tres métodos estadísticos distintos: mínimos cuadrados ordinarios (MCO), mínimos cuadrados generalizados (MGL) y mínimos cuadrados generalizados factibles (MGLF). Los resultados del estudio revelaron que tanto la escasez como el exceso de lluvias contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de la producción arrocería frente a los cambios climáticos extremos.

Por otra parte, con el objetivo de identificar la interacción entre el cambio climático, la producción de arroz y la seguridad alimentaria en Malasia, los investigadores Firdaus, et al. (2020) analizaron las tendencias de las precipitaciones y la temperatura a lo largo de 34 años utilizando la prueba de la pendiente de Mann-Kendall y Sen. Los resultados mostraron un aumento de la temperatura mínima (T_{\min}) y máxima (T_{\max}) que varía entre $0,3^{\circ}\text{C}$ y $0,5^{\circ}\text{C}$ y entre $0,2^{\circ}\text{C}$ y $0,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente; y también una tendencia creciente en las precipitaciones, con incrementos que oscilan entre 133 mm y 200 mm. Además del análisis de tendencias, se llevó a cabo una revisión de literatura para respaldar los hallazgos del estudio. Los resultados sugieren que el cambio climático representa una grave amenaza para la producción de arroz, lo que a largo plazo afectará significativamente la seguridad alimentaria debido a la estrecha interrelación entre estos factores.

Finalmente Bhardwaj et al. (2022) se propusieron estimar el impacto del cambio climático en el rendimiento del trigo y el arroz en Punjab, India, durante el periodo 1981-2017. Para lo cual emplearon varios enfoques metodológicos, incluyendo mínimos cuadrados ordinarios totalmente modificados (FMOLS), mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS) y grupo de medias agrupadas (PMG). Los modelos mostraron que la temperatura mínima tiene un efecto positivo en ambos cultivos, mientras que la temperatura máxima contribuye negativamente, y por su parte el exceso de lluvias es contraproducente para la producción de trigo y arroz. Con estos resultados los autores sugieren conservar los recursos naturales para garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo.

Capítulo dos

Metodología

En esta sección se expondrán las fuentes de información de los datos y las variables a emplear en los modelos econométricos, así como también diferentes pruebas para el análisis de series de tiempo y la regresión de estimación. Se abordarán también los hechos estilizados que contextualizan el comportamiento de las variables aquí planteadas a nivel nacional.

2.1 Datos

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que es necesario indagar sobre los efectos de los cambios extremos de la temperatura y las precipitaciones en la provincia del Guayas. El tipo de investigación es de carácter correlacional, pues se realizará la estimación de una regresión múltiple entre el registro de precipitaciones y temperatura sobre el volumen de producción arrocerero durante el periodo de estudio.

Por lo que, se recurre a una fuente de información secundaria, sobre los registros de temperatura y precipitaciones mensuales, mismos que se obtendrán del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2023) -que es la entidad encargada del monitoreo de la meteorología e hidrología en el Ecuador-; además, los datos del volumen de producción de arroz mensual se tomarán del Instituto Nacional de estadísticas y Censos (INEC, 2023) a través de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), todo esto, por meses para el periodo de estudio.

Las variables a utilizar son: el volumen de producción de arroz en cáscara medido en libras en lugar de arroz pilado, debido a la disponibilidad de datos en todos los meses del primer tipo; y las variables climáticas son:

Variables de las precipitaciones:

- Precipitación máxima mensual en mm

Variables de la temperatura del ambiente:

- Temperatura media máxima mensual en °C
- Temperatura media mínima mensual en °C

Un aspecto importante a mencionar es la eliminación de la variable número de días de precipitación -considerada previamente en el protocolo-, ya que la información se encuentra a nivel de provincia, y el satélite encargado de tomar esta información registró que todos los días llueve en el Guayas, pues muestra el promedio de precipitación en la provincia en general. El problema con estos datos es que la variable se vuelven una constante, pues según los datos todos los días hay registro de precipitación durante todo el periodo de estudio (2012-2022).

2.2 Estrategia de análisis

Para el primer objetivo se realizará un análisis gráfico de las series temporales para describir la evolución de la producción arrocerá, los cambios en la temperatura y las precipitaciones a partir del año 2012 al año 2022. Para el segundo objetivo se aplicarán regresiones mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Previo al análisis de series de tiempo se realizará pruebas de estacionariedad de cada una de las variables. Por otra parte, antes de aplicar la regresión MCO se aplicarán las pruebas de multicolinealidad, heterocedasticidad y de error de especificación. Finalmente, se realizará un análisis postestimación que implica pruebas de significancia estadística global (prueba F) e individual (prueba t).

A continuación se detalla el modelo y las pruebas que fueron desarrolladas con ayuda del paquete estadístico Stata 16.

2.2.1 Modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

La ecuación a utilizar para la estimación econométrica por MCO es la siguiente:

$$vparroz_t = \beta_0 + \beta_1pmm_t + \beta_2tmax_t + \beta_3tmin_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde:

$vparroz_t$: volumen de producción de arroz en el periodo t

pmm_t : precipitación máxima mensual en mm en el periodo t

$tmax_t$: temperatura media máxima en el periodo t

$tmin_t$: temperatura media mínima en el periodo t

ε_t : término de error

t: periodo mensual de 2012 a 2022

β_0 : término constante

$\beta_1 \dots \beta_3$: coeficientes a estimar

A esta regresión Lineal-Lineal, se han sumado como alternativa otras regresiones de diferentes formas funcionales, para determinar cuál de ellas se ajusta mejor a los datos.

$$\text{Logarítmica-Lineal: } \ln vparroz_t = \beta_0 + \beta_1 pmm_t + \beta_2 tmax_t + \beta_3 tmin_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\text{Lineal-Logarítmica: } vparroz_t = \beta_0 + \beta_1 \ln pmm_t + \beta_2 \ln tmax_t + \beta_3 \ln tmin_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\text{Logarítmica-logarítmica: } \ln vparroz_t = \beta_0 + \beta_1 \ln pmm_t + \beta_2 \ln tmax_t + \beta_3 \ln tmin_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

Con estas regresiones lo que se busca es establecer el grado de incidencia de las variables de precipitación y temperatura sobre el nivel de producción de arroz.

2.2.2 Prueba de estacionariedad

Con respecto al análisis de las series temporales, primero se evaluará su estacionariedad de las variables mediante los test: Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron. Ambas pruebas indagan la presencia de raíces unitarias (Jalil & Rao, 2019).

2.2.2.1 Prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF). A partir de un modelo autorregresivo de primer orden (AR [1]) $x_t = \alpha x_{t-1} + \varepsilon_t$, donde x depende únicamente de su valor pasado, x_{t-1} . Dado que el supuesto inicial es que la serie no es estacionaria, el modelo se reescribirá por la primera diferencia, es decir:

$$\Delta x_t = (\alpha - 1)x_{t-1} + \varepsilon_t = \gamma x_{t-1} + \varepsilon_t$$

El coeficiente estimado del término autorregresivo γ es el coeficiente de interés para la determinación de raíz unitaria o estacionariedad. Entonces la hipótesis de la prueba ADF es:

$H_0: \gamma = 0$ x_t tiene raíz unitaria

$H_1: \gamma < 0$ x_t no tiene raíz unitaria

El estadístico de prueba es el estadístico $\tau = \frac{\hat{\gamma}}{\sigma_\gamma}$. Si su valor es menor al valor crítico, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que no está presente una raíz unitaria. Esto significa que los shocks en x_t son de naturaleza permanente y no desaparecen con el paso del tiempo, por lo cual la serie es estacionaria.

La prueba Dickey Fuller Aumentada permite procesos autorregresivos de orden superior tomando el mayor número de retrasos en el lado derecho de la ecuación (Jalil & Rao, 2019).

2.2.2.2 Prueba Phillips Perron (PP). La prueba DFA asume que los errores no están correlacionados y tienen una varianza constante. Phillips y Perron (1988) considera suposiciones bastante leves sobre la distribución de los errores y modifica la prueba de DFA (Enders, 2004). Además esta prueba se utiliza por la pérdida de grados de libertad al tener un número reducido de observaciones con autocorrelaciones de orden superior.

Por tanto, la prueba PP no requiere rezagos adicionales de la variable dependiente, simplemente estima la ecuación DF no aumentada y realiza una corrección no paramétrica al estadístico de la prueba τ utilizando el estimador de matriz de covarianza coherente con la heteroscedasticidad de Newey-West (StataCorp, 2019).

Por otra parte, en relación con la regresión por MCO, previamente se aplicarán las pruebas de multicolinealidad, heterocedasticidad y de especificación.

2.2.3 Prueba de multicolinealidad

La multicolinealidad da cuenta de la existencia de relaciones aproximadamente lineales entre las variables predictoras. Puede ser evaluada mediante la estructura de compresión de las variables predictoras, el cálculo de los factores de inflación de la varianza (VIF) o el número de condición (Wang, 1996). A criterio de Villegas et al. (2013), un alto nivel de multicolinealidad puede afectar la precisión y estabilidad de los modelos, haciendo que la estimación de los coeficientes sea inestable e imprecisa. Para abordar la multicolinealidad,

se pueden tomar medidas como la eliminación de variables predictoras altamente correlacionadas o el uso de técnicas de reducción de dimensionalidad, como el análisis de componentes principales (ACP) o la selección de modelos más estables.

La multicolinealidad puede afectar negativamente la precisión y la estabilidad de los modelos de series de tiempo (Novales, 1993). Algunos métodos para detectar la multicolinealidad en una serie de tiempo según Neter et al. (1990) incluyen:

- Coeficientes de compensación muestral simples: Obtener los coeficientes de compensación muestral simples para cada par de variables explicativas y ver si el grado de compensación entre estas variables es alto.
- Número de condición: Este procedimiento de detección de la multicolinealidad es el más adecuado entre los actualmente disponibles, según afirman Judge et al. (1985).
- Tolerancia: Se puede utilizar la tolerancia para detectar la multicolinealidad. Si la tolerancia es menor a 0,10, se considera que existe un problema de multicolinealidad.
- Análisis de componentes principales (ACP): Este método puede ser utilizado para reducir la dimensionalidad de los datos y detectar la multicolinealidad (Neter, Wasserman, & Kutner, 1990).

Si se detecta multicolinealidad, se deben tomar medidas para abordarla, como la eliminación de variables predictoras altamente correlacionadas, el uso de técnicas de reducción de dimensionalidad, como el ACP o la selección de modelos más estables.

2.2.4 Prueba de heterocedasticidad

La heterocedasticidad en series temporales se refiere a la presencia de variaciones en la varianza de los errores a lo largo del tiempo. Esta característica provoca que los estimadores de mínimos cuadrados no tengan varianza mínima, es decir no sean eficientes, incumpliendo uno de los supuestos básicos de los modelos de regresión. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas para detectar la heterocedasticidad al analizar series de tiempo (Anónimo, 2024).

El test de Breusch-Pagan es una de las pruebas más comunes. Así, siguiendo a Wooldridge (2010) se toma en cuenta la ecuación:

$$u_t^2 = \delta_0 + \delta_1 x_{t1} + \dots + \delta_k x_{tk} + v_t$$

Cuya hipótesis nula es que los residuos son homocedásticos (varianza constante) $H_0: \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_k = 0$, contra la hipótesis alternativa de que los residuos son heterocedásticos. El estadístico de prueba F , es válido bajo el supuesto de que los errores (v_t) son homocedásticos y que no están correlacionados serialmente, razón por la cual, primero se deberá probar la correlación serial. Un valor $p < 0.05$ sugiere rechazar la hipótesis nula, indicando la presencia de heterocedasticidad. Para corregir este problema se aconseja aplicar mínimos cuadrados ponderados (Wooldrige, 2010).

Otras pruebas utilizadas para detectar la heterocedasticidad son los test de White, Glejser, Goldfeld-Quandt, entre otros.

2.2.5 Prueba de error de especificación

La prueba de error de especificación se enfoca en evaluar si la ecuación del modelo de regresión seleccionada es adecuada para describir y ajustarse a los datos observados. La prueba más conocida para detectar errores de especificación es la prueba RESET de Ramsey. Esta prueba evalúa la omisión de variables independientes o si las no linealidades están presentes en el modelo. Por tal motivo, partiendo del modelo original (Wooldrige, 2010):

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + u_t$$

Y estimando la variable dependiente \hat{y}_t , se plantea la regresión auxiliar agregando potencias de sus valores ajustados:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + \delta_1 \hat{y}_t^2 + \delta_2 \hat{y}_t^3 + v_t$$

Las hipótesis a probar son H_0 : forma funcional correcta, frente a la H_1 : forma funcional incorrecta.

El estadístico de prueba se distribuye como una $F_{(m, n-k-m)}$. Donde m , el número de restricciones lineales bajo la hipótesis nula, k es el número de parámetros en la regresión auxiliar. Así, si su valor p es pequeño sugiere que el modelo especificado es inadecuado.

2.2.6 Prueba de significancia estadística global (prueba F)

Según Lind et al. (2008), esta prueba consiste en averiguar la posibilidad de que todos los coeficientes de la regresión múltiple son igual a cero, es decir en relación a este estudio se pretende evaluar si las variables independientes (precipitación máxima, número de días con precipitación, temperatura media máxima y temperatura media mínima) en conjunto son útiles para determinar el volumen de producción de arroz. Con este propósito, primero se plantea dos hipótesis:

La hipótesis nula:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$$

La hipótesis alternativa:

$$H_1: \text{No todos los } \beta_i \text{ son } 0$$

Para probar la hipótesis nula, se calcula el estadístico F, mediante la siguiente ecuación que sigue la distribución F con k y $n - (k + 1)$ grados de libertad

$$F = \frac{SSR/k}{SSE/[n - (k + 1)]}$$

Donde SSR : suma de cuadrados de la regresión, SSE : suma de los cuadrados del error, n : número de observaciones y k : número de variables independientes.

La regla de decisión es: si el valor calculado de F es mayor al valor dado de F, rechazar la H_0 de que todos los coeficientes son cero y aceptar la H_1 de que no todos son cero.

2.2.7 Pruebas de significancia estadística individual (prueba t)

Según Gujarati y Porter (2009) la prueba de significancia t, es un enfoque alternativo pero complementario al de intervalos de confianza para probar las hipótesis estadísticas: nula $H_0: \beta_i = 0$ y alternativa $H_1: \beta_i \neq 0$. Método desarrollado por Nymar y Pearson.

De manera general, una prueba de significancia es un procedimiento que usa los resultados muestrales para corroborar la veracidad o falsedad de una hipótesis nula. La idea central de las pruebas de significancia es la de un estadístico de prueba (un estimador) y su distribución muestral, según la hipótesis nula. La decisión de rechazar o aceptar la hipótesis nula se basa en el valor del estadístico de prueba calculado para los datos disponibles.

Asumiendo el supuesto de normalidad, la variable t sigue una distribución n-2 grados de libertad (gl). La prueba es la siguiente:

$$t = \frac{\hat{\beta}_2 - \beta_2}{ee(\hat{\beta}_2)}$$

$$t = \frac{(\hat{\beta}_2 - \beta_2) \sqrt{\sum x_i^2}}{\hat{\sigma}}$$

Si el verdadero valor β_2 se especifica con la hipótesis nula, el valor t es calculado a partir de la muestra disponible y, por ende, sirve como estadístico de prueba. Y, dado que este estadístico de prueba sigue una distribución t , los intervalos de confianza estarán definidos por:

$$Pr \left[-t_{\alpha/2} \leq \frac{\hat{\beta}_2 - \beta_2^*}{ee(\hat{\beta}_2)} \leq t_{\alpha/2} \right] = 1 - \alpha$$

Donde β_2^* es el valor de β_2 en H_0 y, $-t_{\alpha/2}$ y $t_{\alpha/2}$ son los valores críticos de t que se obtienen de la tabla t para un grado de significancia $(\alpha/2)$ y n-2 grados de libertad.

Reorganizando, se tiene que:

$$Pr[\beta_2^* - t_{\alpha/2} ee(\hat{\beta}_2) \leq \hat{\beta}_2 \leq \beta_2^* + t_{\alpha/2} ee(\hat{\beta}_2)] = 1 - \alpha$$

Que no es más que el intervalo en el que se encontrará $\hat{\beta}_2$ con probabilidad $1 - \alpha$, puesto que $\beta_2 = \beta_2^*$. En el lenguaje de pruebas de hipótesis, el intervalo de confianza a $100(1 - \alpha)\%$ establecido anteriormente, se conoce como la región de aceptación de la Hipótesis nula, y las regiones fuera del intervalo de confianza toman el nombre de región de rechazo.

En el lenguaje de pruebas de significancia, se dice que un estadístico presenta significancia estadística si el valor del estadístico de prueba cae en la región crítica. En dicho caso se rechaza la hipótesis nula. Asimismo, se considera que una prueba no presenta significancia estadística si el valor del estadístico de prueba cae en la región de aceptación, en dicho caso, no se rechaza la hipótesis nula.

2.3 Hechos estilizados

2.3.1 Evolución de la producción de arroz a nivel nacional

La evolución de la producción de arroz en Ecuador en los últimos años ha mostrado variaciones significativas. Según un informe, en 2021, Ecuador fue el cuarto mayor productor de arroz en América del Sur, después de Brasil, Perú y Colombia.

Según un artículo de Agrolatam (2024), se espera que la producción de arroz en Ecuador en 2024 alcance las 400 mil toneladas, lo que equivale a unas 150 mil hectáreas cosechadas. Estos datos reflejan una tendencia a la estabilidad y un alto nivel de producción en el país. Para obtener información más detallada sobre la evolución anual de la producción de arroz en Ecuador, se recomienda consultar fuentes específicas, como informes de organizaciones agrícolas y publicaciones académicas.

El arroz tiene una gran importancia económica y social en Ecuador. En el año 2013, se sembraron 414.096 hectáreas de arroz en el país, con el 93,94% de la siembra concentrada en las provincias de Guayas y Los Ríos. La cadena de producción de arroz en Ecuador genera un movimiento económico superior a los 146 millones de dólares, que involucra a productores, acopiadores rurales, piladores, agroindustriales y comerciantes. El arroz es un componente clave en el desarrollo económico del país, siendo uno de los productos con mayor demanda a nivel nacional (Viteri & Zambrano, 2016).

La comercialización de la producción de arroz en Ecuador es un aspecto fundamental, con la cadena de distribución que involucra a intermediarios que pueden modificar los precios, lo que destaca la vulnerabilidad de la cadena en relación a la dependencia del Estado para la comercialización de arroz (Poveda & Andrade, 2018). Según Viteri y Zambrano (2016) estos factores resaltan la relevancia del arroz en la economía ecuatoriana, tanto en términos de generación de ingresos como de seguridad alimentaria

2.3.2 Evolución de producción de arroz en la provincia del Guayas

En la actualidad, Guayas sigue posicionándose como la provincia con el mayor nivel de producción de arroz gracias a la fecundidad de su tierra y el arduo trabajo de su gente

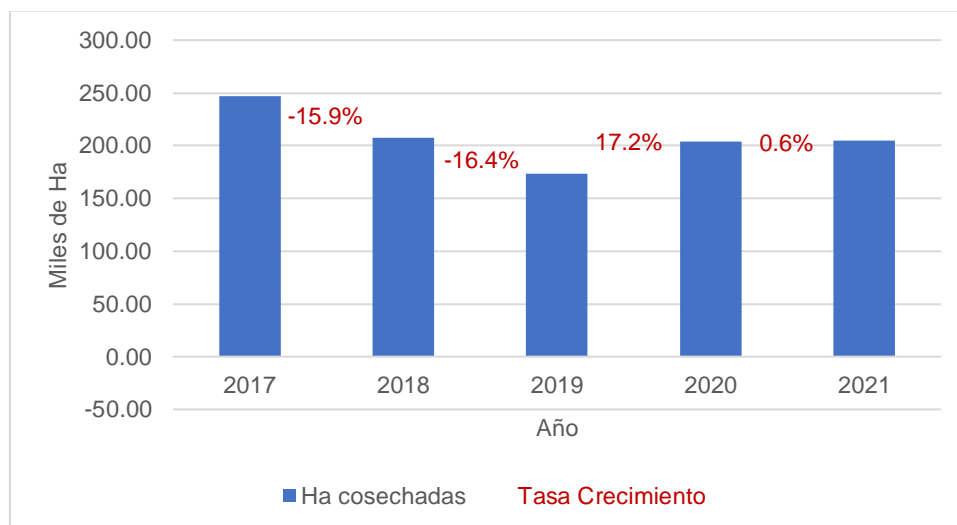
(Poveda & Andrade, 2018). En el año 2021 esta provincia costera concentró el 63% de la producción nacional y el mejor rendimiento de producción de arroz, 4.60 tm por ha cosechada. En su estructura productiva, de las 95 empresas a nivel nacional que en 2021 se dedicaron al cultivo de arroz, el 79% realizaron sus actividades en la provincia del Guayas (Corporación Financiera Nacional B.P., 2023). Además la gran mayoría (92%) de UPAs del sector arrocero está en manos de los pequeños productores (áreas de 1 hasta 10 ha), según información del Rice Observatory de 2021 (Marín et al., 2021).

Es evidente entonces que la producción arroceras es de gran importancia para las localidades guayasenses, como fuente de empleo e ingresos para la población, en especial para los habitantes del cantón Daule que generó la mayor producción de arroz durante el periodo 2018 a 2020, con una participación promedio del 15.67% de la superficie total destinada a este producto, seguido del cantón Samborondón con el 10.13%, mismo que ocupa el tercer puesto a nivel nacional (Dimitrakis & De la Eze, 2022).

Analizando la evolución de la producción de arroz de la provincia del Guayas en los últimos años, se observa en el Figura 1, un descenso de casi un tercio del área de cultivo en el año 2019, en comparación al 2017, decayendo de 247 a 173 mil has. Una de las probables causas de este hecho responde a la pérdida de sembríos ante las inundaciones registradas en la región Costa (Banco Central del Ecuador, 2019). Sin embargo, para 2021 la superficie cosechada de arroz consigue recuperarse, incrementado en un 17.8% y llegando a 200 mil has aproximadamente.

Figura 1

Superficie Cosechada (Miles ha) en la provincia del Guayas 2017-2022



Nota. Fuente: Corporación Financiera Nacional B.P (2023).

2.3.3 Cambio en los niveles de temperatura y precipitaciones a nivel nacional y provincial

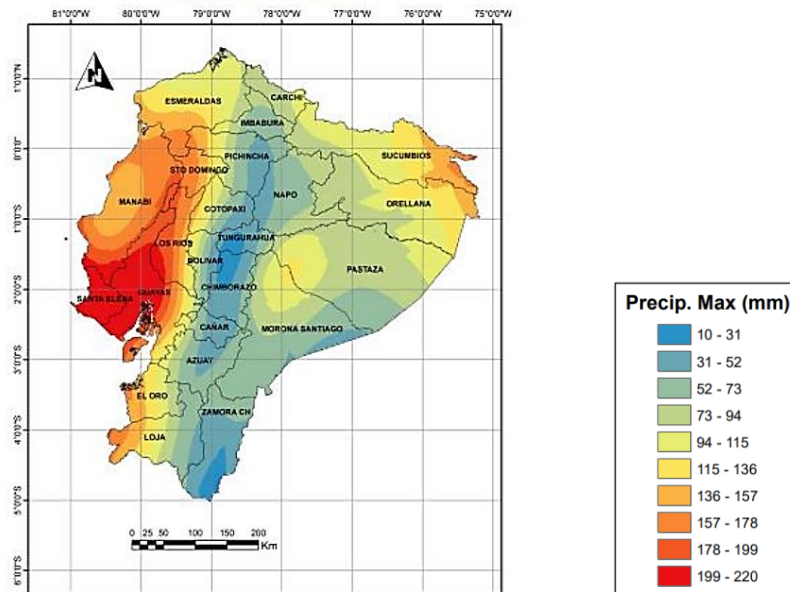
Los gases de efecto invernadero y el fenómeno natural de El Niño han incrementado la temperatura de los océanos, amenazando a gran parte a la población que vive en zonas costeras de América Latina y el Caribe. Cada año ha sido más caluroso que el año anterior en el océano, en 2022 la temperatura subió 0.33 grados centígrados lo que ha provocado tormentas más severas con lluvias intensas y más frecuentes (Márquez, 2023).

En Ecuador, el fenómeno de El Niño tuvo un impacto significativo en los años 1982 y 1997. Durante estos años, las provincias afectadas experimentaron inundaciones y deslizamientos que acabaron con la vida de cientos de personas. Además destruyeron extensas áreas de cultivos, viviendas y carreteras. Como resultado, se registraron pérdidas económicas millonarias que afectaron gravemente la economía nacional (SGR, 2024).

El evento ocurrido en 1997 es el más severo hasta ahora. En ese año se observó fuertes precipitaciones de 220 mm en las provincias de Guayas y Santa Elena, ver Figura 2. Además fueron afectadas las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos con precipitaciones máximas entre 140 mm y 190 mm (Guillén, 2016).

Figura 2

Mapa de precipitación máxima diaria para El Niño 1997-1998



Nota. Tomado de Anexo 17. *Evento 1997-1998* (p.88), por C.

Guillen, 2016.

Según los expertos, el análisis de los datos históricos y las modelaciones revelan que el fenómeno de "El Niño Oscilación Sur (ENOS)" presentará un comportamiento similar para el año 2023 e incluso de mayor intensidad que el registrado en 1997-1998 (Márquez, 2023). Especialmente en el perfil costanero donde el aumento de la temperatura del Océano Pacífico se prevé que inunde las zonas bajas de la cuenca del río Guayas, destrozando miles de hectáreas de cultivos (Sánchez & David, 2014).

Capítulo tres

Resultados y Discusión

Este capítulo se divide en dos secciones, en la primera se presentan los resultados que dan respuesta a los objetivos aquí planteados; en la segunda se discute el comportamiento y la relación entre los cambios en la temperatura y las precipitaciones sobre el volumen de producción arroceras aquí descritos, en contraposición con los hallazgos encontrados en investigaciones previas.

3.1 Análisis de resultados

3.1.1 Análisis del comportamiento de la producción de arroz y de las variables climáticas

Previamente se evaluó la estacionariedad de las series mensuales entre los años 2012 al 2022 a través de dos test de raíces unitarias Dickey-Fuller y Phillips–Perron. En vista que el estadístico de prueba t de las dos pruebas resulta no significativo (p -valor <0.01) en todas las variables, se concluye que las cuatro variables analizadas (volumen de producción de arroz, precipitación máxima, temperatura media máxima y temperatura media mínima) son series estacionarias, es decir, siguen un patrón permanente a lo largo de los años. Esto significa que los valores de estas variables no muestran una tendencia clara hacia arriba o hacia abajo a lo largo del tiempo, sino que siguen un patrón cíclico o estacional. (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Pruebas de estacionariedad. Series Mensuales periodo 2012-2022

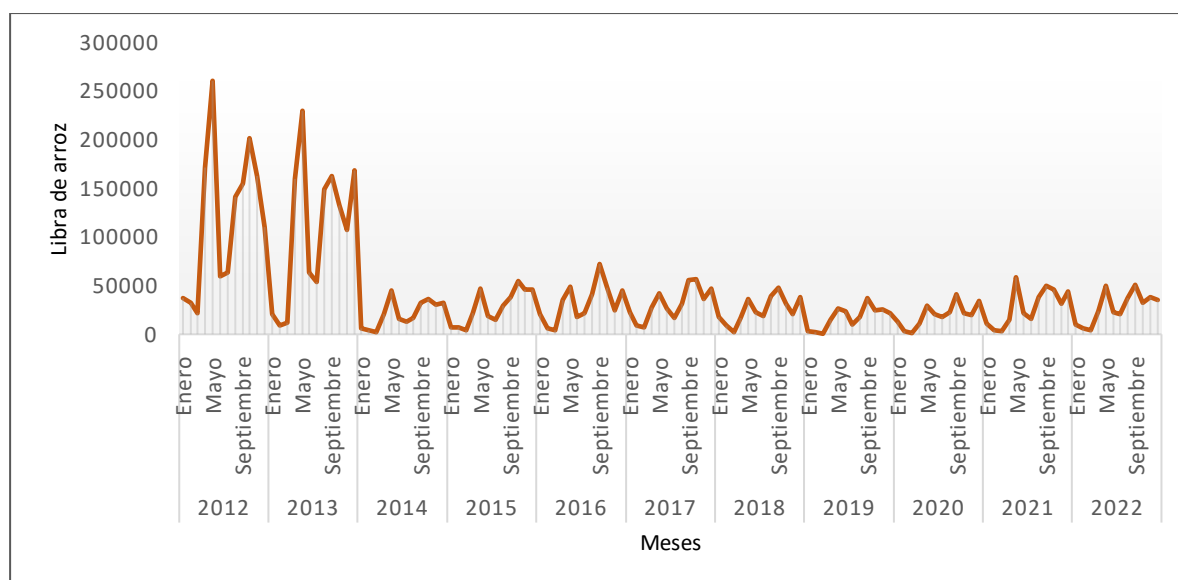
Variables	Dickey-Fuller		Phillips–Perron	
	Estadístico de prueba t	P-valor	Estadístico de prueba t	P-valor
Volumen de producción de arroz	-5,385	0,0000	-5,190	0,0000
Precipitación máxima	-3,894	0,0021	-3,825	0,0027
Temperatura media máxima	-4,283	0,0005	-4,689	0,0001
Temperatura media mínima	-6,022	0,0000	-5,991	0,0000

Nota. Ho: Serie no estacionaria.

Estos resultados se verán reflejados en el análisis gráfico del comportamiento de las variables que se presenta a continuación. La Figura 3 muestra la producción de arroz en la provincia de Guayas durante un período de análisis determinado. Al analizar la figura, se observan dos picos de producción en los meses de mayo y septiembre, así como dos valles en los meses de marzo y julio, lo que sugiere que la producción de arroz tiene un patrón estacional. Además, se observa que la producción de arroz fue mayor en los años 2012 y 2013 en comparación con los años posteriores. Esto sugiere que hubo un cambio en la tendencia de la producción de arroz a partir del año 2014. Particularmente, los años 2019 y 2020 fueron los más afectados, con volúmenes de producción muy bajos.

Figura 3

Volumen de producción de arroz (libras) en la provincia del Guayas 2012-2022



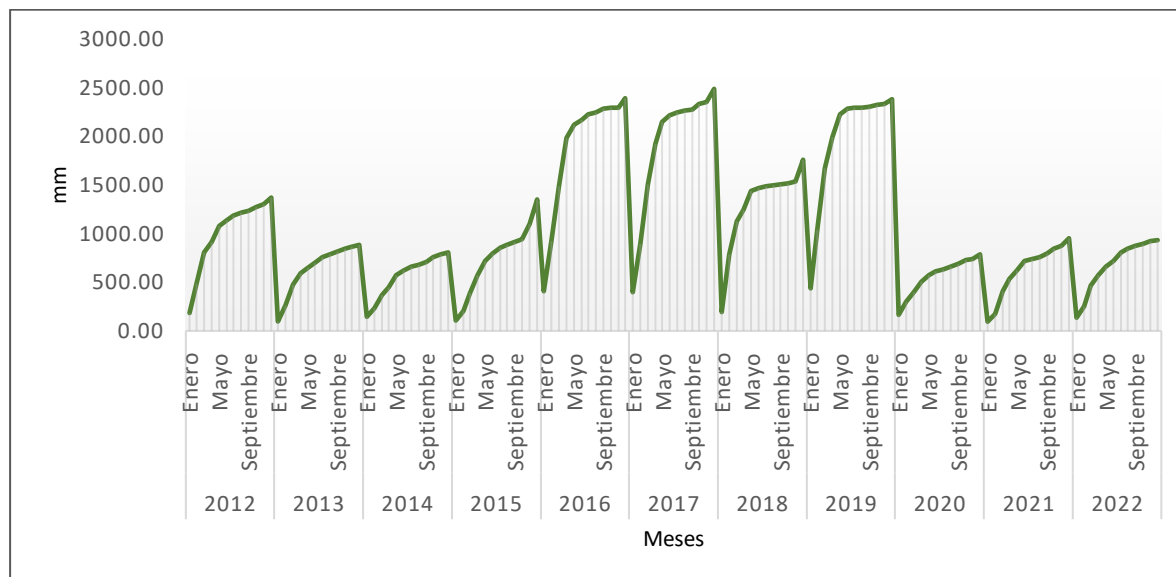
Nota. Datos obtenidos de INEC (2023).

La Figura 4 muestra el comportamiento de la precipitación máxima mensual en la provincia del Guayas durante el periodo de estudio. Al analizar la figura, se observa que la precipitación máxima mensual presenta un patrón de crecimiento a tasa decreciente entre enero y diciembre. Este patrón de crecimiento sugiere que la precipitación máxima en un principio aumenta rápidamente (de enero a mayo), luego este incremento de la precipitación comienza a ser cada vez menor (de junio a diciembre), alcanzando su máximo en diciembre. Además, se observa que los años 2016, 2017 y 2019 fueron los que presentaron los mayores

niveles de precipitación. Esto sugiere que estos años fueron particularmente húmedos en la región, lo que puede haber afectado la producción de arroz en la provincia del Guayas.

Figura 4

Precipitación máxima mensual (mm) en la provincia del Guayas 2012-2022

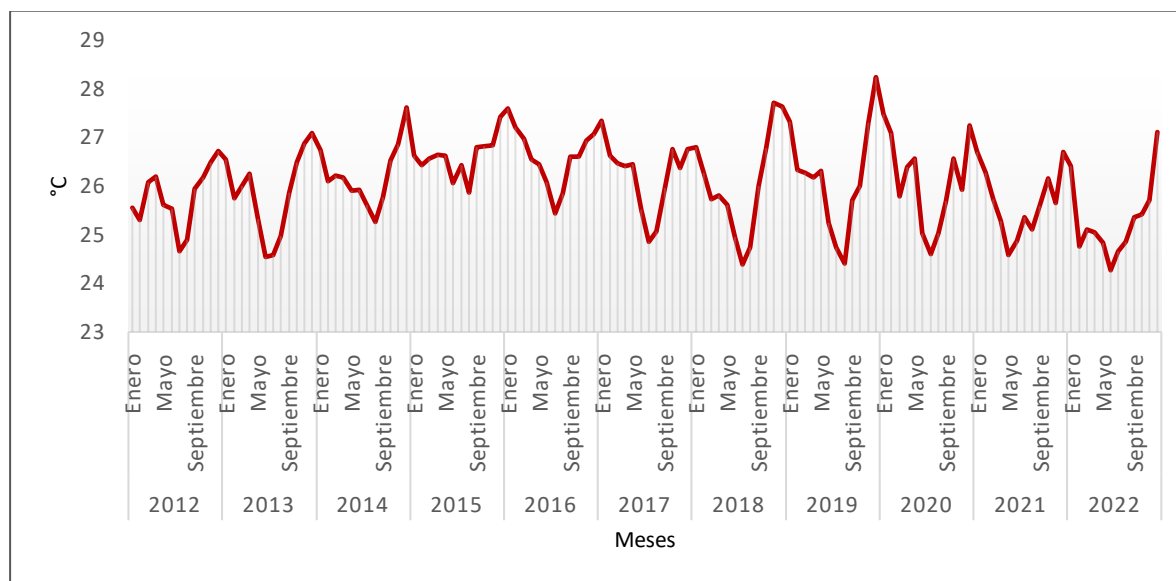


Nota. Datos obtenidos de INAMHI (2023).

La Figura 5 muestra las variaciones en la temperatura media máxima mensual en la provincia del Guayas durante la década de estudio. Al analizar la figura, se observa un patrón de comportamiento estacional en la temperatura media máxima mensual a lo largo de los meses. Este patrón estacional sugiere que la temperatura media máxima mensual sigue un ciclo anual, con un aumento en la temperatura durante los meses de verano (diciembre a febrero) y una disminución durante los meses de invierno (junio a agosto). Además, se observa que los años 2018 y 2019 fueron los que registraron las mayores temperaturas máximas en la provincia del Guayas, con una temperatura media máxima mensual de aproximadamente 28°C. Esto sugiere que estos años fueron particularmente cálidos en la región, lo que puede haber afectado la producción de arroz y otros cultivos.

Figura 5

Temperatura media máxima mensual (°C) en la provincia del Guayas 2012-2022

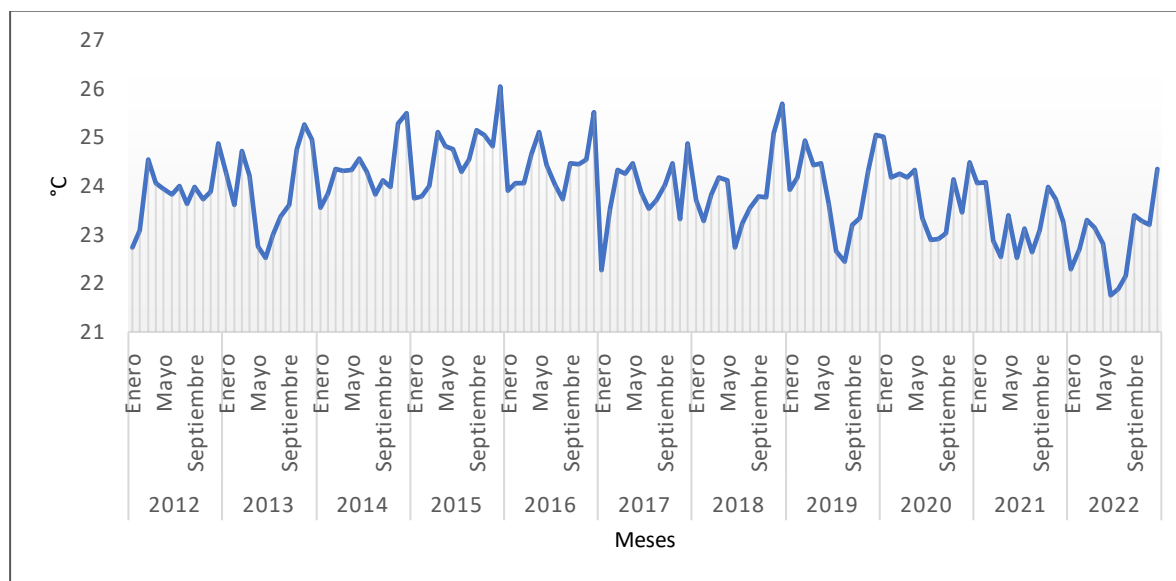


Nota. Datos obtenidos de INAMHI (2023).

La Figura 6 muestra los registros de la temperatura media mínima mensual en la provincia del Guayas durante el período de estudio. Al analizar la figura, se observa que la temperatura media mínima mensual también sigue un patrón cíclico, similar a los patrones observados en las figuras previas. Sin embargo, en este caso, los valores mínimos de la temperatura media mínima mensual varían en cuanto al mes en que se presentan. En algunos años, la temperatura media mínima mensual se registra en junio, mientras que en otros años se registra en agosto o incluso en enero. Esto sugiere que la temperatura media mínima mensual no sigue un patrón estacional tan definido como la temperatura media máxima mensual. Además, se observa que en junio de 2022 la temperatura media mínima mensual fue de 21.75 °C, siendo la temperatura más baja registrada en todo el período de estudio. Esto sugiere que junio de 2022 fue un mes particularmente frío en la región.

Figura 6

Temperatura media mínima mensual (°C) en la provincia del Guayas 2012-2022



Nota. Datos obtenidos de INAMHI (2023).

3.1.2 Relación entre los cambios en la temperatura y las precipitaciones sobre el volumen de producción arrocerá

En la Tabla 2 se muestran los resultados para los cuatro modelos Lineal-Lineal (1), Logarítmico-Lineal (2), Lineal-Logarítmico (3) y Logarítmico-Logarítmico (4). En ese sentido, el modelo que presenta el mejor ajuste global es el modelo (4), dado que el valor del R^2 es 0.12, que es el valor más alto. Entonces analizando este modelo se evidencia que únicamente la variable Logaritmo de Precipitación Máxima presenta significancia estadística, es decir, ante el incremento del 1% en la precipitación máxima produce un cambio en el volumen de producción de arroz de 0.46%. En general, los cuatro modelos de regresión aplicados señalan que la temperatura media máxima y media mínima no afectan el volumen de producción de arroz en la provincia del Guayas.

Tabla 2

Coefficientes estimados de los diferentes modelos de regresión

Variable dependiente:		Volumen de producción de arroz			
Variables independientes	Lin-Lin (1)	Log-Lin (2)	Lin-Log (3)	Log-Log (4)	
Precipitación Máx.	2,51 [6,25]	0,00** [0,00]			
Temperatura Máx.	-8938,17 [6993,19]	-0,23 [0,16]			
Temperatura Min.	8973,3 [7338,96]	0,17 [0,17]			
Log Precipitación Máx.			9515,05* [5698,85]	0,46*** [0,13]	
Log Temperatura Máx.			-160659,45 [184321,65]	-3,51 [4,11]	
Log Temperatura Min.			135942,79 [176579,50]	1,81 [3,94]	
Constante	56961,25 [135526,29]	11,60*** [3,08]	69398,75 [430185,53]	12,68 [9,60]	
Número de observaciones	132	132	132	132	
R ²	0,02	0,07	0,04	0,12	

Nota. Errores estándar en corchetes. Estadísticamente significativo al $p < 0.10$ *, $p < 0.05$ **, $p < 0.01$ ***.

Ahora, tomando en consideración la relación entre los ciclos de producción de arroz y los picos de precipitación y temperatura que se observaron en el análisis gráfico, se deduce que los meses en los que se presentan menores niveles de producción coinciden con las altas temperaturas o abundantes precipitaciones presentadas 3 meses antes a la cosecha de arroz. De esta manera la Tabla 3 muestra los resultados de las cuatro regresiones con las variables rezagadas 3 meses, dando a relucir que el modelo Logarítmico-Logarítmico sigue siendo el de mejor ajuste (R^2 de 0.39). Además se encontró que la precipitación no es la única variable que incide en la producción de arroz, sino también la temperatura media máxima siendo significativas al 99%, por consiguiente, ante el incremento del 1% en el nivel de precipitación y temperatura máxima se espera una disminución en el volumen de producción arrocería de

0.37% y 21.73% respectivamente, dejando todo lo demás constante. Caso contrario ocurre con la temperatura mínima cuyo comportamiento no sigue un patrón definido en todos los años, por tanto, su relación con la producción arroceras es nula, en otras palabras no es significativo estadísticamente.

Tabla 3

Coefficientes estimados de los diferentes modelos de regresión. Variables rezagadas t-3

Variable dependiente:		Volumen de producción de arroz		
VARIABLES	Lin-Lin (5)	Log-Lin (6)	Lin-Log (7)	Log-Log (8)
Precipitación Máx.	-6.256** [2,689]	-0,000329*** [0,00]		
Temperatura Máx.	-15127,3*** [2787,0]	-0,772*** [0,138]		
Temperatura Min.	-1143,7 [3255,7]	0,0256 [0,138]		
Log Precipitación Máx.			-6184.3* [3231.3]	-0,37*** [0,107]
Log Temperatura Máx.			-435833*** [79456.9]	-21,73*** [3,472]
Log Temperatura Min.			-57860.0 [78991.6]	2,152 [3,318]
Constante	464630,7*** [66794,9]	29,95*** [2,558]	1938728,27*** [226979.9]	76,58*** [8,114]
Número de observaciones	129	129	129	129
R ²	0,356	0,380	0,354	0,393

Nota. Errores estándar en corchetes. Estadísticamente significativo al $p < 0.10$ *, $p < 0.05$ **, $p < 0.01$ ***.

En la Tabla 4 se presenta el análisis de multicolinealidad, mostrando que existe una correlación moderada en todos los casos, ya que el valor de inflación de la varianza (VIF) está entre 1 y 5, por tanto, no fue necesario excluir a ninguna variable, ya que no están generando problemas severos de multicolinealidad.

Tabla 4

Análisis de Multicolinealidad. Factor de inflación de la varianza (VIF)

Variable	No rezagadas		Rezagadas	
	Lin-Lin / Log-Lin	Lin-Log / Log-Log	Lin-Lin / Log-Lin	Lin-Log / Log-Log
Precipitación máxima mensual	2,12	2,21	2,11	2,21
Temperatura media máxima mensual	2,02	2,12	2,01	2,11
Temperatura media mínima mensual	1,08	1,12	1,07	1,12
VIF media	1,74	1,82	1,73	1,81

Nota. No correlación VIF=1, correlación moderada $1 < VIF < 5$, correlación severa $VIF > 5$.

La Tabla 5 muestra el análisis de heterocedasticidad en cada uno de los modelos, indicando que en el caso de la regresión con variables no rezagadas no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, puesto que el estadístico chi-cuadrado es no significativo. En cuanto a las regresiones con variables rezagadas de los modelos log-lin y log-log, la hipótesis nula tampoco se rechaza. En conclusión, únicamente los modelos lin-lin y lin-log no tienen varianza constante, por tanto se les aplicó una corrección por Mínimos Cuadrados Ponderados.

Tabla 5

Análisis de Heterocedasticidad. Test Breusch-Pagan

Modelos	No rezagadas		Rezagadas	
	Estadístico χ^2	p-valor	Estadístico χ^2	p-valor
Lin-Lin	0,26	0,6130	41,89	0,0000
Log-Lin	0,34	0,5595	1,47	0,2255
Lin-Log	1,85	0,1742	45,55	0,0000
Log-Log	0,02	0,8905	2,00	0,1576

Nota. Ho: Homocedasticidad, Ha: Heterocedasticidad.

Como prueba final, se realizó en la Tabla 6 un análisis de error de especificación, resultado que para las regresiones con variables no rezagadas el modelo Lin-Lin es la fórmula

funcional correcta dado que estadístico F de Ramsey no es significativo estadísticamente. En las regresiones con variables rezagas por su parte en el modelo Lin-Log tampoco se rechazó la hipótesis nula de forma funcional correcta, por tanto sería el modelo preferido.

Tabla 6

Análisis de error de especificación. Test RESET de Ramsey

Modelos	No rezagadas		Rezagadas	
	Estadístico F	p-valor	Estadístico F	p-valor
Lin-Lin	1,25	0,2939	2,47	0,0654
Log-Lin	4,79	0,0034	4,77	0,0035
Lin-Log	3,29	0,0297	1,92	0,1306
Log-Log	5,17	0,0021	4,33	0,0061

Nota. Ho: forma funcional correcta, Ha: forma funcional incorrecta.

3.2 Discusión de resultados

En este apartado se presenta la discusión a los resultados previamente descritos en relación a los objetivos planteados por este estudio.

En línea con el Primer Objetivo de “Analizar la evolución histórica de los cambios en la temperatura, en las precipitaciones, y en el volumen de producción arroceras durante el periodo 2012-2022 en la provincia del Guayas”, los resultados revelan que la producción de arroz presenta un patrón de comportamiento estacional a lo largo de la década de estudio, con picos en los meses de mayo y octubre. Esta situación arroceras, concuerda con lo que señala la Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador (CORPCOM), es decir con el hecho de que la siembra de arroz en la provincia de Guayas se realiza principalmente en 2 ciclos, siendo abril y mayo los meses de mayor producción (46%), seguido de octubre y noviembre con una producción del 32% (Lema, 2010).

Por otra parte, se evidenció valles en el volumen de producción de arroz, de manera significativa en el mes de marzo. Esta disminución en la producción de arroz puede explicarse por los patrones estacionales identificados de las variables climáticas: precipitación máxima mensual y temperatura media máxima mensual. La temperatura media mínima mensual no

es considerada debido a que, a pesar que denotar ciclos repetitivos, los valores mínimos de esta variable atmosférica varían entre años.

Hechas las consideraciones anteriores, en los meses de diciembre de cada año, se observó valores extremos tanto en la precipitación máxima como en la temperatura media máxima, lo que trae consigo un aumento en la humedad y la precipitación. En este sentido, el análisis mensual de estas variables permite inferir que los altos niveles de precipitación y temperatura (en diciembre) provocan una disminución en el volumen de producción de arroz tres meses después (en marzo). Estos hallazgos se apoyan en la investigación de González et al., (2020), quienes indican que los cambios en los patrones de precipitación distorsionan la cantidad de agua disponible para el suelo, lo que pueden alterar significativamente las fechas de floración; y en la investigación del CSIC (2023) quien señala que las altas temperaturas acortan el periodo de crecimiento, disminuyen la fotosíntesis e incrementan la respiración de las plantas.

Además a nivel anual, en este estudio se encontró menores niveles de producción de arroz en la provincia del Guayas en el año 2019, misma que coincide con el decrecimiento de la producción de arroz a escala mundial de 494,3 millones de toneladas con respecto al año 2018 (Sanchez et al., 2020). Una de las probables causas según el Banco Central del Ecuador (2019) responde a la pérdida de sembríos ante las inclemencias climáticas, como las inundaciones registradas especialmente en la región Costa. En caso similar, pero en la costa Colombia, Fischer (2021) concluye que el anegamiento tiene repercusiones negativas en los cultivos, pues reduce drásticamente la calidad de los suelos. En ese estudio se pudo apreciar estos hechos, dado que 2019 fue uno de los años en los que se registró las mayores temperaturas máximas en la provincia del Guayas, de aproximadamente 28°C, y de manera simultánea acontecieron los mayores niveles de precipitación.

Por su parte, con respecto al segundo objetivo, de todo el conjunto de regresiones de MCO realizadas para “estimar la relación entre los cambios en la temperatura y las precipitaciones sobre el volumen de producción arroceras para el periodo 2012-2022 en la provincia del Guayas”, se elige como el mejor modelo para describir esta relación aquel que

considera rezagos de 3 periodos y cuya forma funcional es logarítmica-logarítmica. La elección de este modelo se hace tomando en cuenta la significancia estadística de la mayoría de sus coeficientes y el buen ajuste global presentado por su coeficiente de determinación R^2 , aunque si se toma en cuenta el análisis de error de especificación el mejor modelo es el logarítmico-lineal.

Con base en el modelo seleccionado, los resultados cumplen en parte con la primera hipótesis, puesto que no solo se esperaba que el aumento de la temperatura extrema máxima redujera el volumen de producción arrocerá en la provincia, si no también que se deba a la disminución de la temperatura extrema mínima, hecho que no se cumplió, al resultar una variable no significativa estadísticamente. Mientras tanto, la segunda hipótesis si se cumple, debido a que el aumento de la precipitación máxima medida en mm efectivamente afectó el volumen de producción arrocerá.

En relación a las precipitaciones, la evidencia empírica de este estudio revela que el volumen de producción de arroz en la provincia de Guayas disminuye en 0.73% por cada variación del 1% en la precipitación máxima; hallazgo que difiere con lo estimado por Villegas et al. (2021), al mencionar que el incremento de la precipitación en 1 mm aumenta la producción de arroz en 0.0428 toneladas. En tanto que, López (2019) no encuentra influencia alguna del exceso de las precipitaciones sobre el rendimiento del arroz en Perú. Por lo contrario, este resultado concuerda con varias investigaciones realizadas en Latinoamérica, tal es el caso de Pardo et al. (2020) en Colombia quienes encuentran que los rendimientos de arroz se ven afectados negativamente ante el exceso de las precipitaciones.

En cuanto a la temperatura, los resultados concuerdan con lo estipulado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2023) que menciona que por cada grado centígrado de incremento de la temperatura media global, la producción de arroz decrecería en un 10%, aunque en este estudio disminuye en un 77%. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre en la provincia ecuatoriana, la producción arrocerá colombiana (Pardo et al., 2020) y peruana (López, 2019) se beneficia ante un aumento en la temperatura máxima. Finalmente,

al igual que en el estudio de Villegas et al. (2021), los resultados indican que la temperatura mínima no tiene un impacto estadísticamente significativo.

En definitiva, esta investigación demuestra que el aumento de la temperatura extrema máxima y la disminución de la temperatura extrema mínima redujeron el volumen de producción arroceras en la provincia del Guayas entre los años 2012-2022. Lo propio encontraron Vásquez y Bravo (2023) en Loja, es decir efectos negativos en la producción agrícola, pero luego de superado el umbral óptimo de resistencia. En otras partes del mundo, Akter (2019) en Bangladesh y Bhardwaj et al. (2022) en India, también concluyen que las temperaturas extremas y el exceso de lluvias son perjudiciales para la producción de arroz. Esto lo demostraron mediante la aplicación de diversos modelos econométricos basados en el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Conclusiones

El estudio investiga el impacto del cambio climático sobre la producción de arroz en la provincia de Guayas, Ecuador, utilizando series de tiempo mensuales de las variables: volumen de producción de arroz, temperatura y precipitación, para el periodo 2012 – 2022. La relación entre las variables se calcula mediante la estimación por MCO de diferentes regresiones de tipo lineal, logarítmico y semilogarítmico. Previamente se examina la estacionariedad de las variables con las pruebas de raíz unitaria, ADF y Phillips Perron. Además, se realizan pruebas de multicolinealidad, heterocedasticidad y error de especificación.

Los hallazgos muestran que el volumen de producción del arroz en la provincia de Guayas tiene un comportamiento estacional, al igual que la evolución de la temperatura máxima y el nivel de precipitación entre 2012-2022. Además, se demuestra que el volumen de producción de arroz disminuye un trimestre después, es decir durante la cosecha, a causa de mayores precipitaciones, pero principalmente ante la presencia de altas temperaturas. Esto se debe a que la temperatura y la precipitación son factores climáticos esenciales para la producción eficaz y eficiente de arroz.

Esto significa que, ante un enunciado fenómeno del Niño a ocurrir en años posteriores sería un riesgo sembrar arroz, pues el fuerte y alargado invierno afectará de manera negativa al volumen de arroz cosechado, pues, si bien, aunque las precipitaciones son imprescindibles para la germinación de la semilla y florecimiento del grano, el exceso de lluvia jugará un papel adverso durante su ciclo de desarrollo. Pero será mucho más preocupante el incremento de las temperaturas más allá del óptimo requerido, debido a que las altas temperaturas acortan el periodo de crecimiento, disminuyen la fotosíntesis e incrementan la respiración de las plantas.

La variabilidad climática y los eventos extremos esperados, como altas temperaturas y cambios en los patrones de precipitación, tendrán un impacto significativo en la producción

de arroz en la provincia de Guayas, lo que puede afectar la seguridad alimentaria y la economía de las familias dedicadas a la agricultura.

En particular, la disminución en la producción de arroz puede representar un riesgo significativo para la seguridad alimentaria del país, ya que el arroz es un alimento esencial en la dieta de las familias ecuatorianas. La reducción en la producción de arroz puede llevar a un aumento en los precios de los alimentos, lo que puede afectar la capacidad de las familias para acceder a alimentos nutritivos y seguros.

Además, la disminución en la producción de arroz también puede tener un impacto en la economía de las familias dedicadas a la agricultura, ya que la producción de arroz es una fuente importante de ingresos para muchos agricultores. La reducción en la producción de arroz puede llevar a una disminución en los ingresos de los agricultores, lo que puede afectar su capacidad para invertir en sus terrenos y mantener su nivel de vida.

Recomendaciones

El presente estudio permite inferir algunas recomendaciones, empezando por actualizar anualmente el comportamiento de los factores climáticos de especial importancia, como es el nivel de precipitación y la temperatura del ambiente, a nivel cantonal de la región Costa, mediante la articulación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), quienes a su vez se espera que socialicen a los diferentes GADS los resultados de estas investigaciones, ello permitirá responder de mejor manera ante cambios bruscos en los mencionados factores climáticos.

Por otra parte, ante la relación negativa que se evidencia en este estudio entre la producción de arroz y las variables climáticas, temperatura y precipitación, y dado que la actividad arrocerá es una de las principales fuentes de trabajo en las provincias de la región Costa, es imprescindible que los agricultores no solo conozcan el panorama climático adverso, sino que también se capaciten en prácticas de agricultura sostenible a fin de tomar acciones que mitiguen estos daños.

Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda analizar otros factores ambientales, como la radiación solar, la velocidad del viento y la humedad para capturar de manera precisa el impacto del cambio climático en la producción arrocerá.

Referencias

- ACNUR. (2020). El cambio climático es la crisis determinante de nuestro tiempo y afecta especialmente a las personas desplazadas. Obtenido de <https://www.acnur.org/noticias/stories/el-cambio-climatico-es-la-crisis-determinante-de-nuestro-tiempo-y-afecta>
- Agrolatam. (2024). Producción de arroz en Ecuador: desafíos y expectativas para 2024. Obtenido de <https://www.agrolatam.com/nota/produccion-de-arroz-en-ecuador-desafios-y-expectativas-para-2024/>
- Akter, M. (2019). Impacts of climate factors influencing rice production in Bangladesh. DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STATISTICS. Obtenido de <http://archive.saulibrary.edu.bd:8080/xmlui/handle/123456789/3327>
- Anónimo. (20 de Marzo de 2024). Heterocedasticidad en el análisis de series temporales: desentrañando los patrones de volatilidad. Obtenido de Fastercapital.com: <https://fastercapital.com/es/contenido/Heterocedasticidad-en-el-analisis-de-series-temporales--desentranando-los-patrones-de-volatilidad.html>
- Banco Central del Ecuador. (2019). Reporte de coyuntura sector agropecuario. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201804.pdf>
- Bhardwaj, M., Kumar, P., Kumar, S., Dagar, V., & Kumar, A. (2022). A district-level analysis for measuring the effects of climate change on production of agricultural crops, i.e., wheat and paddy: evidence from India. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(21), 31861–31885. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17994-2>
- Cadena, F. M. (2021). Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (*Chenopodium quinua*), en la provincia de Chimborazo . Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/8067>
- Caloca, O., Leriche, C., & Víctor, S. (2021). La teoría de Paul Samuelson.

- CEPAL. (2021). Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Chang, M. Y. (2005). La Economía Ambiental. En G. Foladori, & N. (. Pierri, ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. (págs. 175-188).
- Colander, D., & Landreth, H. (2006). Historia del pensamiento económico. (Cuarta ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2023). Ficha Sectorial Arroz. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>
- CSIC. (2023). Una alta concentración de CO₂ en la atmósfera empobrece las tierras de cultivo de arroz. Obtenido de <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/una-alta-concentracion-de-co2-en-la-atmosfera-empobrece-las-tierras-de-cultivo>
- De Los Santos, M., & Cosco, B. (2022). Factores que afectan a la producción agrícola.
- Díaz, S., & Morejón, R. (2018). Impact of Good Agricultural Practices in the farm development in Los Palacios.
- Dimitrakis, A. S., & De la Ese, V. (2022). ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SECTOR ARROCERO DEL CANTÓN DAULE. Cuadernos de Economía y Administración, 9(1), 61-67. Obtenido de <https://doi.org/10.46677/compendium.v9i1.1006>
- Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., & Sunkel, O. (2022). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad.
- Donoso, G., Paredes, M., Becerra, V., Carraelas, G., & Marchesi, C. (2020). En un contexto internacional 1920 - 2020.
- Enders, W. (2004). Applied econometric times series (Segunda ed.). John Wiley & Sons.
- Europea, C. (2016). Organización Comun del Mercado del arroz.
- European Geosciences Union. (2018). The role of droplet sedimentation in the evolution of low-level clouds over southern West Africa. European Geosciences Union, 18(19). Obtenido de <https://acp.copernicus.org/articles/18/14253/2018/>

- FAO. (2004). Hacia el logro de los compromisos de la Cumbre: El arroz y la seguridad alimentaria. En FAO, El Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (SOFI) (págs. 30-31).
- FAO. (2023). Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Obtenido de <https://www.fao.org/3/Y2778S/y2778s04.htm>
- FAO. (2024). Buenas Prácticas Agrícolas.
- FAO. (2024). Mecanización Agrícola Sostenible.
- Fischer, G. (2021). El aumento de las inundaciones generado por el cambio climático afectará nuestros cultivos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 74(3). doi:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472021000309619
- Fries, A. (2019). Crear un mapa de isotermas considerando el gradiente altitudinal. ArcGIS Blog.
- Gambarini, A. (8 de Noviembre de 2023). El impacto del cambio climático en Latinoamérica . WWF. Obtenido de https://www.wwfca.org/nuestrotrabajo/clima_energia/impacto_cambio_climatico_latinoamerica/
- González, I., Rodríguez, A., & Isnardi, J. (2020). La Incidencia de la Precipitación y el Área Sembrada Frente a la Producción de Arroz en el Departamento del Meta. El Conuco. Obtenido de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/conuco/article/view/532/482>
- Goya, H. (2021). INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN LA ZONA COSTERA DEL ECUADOR PERIODO 2009 - 2019. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16618/1/T-UCSG-POS-MFEE-243.pdf>
- Guillén, C. (2016). Análisis histórico del fenómeno del Niño en el Ecuador y su comparación con el evento 2015-2016. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/15905>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). Econometría (Quinta ed.). Mc Graw Hill.

- Hidalgo, R. (2021). Impacto del cambio climático sobre la producción y rendimiento del arroz: un análisis de panel balanceado periodo 1996-2018. Universidad Nacional de Frontera-Sullana. Obtenido de <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/60>
- IICA. (2021). El camino hacia prácticas agrícolas sostenibles en América Latina y El Caribe .
- IICA. (2023). E cultivo del arroz en República Dominicana. Obtenido de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-del-arroz-en-republica-dominicana>
- INAMHI. (2023). Climate trends. Recuperado el 21 de Diciembre de 2023, de <https://inamhi.geogloss.org/apps/hydro-var-monitor/>
- INEC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf
- INEC. (2023). Información de años anteriores – ESPAC. Recuperado el 21 de Diciembre de 2023, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-de-anos-anteriores-espac/>
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
- Jalil, A., & Rao, N. H. (2019). Time series analysis (stationarity, cointegration, and causality). En Environmental Kuznets Curve (EKC) (págs. pp. 85–99). Elsevier. doi:10.1016/b978-0-12-816797-7.00008-4
- Judge, G., Griffiths, R., Hill, R., & Lutkepohl, H. (1985). The theory and practice of econometrics. Wiley.
- Khan, S. A. (2019). Effects of climate change on rice production in Bangladesh: A regression analysis. . Climate Change Economics, 10(4), 987-2002.
- Laffont, J. J. (1998). Fondements Economic Publique. París: Economic.
- Lema, R. (2010). Situación arrocera ecuatoriana. Corpcom. Obtenido de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2010/11.pdf>
- Li, J., Zhou, H., & Liu, J. (2019). Climate change and its impact on rice production in South Korea: A time series analysis. . Climate Dynamics, 52(3), 231-332.

- Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. (2008). Estadística aplicada a los negocios y la economía (Decimosexta ed.). México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- López, L. E. (2019). Efecto del cambio climático sobre la producción de arroz en los últimos 20 años en la Provincia Moyobamba región San Martín. Universidad Nacional de San Martín. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/3549>
- Manzo, S. (2022). Francis Bacon y René Descartes acerca del dominio de la naturaleza, la autoconservación y la medicina . *Kriterion* , 63(151).
- Marín, D., Urioste, S., Celi, R., Castro, M., Pérez, P., Aguilar, D., . . . Andrade, R. (2021). Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10568/113781>
- Márquez, C. (29 de Junio de 2023). Fenómeno de El Niño se sentirá con fuerza el último trimestre del año, coinciden expertos. Obtenido de Youtopia: <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/fenomeno-elnino-fuerza-trimestre-ecuador/>
- Márquez, C. (2 de Abril de 2023). Las lluvias en Ecuador son más extremas por el cambio climático. Youtopia. Obtenido de <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/lluvias-ecuador-cambio-climatico/>
- Meadows, D., Meadows, D., Behrens, R., & Randers, A. (1972). Limits to Growth: a Report to the Club of Rome Project's on the Predicament of Mankind. Londres: Earth Island Ltd.
- Medina, R., Sandy, G., Carrilli, M., Fernando, C., & Parismoreno, L. (2023). Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua.
- Mendoza, H., Loor, Á., & Vilema, S. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 324–330. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100324

- Molina, G. (2023). Incidencia del cambio climático en el nivel de producción agrícola de Guatemala, durante el periodo 1990-2019: un enfoque ricardiano. *Revista Académica Eco*(28), 49-87. Obtenido de recursosbiblio.url.edu.gt/CParens/Revista/ECO/Numeros/28/03/03.pdf
- Naciones Unidas. (2010). Aumento de temperaturas por cambio climático afecta producción de arroz: FAO. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2010/08/1197571>
- NASA. (2024). ¿Cómo sabemos que el cambio climático es real? Obtenido de <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/evidencia/>
- Neter, J., Wasserman, W., & Kutner, M. (1990). *Applied Linear Statistical Models*. Irwin .
- Nicholls, C., Altieri, M., Henao, A., Montalba, R., & Talavera, E. (2019). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. Obtenido de <https://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2019/02/Dise%C3%B1o-de-sistemas-agricolas-resilientes-1.pdf>
- Novales, A. (1993). *Econometría*. McGraw Hill .
- Núñez, S. (2020). Tipos de precipitaciones . *Ecología Verde* .
- ONU. (2012). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*.
- Pardo, O. S., Torres, H. F., Torres, G. A., & Trujillo, J. M. (2020). Impactos del cambio climático sobre los rendimientos del arroz (*Oryza sativa* L.) en la Zona Llanos, Colombia. *Aglala*, 11(2), 94–106. Obtenido de <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/1698>
- Pinzón, I., & Ramirez, L. (2019). Influencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro al cambio climático en el cantón Shushufindi .
- Pliego, A. (3 de Noviembre de 2017). ¿Cómo se mide la lluvia? . Obtenido de The Weather Channel.: <https://weather.com/es-ES/espana/tiempo/news/como-se-mide-la-lluvia-14102017>
- Poveda, G., & Andrade, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Obtenido de

- <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html//hdl.handle.net/20.500.11763/cccss1803produccion-arroz-ecuador>
- Prager, S., Rios, A., Schiek, B., Almeida, J., & Gonzalez, C. (2020). Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en el sector agrícola en América Latina y el Caribe.
- Salpúveda, A. (2022). El factor Isoterma 0: Conoce el límite natural entre la lluvia y la nieve. Obtenido de Center for Climate and Resilience Research.
- Sánchez, H., & David, R. (2014). Condiciones que propiciaron la desarticulación de las cooperativas arroceras y sus efectos en la pequeña agricultura campesina en la cuenca baja del río Guayas: Daule y Santa Lucía. Quito : Flacso Ecuador.
- Sánchez, M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). El arroz en Ecuador. Observatorio Económico y Social de Tungurahua. Obtenido de <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Analisis-arroz-Ecuador-1.pdf>
- SGR. (2024). SGR confirma la presencia del Fenómeno del Niño en Ecuador. Obtenido de Noticias Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-confirma-la-presencia-del-fenomeno-del-nino-en-ecuador/>
- StataCorp. (2019). Stata Time-Series Reference Manual: Release 16. Stata Press Publication.
- Tekmeteo. (23 de Abril de 2023). Todo lo que necesitas saber sobre la temperatura atmosférica: definición y medida. Obtenido de <https://tekmeteo.com/que-es-la-temperatura-atmosferica>
- Troncoso, J., & Villalobos, P. (2011). Principios de Administración de Empresas Agrícolas. Academica Espanola.
- Vásquez, S., & Bravo, D. (2023). Impacto del cambio climático en la producción agrícola de la provincia de Loja, periodo 2007-2020 . Revista Económica, 11(1), 93–103. Obtenido de <https://doi.org/10.54753/rve.v11i1.1623>

- Villegas, D., Ascanio, M., & Cobo, M. (2013). Evaluación de la multicolinealidad en modelos de regresión lineal múltiple con presencia de valores atípicos. Obtenido de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/7210/6934
- Villegas, M., Villegas, G., García, L., Timaná, M., Reto, J., & Mogollón, M. (2021). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de 5 cultivos agrícolas, región Piura Perú 1973-2018. Savez Editorial. Obtenido de <https://doi.org/10.53887/se.vi.69>
- Viteri, G., & Zambrano, C. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón. Obtenido de 10.18779/cytuteq.v9i2.21.g11
- Wang, G. (1996). How to handle multicollinearity in regression modelling .
- Wooldrige, J. (2010). Introducción a la econometría: un enfoque moderno. (Cuarta ed.). Cengage learning Editores.
- Youngzine. (2022). Cambio climático afecta cultivos de arroz.
- Zepner, L., Karrasch, P., & Wiemann, F. (2020). ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform.

Apéndice

Apéndice A Sintaxis de Stata utilizada para la estimación del modelo

```

cls
clear all

use "C:\Users\BASE.dta"

*. Definir la serie de tiempo*
*****

gen mensual = tm(2012m1) + _n-1
format mensual %tm
tsset mensual, monthly
set dp comma

*Análisis de estacionariedad*
*****

dfuller vparrozcascara
pperron vparrozcascara

dfuller pmm
pperron pmm

dfuller tmax
pperron tmax

dfuller tmin
pperron tmin

*Generamos logaritmos*
*****

gen lvparrozcascara = log(vparrozcascara)
gen lpmm =log(pmm)
gen ltmax = log(tmax)
gen ltmin = log(tmin)

dfuller lvparrozcascara
pperron lvparrozcascara

dfuller lpmm
pperron lpmm

dfuller ltmax
pperron ltmax

dfuller ltmin
pperron ltmin

```

Modelos

*Lin Lin *****

```
reg vparrozcascara pmm tmax tmin
estimates store linlin
```

```
vif
estat hettest
estat ovtest
```

*Log Lin *****

```
reg lvparrozcascara pmm tmax tmin
estimates store loglin
```

```
vif
estat hettest
estat ovtest
```

*Lin Log *****

```
reg vparrozcascara lpmm ltmax ltmin
estimates store linlog
```

```
vif
estat hettest
estat ovtest
```

*Log Log *****

```
reg lvparrozcascara lpmm ltmax ltmin
estimates store loglog
```

```
vif
estat hettest
estat ovtest
```

*Tabla comparativa

```
esttab linlin loglin linlog loglog , se brackets b(2) stats(N r2) star ( * 0.1 ** 0.05 *** 0.01)
```

*Modelos con I.3 ---- Seleccionamos estas regresiones

*Lin Lin *****

```
reg vparrozcascara I3.pmm I3.tmax I3.tmin
```

```
estat ovtest
vif
```

* corrección

```

stat hettest l3.pmm l3.tmax l3.tmin, mtest
predict double errores, resid //0. predecir los errores
generate double errores_2 = errores^2 //1. estimar errores^2
generate lne = log(errores_2) // 2. Linealizar y obtener el ln de los errores^2
regress lne l3.pmm l3.tmax l3.tmin // 3. Corriendo la regresión auxiliar:
* ln sigma al cuadrado = a gama 1 + gama 2 por x2
predict double lvaru // 4. predecir los logaritmos de los errores al cuadrado para
obtener ln sigma al cuadrado estimado
generate varu = exp(lvaru) // 5. Recuperar el sigma al cuadrado estimado con el
antilogaritmo

regress vparrozcascara l3.pmm l3.tmax l3.tmin [aweight=1/varu]

estat ovtest
estimates store linlin3

```

```
*Log Lin *****
```

```

reg lparrozcascara l3.pmm l3.tmax l3.tmin
estimates store loglin3

estat ovtest
estat hettest
vif

```

```
*Lin Log *****
```

```

reg vparrozcascara l3.lpmm l3.ltmax l3.ltmin
* corrección
estat hettest l3.lpmm l3.ltmax l3.ltmin, mtest
predict double errores_, resid //0. predecir los errores
generate double errores_2_ = errores_^2 //1. estimar errores^2
generate lne_ = log(errores_2_) // 2. Linealizar y obtener el ln de los errores^2
regress lne_ l3.lpmm l3.ltmax l3.ltmin // 3. Corriendo la regresión auxiliar:
* ln sigma al cuadrado = a gama 1 + gama 2 por x2
predict double lvaru_ // 4. predecir los logaritmos de los errores al cuadrado para obtener ln
sigma al cuadrado estimado
generate varu_ = exp(lvaru_) // 5. Recuperar el sigma al cuadrado estimado con el
antilogaritmo

```

```

regress vparrozcascara l3.lpmm l3.ltmax l3.ltmin [aweight=1/varu_]
estimates store linlog3

```

```

estat ovtest
estat hettest
vif

```

```
*Log Log *****
```

```

reg lparrozcascara l3.lpmm l3.ltmax l3.ltmin
estimates store loglog3

estat ovtest

```

*Tabla comparativa

esttab linlin3 loglin3 linlog3 loglog3 , se brackets stats(N r2) star (* 0.1 ** 0.05 *** 0.01)