

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ECONOMISTA

Volatilidad climática como determinante de la
producción de mango de Piura, periodo 2000-2020

Autor (a):

Bach. Walter Javier Arámbulo Zapata

Bach. Gladys María Brocos Izquierdo

Asesor (a):

Mg. Freddy Carrasco Choque

Registro: IT-EPIE-002-2023

SULLANA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Pues dependo de Dios todo poderoso, el creador del cielo y de la tierra, a quien le estoy agradecida por darme la oportunidad de lograr un paso a la vez. A la dicha de tener un padre como Esteban, quien me enseñó que la honra viene de la siembra; y a una madre como Edith, humilde de corazón, pero toda una guerrera, sobre todo al principal motivo de mi vida, mi hijo Stephano, quien me enseñó a ser constante, a ser determinante, a levantarme después de desfallecer; gracias a mis hermanos, especialmente a Su. Por último, gracias a seres de luz como Julio Melgar, Dante Gebel, Daniel Habiff y Yokoy Kenyi, ¡muchas gracias!

Este trabajo está dedicado a mi familia por ser el motor más importante, pero, sobre todo por ser el sostén de cada uno de los pasos que he dado; en ese sentido, mi gratitud infinita para con mis padres, José y Praxides, por el esfuerzo y sacrificio realizado; un agradecimiento especial a cada uno de mis hermanos, Magali, Digna, Omar, Julissa, Deimer, Edith, Yesenia, Maximiliano y Noemí, por ver en mi titulación el sueño realizado de más de uno de nosotros. Han sido el motivo para no rendirme en el camino y fuente de inspiración para afrontar con valentía cada reto superado. Son mis superhéroes favoritos. Agradezco infinitamente a la familia Brocos Izquierdo, a mis amigos y segunda familia Indira, Gladys y Fabian; asimismo, a mi primo Juan y a toda su familia, quienes han sido fundamentales para el logro de este objetivo. Finalmente, toda la honra para el padre celestial por la familia que tengo, y por todas las personas de luz que ha colocado en mi camino ¡Muchas gracias!

Agradecimiento

Agradecidos por todo el apoyo recibido por parte de todos los integrantes de la Universidad Nacional de Frontera. Especial reconocimiento al Mg. Freddy Carrasco Choque, asesor que ha intervenido en todo el proceso formativo, dentro y fuera de las aulas, le mostramos sincero compromiso de llegar a realizar mayores investigaciones en favor de la casa de estudios y de todos los estudiantes y egresados que apuestan por la formación académica profesional. Así también, agradecemos al personal administrativo, Srta. Mariela Murguía; Sra. Patricia Arellano; Sra. Irene Vásquez, por ser un apoyo en los momentos más difíciles de nuestro trayecto universitario.

Visto bueno del asesor del trabajo de investigación

El que suscribe **Freddy Carrasco Choque**, docente adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Económica de la UNF de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales con Grado Académico de Magister con D.N.I N°.78040626 con conocimiento del Reglamento para el Otorgamiento del Grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la UNF se compromete y deja constancia por la presente que se ha asesorado a los egresados Sr (a). Gladys María Brocos Izquierdo y al Sr. Walter Javier Arambulo Zapata de la Escuela Profesional de Ingeniería Económica en el Informe titulado: **Volatilidad climática como determinante de la producción de mango de Piura, Periodo 2000-2020** por lo que otorga el visto bueno para que la investigación sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen para su posterior sustentación.

Sullana, 12 de marzo del 2022.



Mg. Freddy Choque Carrasco
Asesor docente

Jurado evaluador



Mg. Darwin Siancas Escobar
Presidente de Jurado Evaluador



Mg. Juan Carlos Carnero Malca
Secretario de Jurado Evaluador



Mg. Freddy Carrasco Choque
Vocal de Jurado Evaluador



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

ANEXO 3-K

Acta de Evaluación de Sustentación del Informe de Tesis

Siendo las 09:00 horas del día jueves 15 del mes de diciembre del año 2022, se reunieron en el aula / ambiente / sala virtual: de la Universidad Nacional de Frontera, los miembros del Jurado de Tesis para evaluar el Informe de Tesis, denominado: "VOLATILIDAD CLIMÁTICA COMO DETERMINANTE DE LA PRODUCCIÓN DE MANGO DE PIURA PERIODO 2000-2020".

Siendo sustentado en sesión pública por el(los) autor(es): Bach. Gladys María Brocos Izquierdo y Walter Javier Arambulo Zapata, como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Economista.

Terminada la sustentación, se procedió a la defensa del Informe de Tesis, etapa en que los miembros del Jurado de Tesis formularon sus inquietudes y preguntas de manera individual, las que fueron respondidas por el(los) sustentante(s).

Seguidamente, el jurado solicitó el retiro de todos los asistentes y del (los) sustentante(s) de la sala virtual o física según sea el caso; el Jurado de Tesis determinó la calificación concedida a la sustentación del Informe de Tesis para la Obtención de Título Profesional, en términos de:

(X) Aprobado (a) con el calificativo de 18 dieciocho (nota en letra y número), Levantándose la sesión a las 10:03 am horas del mismo día. Se concluye el acto de sustentación, suscribiendo el acta.

Presidente

Mg. Marcos Timana Alvarez

Secretario

Mg. Segundo Juan Carlos Carnero Malca

Vocal

Mg. Freddy Carrasco

No.	DESCRIPCIÓN	RECOMENDAR	
		SI	NO
1.	Recomendar para presentar en eventos.		
2.	Recomendar para publicación.	X	
3.	Recomendar para patente		
4.	Recomendar para Meritorio		
5.	Recomendar para Laureado		

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Visto bueno del asesor del trabajo de investigación	iv
Jurado evaluador	v
Resumen.....	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Enunciado del problema.....	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problema específico	7
1.3. Antecedentes	7
1.3.1. Antecedentes internacionales.....	7
1.3.2. Antecedentes nacionales	9
1.4. Marco Teórico.....	11
1.4.1. Modelo Ricardiano	11
1.5. Marco conceptual	15
1.6. Justificación.....	17
1.7. Objetivos	18
1.7.1. Objetivo general.....	18
1.7.2. Objetivos específicos	18
1.8. Hipótesis.....	18
1.8.1. Hipótesis general.....	18

1.8.2.	Hipótesis específicas.....	19
II.	MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1.	Métodos de investigación.....	20
2.2.	Descripción detallada de los métodos por objetivo.....	20
2.2.1.	Descripción detallada del método del objetivo específico 1.....	20
2.2.2.	Descripción detallada del método del objetivo específico 2.....	21
III.	RESULTADOS.....	24
3.1.	Resultados del primer objetivo específico	24
3.2.	Resultados del segundo objetivo específico.....	27
IV.	DISCUSIÓN	37
V.	CONCLUSIONES.....	39
VI.	RECOMENDACIONES.....	41
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de las variables de estudio	13
Tabla 2 Ficha técnica del mango	16
Tabla 3 Resultados de la prueba de quiebres estructurales de Bai-Perrón (1998).....	28
Tabla 4 Resultados de las pruebas de raíz unitaria	28
Tabla 5 Prueba de cointegración de F límites.....	29
Tabla 6 Relaciones de corto plazo entre las variables climáticas y la producción de mango.	30
Tabla 7 Relaciones de corto plazo entre las variables de control y la producción de mango.	31
Tabla 8 Adaptación al cambio climático de la producción de mango en el corto plazo	33
Tabla 9 Resultados de largo plazo	34
Tabla 10 Correlograma de los residuos	35
Tabla 11 Prueba de heterocedasticidad.....	36

Índice de figuras

Figura 1 Evolución de la producción nacional y regional de mango periodo 2000-2020.....	3
Figura 2 Evolución de la producción de mango de Piura	24
Figura 3 Evolución de la temperatura máxima de Piura	25
Figura 4 Evolución de la temperatura mínima de Piura.....	26
Figura 5 Evolución de las precipitaciones en Piura	27
Figura 6 Histograma de los residuos	36

Resumen

El mango es uno de los principales cultivos de producción y exportación de Perú representando gran dinamismo económico desde hace más de tres décadas dentro del sector agricultura, incrementando la producción con valor agregado. Piura ocupa el primer lugar como productor nacional de este fruto con una participación promedio de 81.3 por ciento. La presente investigación tuvo como objetivo, analizar la volatilidad climática como determinante de la producción de mango de Piura, periodo 2000-2020. Para lograrlo, se empleó el Modelo Autorregresivo con Rezagos Distribuidos y Corrección del Error. Los datos estadísticos fueron adquiridos de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Sistema Regional para la Toma de Decisiones e Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. Los resultados muestran que, en el largo plazo la temperatura máxima no incide significativamente en la producción de mango en la región; sin embargo, un aumento de la temperatura mínima muy por encima de su valor crítico mínimo reduce la producción de mango en 0,22%; mientras que, si las precipitaciones pluviales se encuentran muy por debajo de su valor crítico máximo, la producción se verá mermada en 0,53%, puesto que pone en riesgo la disponibilidad de agua para los cultivos. En el corto plazo, guarda una relación directa con la producción del periodo anterior, dos y tres periodos antes de la cosecha de 0,78%, 0,38% y 0,08%, respectivamente. Además, los efectos dinámicos de la temperatura máxima, mínima y nivel de precipitaciones dependen de los requerimientos del cultivo en cada una de sus etapas.

Palabras claves: producción, mango, temperatura, precipitación

Abstract

Mango is one of the main production and export crops in Peru, representing great economic dynamism for more than three decades within the agricultural sector, increasing production with added value. Piura ranks first as a national producer of this fruit with an average share of 81.3 percent. The objective of this research was to analyze climatic volatility as a determinant of mango production in Piura, period 2000-2020. To achieve this, the Autoregressive Model with Distributed Lags and Error Correction was used. The statistical data was acquired from the National Meteorology and Hydrology Service of Peru, the Regional System for Decision Making and the National Institute of Statistics and Informatics. The results show that, in the long term, the maximum temperature does not significantly affect mango production in the region; however, an increase in the minimum temperature well above its minimum critical value reduces mango production by 0.22%; while, if the rainfall is well below its maximum critical value, production will be reduced by 0.53%, since it puts the availability of water for crops at risk. In the short term, it is directly related to the production of the previous period, two and three periods before the harvest of 0.78%, 0.38% and 0.08%, respectively. In addition, the dynamic effects of the maximum, minimum temperature and level of rainfall depend on the requirements of the crop in each of its stages.

Keywords: production, mango, temperature, precipitation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) señala que entre las principales frutas con mayor producción y comercio a nivel global destaca el mango con más de 160 variedades cultivadas en más de 90 países donde presentan características similares para la siembra y cultivo en zonas de temperaturas altas, tipo de suelo y drenaje bien estructurado de los cuales son tres variedades las más comercializadas (keit “rojo”, kent, “verde” y tommy atkins “amarillo”) debido a sus bondades nutricionales, minerales, aroma y sabor son valorados por los consumidores finales a nivel mundial; el consumo per cápita por habitante al año es de 5.5 kilogramos.

La producción mundial de mango promedia en 47 millones de toneladas, los mayores volúmenes se concentran en el continente asiático, donde India ocupa el primer lugar en el ranking con 18,8 millones de toneladas; seguido de China y Tailandia con cifras muy por debajo de India, registrando 4,6 y 3.4 millones de toneladas; en el cuarto lugar se ubica México con 2,2 millones; Brasil con 1,4 millones; Perú y Ecuador con cifras menores al millón de toneladas. Los principales exportadores mundiales según cifras señalan a México concentrando el 23% de participación; así también Brasil, Tailandia, Perú y la India exportan volúmenes en promedio a las 227 mil toneladas de este fruto (Manrique, 2020).

El sector agrícola registra gran dinamismo debido a la promoción de inversión privada y formalización laboral con la creación del Régimen de Promoción Agraria (Ley 27360) garantizando las bases de la agricultura actual del país (Sociedad de Comercio Exterior del Perú [COMEX], 2020). Desde la vigencia de este régimen, cambios en las políticas de flexibilización, apoyo de la inversión pública a través de proyectos de irrigación y apertura comercial con la firma de diversos tratados de libre comercio como beneficio de arancel cero, marcan un incremento sustancial en los valores de mango exportado, tal es el caso del acuerdo comercial con Australia, mercado al cual desde el año 2020 realiza envíos de mango congelado por un valor de US\$ 606 575 y 339 TM de Ancash, Lambayeque y Lima cubriendo la demanda a ese mercado de destino promedio (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales [CIES], 2021)

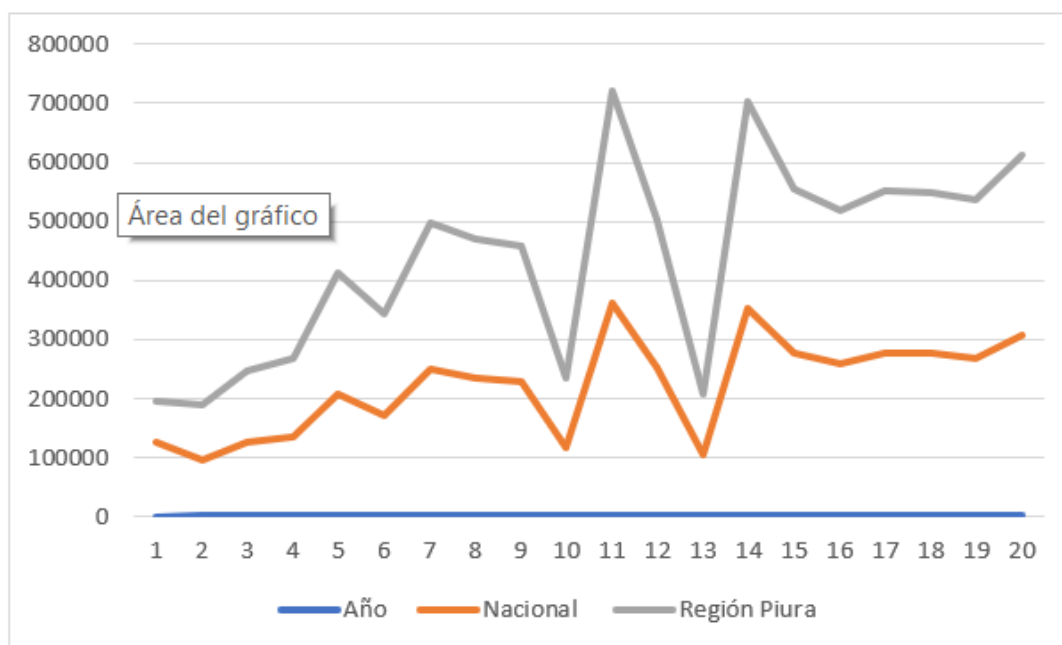
Según el Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones (SIRTOD, 2020) señala que la producción nacional de mango para el año 2000 registra un promedio de 125 mil toneladas, las cifras en los años posteriores han ido en incremento superando las 400 mil toneladas en promedio; sin embargo, presenta caídas en los años 2009 y 2012 donde registra 167 y 185 mil toneladas respectivamente, debido a acontecimientos presentados por el Fenómeno El Niño y la producción fue menor que las superficie cosechada. A través del informe técnico de producción nacional del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020) refiere que el mango registra para el año 2020, 495 mil toneladas, esto debido a condiciones apropiadas del clima como nivel de temperatura la misma que favorece al rejuvenecimiento de las plantas y fertilización de los cultivos.

La región Costa debido a sus condiciones de suelo y clima es la que consolida el mayor volumen y área de terreno cultivada, siendo el departamento de Piura el que concentra el 81.3% del total de producción nacional, incrementando en 14,7% con respecto al año anterior, con 356 mil toneladas, más de 20 mil ha de cosechadas en esta región; otro de los departamentos de la Costa con menor pero significativa participación es el departamento de Lambayeque cuya producción es de 76 mil toneladas y 4 mil ha, cuyos mayores volúmenes son para atender la demanda internacional; le sigue Ancash con 9 mil toneladas, Lima e Ica con 7 875 y 7 496 toneladas respectivamente (Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias [SIEA], 2021)

El departamento de Piura es el primer productor nacional de mango, esto debido a las ventajas como tierras fértiles adecuadas para la siembra de diversos productos agrícolas sobre todo para el cultivo y el procesamiento de mango. Así también, refiere que la región Piura posee un tipo de clima denominado trópico seco, resultado de ello, un fruto con sabor y características diferenciadoras; son tres las principales variedades: kent, haden, tommy atkins. Como se muestra en la figura 1, la producción en esta región en el periodo 2000-2020 ha ido incrementándose favorablemente; al 2000, las cifras registran 69 656 TM, años posteriores sus volúmenes van en aumento.

Figura 1

Evolución de la producción nacional y regional de mango periodo 2000-2020



Nota. Elaborado en base a información proporcionada por SIRTOD

En los años 2006 registra 248 mil TM, esto debido al apoyo y financiamiento recibido por el Banco Interamericano de Desarrollo; al año 2010, 2013 y 2019 registra 359 mil, 356 mil TM y 304 mil TM respectivamente. Para el año 2020, registra una producción de 356 mil TM cifra mayor a la anterior a pesar de que este sector fue perjudicado por la pandemia de la crisis de la Covid 19. Sin embargo, en el periodo de análisis, también presentan caídas en los volúmenes de producción registrados en los años 2009, con 116 mil TM debido a las consecuencias generadas por el Fenómeno El Niño ocurrido el año anterior, el cual ocasiona estragos en los suelos y el proceso de cultivo de mango, así también para el año 2012 con 103 mil TM donde el área de superficie cosechada es mucho mayor que la producción (Aldana et al., 2020)

Entre las principales variedades y zonas de cultivo que produce el departamento de Piura y son demandados por mercados internacionales como Canadá, Estados Unidos y Europa se tiene al mango Kent (58%) cuya máxima producción se desarrolla el Valle de San Lorenzo, Sullana (en la ribera del río Chira) y Malingas; Haden (8%) y Tommy Atkins (6%) en el

Alto Piura; Ataulfo (10%) en Tambogrande; y la variedad Edward y criollo (18%) destinados al consumo del mercado nacional y son cultivados en Chulucanas cuyas características particulares que no cumplen con los estándares, especificaciones y demanda del comercio internacional (Farías, 2018).

La estacionalidad del mango piurano muestra que este se desarrolla en menores volúmenes entre el octavo y décimo mes del año, es decir, que en el segundo y tercer trimestre la producción regional cae; mientras que la mayor producción se desarrolla en el cuarto y primer trimestre, en los meses de noviembre a febrero, resaltando que en el mes de enero se obtienen los máximos volúmenes producidos y por tanto se determina la producción nacional y los volúmenes exportados a distintos mercados demandantes. La variedad Edward se produce en los meses de octubre a diciembre; la variedad Haden y Tommy Atkins se producen en los meses de noviembre a enero; y la variedad Kent es la que se produce en los meses de noviembre a marzo (Chávez, 2021)

La planta mangífera L. requiere de profundidad en el nivel de tierras, sistema de drenaje, además de clima acorde en todas las etapas de su desarrollo y cultivo teniendo como valores críticos, en el primer trimestre, es decir, en verano la temperatura mínima es de 20 °C y máxima de 35°C, para la fase de maduración del fruto; en el segundo trimestre o invierno la temperatura mínima es de 18 °C y máxima de 35°C para el crecimiento vegetativo, en tanto, para la inducción de la floración, es decir, invierno, la temperatura mínima es de 12 °C y máxima de 35°C y para el cuarto trimestre la temperatura mínima es de 20 °C y máxima de 35°C En cuanto a las precipitaciones, estas se presentan de 300mm en el primer y segundo trimestre, y 15mm en el tercer y cuarto trimestre (Mora et al., 2020).

Como se viene señalando para el proceso fenológico reproductivo del mango en sus distintas etapas las cuales se componen de brotamiento, floración, cuajado, fructificación y maduración del mango intervienen factores como temperatura, recurso hídrico, precipitación, entre otros. Por otra parte, también intervienen prevención de enfermedades, uso de fertilizantes y manejo técnico agrícola para el desarrollo y rendimiento esperado en la producción del mango. Por tanto, la producción de mango está marcada por una dependencia a eventos ambientales o de tipo climático, cambios estacionales, sequías, inundaciones, presencia del Fenómeno El Niño, entre otros. Refiere, además, la importancia

de remarcar la influencia de la temperatura por ejemplo en el 2016, donde se observa niveles bajos de 15°C, lo que permite una mejor floración de 90% en el valle de San Lorenzo logrando 58% de aumento del nivel de rendimiento de mango; sin embargo, vuelve a caer debido a la fluctuación del clima y por ende el crecimiento no fue sostenido, añadido a esto la falta de preparación de manejo técnico productivo (Ministerio de agricultura y Riego, 2020).

Así también, otro de los sucesos ocurridos como lo señala en el Boletín Agroclimático del (Ministerio del Ambiente, 2018) en las zonas de Chulucanas y Bigote pertinentes al valle Alto Piura presentan una fructificación regular en las variedades Edward y Kent donde se registran caídas de fruta en 60% de promedio debido a los registros de temperatura mínima promedio de 17,5 °C, influyendo negativamente al fruto y por ende a la producción. Otros eventos que arrasaron con la actividad agrícola de la zona en el año 2017 ha sido el denominado Niño Costero, el más severo de todos con un aproximado de 3'900 millones de dólares en pérdidas (Venkateswaran et al., 2017).

Además, el Plan Nacional de Cultivos 2019, señala que otra de las causas que generan las bajas de la producción en el mango como manifiestan los productores de la variedad Kent es debido a la floración grande que suele presentarse en etapa de invierno en los meses de junio a agosto, producto del cambio en el clima menores a 24°C perjudicando los volúmenes de producción. Además de cambios en el clima es importante mencionar la falta de acceso a financiamiento y de asistencia técnica productiva como la utilización de fertilizantes especializados para lograr los rendimientos esperados en la producción del mango, así como también la falta de mecanismos de prevención ante fenómenos adversos generando un riesgo agroclimático (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2020)

Por otra parte, la producción de mango requiere de recurso hídrico importante para la actividad agrícola, Piura cuenta con el valle Medio y Bajo Piura, donde Sechura cuenta con 4 ha; el valle de San Lorenzo cuenta con Las Lomas y Tambogrande con 16 630 ha, de las cuales para la producción de mango se utilizan 16 470 representando el 78,1% del total producción de la región; así también, el Valle Alto Piura donde Chulucanas, Bigote y Morropón cuenta con 3365 ha, de las cuales utilizan 3 164 ha y Huancabamba con 86 ha; el Valle del Chira donde Sullana cuenta con 466 ha y utiliza para el cultivo del mango 336

ha; Paita con 10 ha; estos valles son irrigados por el reservorio de San Lorenzo, reservorio de Poechos, agua subterráneas y agua por escorrentía utilizadas para regar los valles agrícolas (Aldana et al., 2021).

Dados los cambios del clima en las zonas productoras se presentan una serie de enfermedades que atacan y dañan a diversos tipos de cultivos, en tanto el caso del mango, cuando la precipitación es frecuente hace la presencia del hongo llamado Antracnosis, generando daños en las hojas, flores y frutos con manchas de color negra interna y externa del fruto. En San Lorenzo que las plantaciones son atacadas por la enfermedad denominada muerte regresiva originadas por el hongo botryadiplovia; además, en los valles se presentan insolación de los frutos o la exposición al sol, resultando manchas rojizas o blanquecinas en la epidermis, por ende, el tratamiento adecuado de la planta en todos sus procesos.

Por otra parte, los estándares de alta calidad que exigen los mercados internacionales determinan que la mosca de la fruta y su daño limita el comercio internacional, por ende, el tratamiento con el fin de tener frutos libres de plagas, otra de ellas, la plaga Oidium la cual afecta a los brotes, se encuentran en el valle de San Lorenzo, en Chulucanas se encuentra la plaga de crisomélido, la cual se genera por la acumulación de matorrales. A través del programa Nacional de Moscas de la Fruta se busca atender la detección y prevención de mecanismos adecuados con el fin de combatir con esta plaga y se asegura la calidad e inocuidad del mango como la norma BPA, ISO 9001, entre otros (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA], 2020).

El sistema hídrico es un factor importante en todas las etapas del proceso del mango, en la región de Piura existen diversos sistemas de riego (fuente, entrada, distribución y frecuencia), siendo el más utilizado el riego por gravedad, la necesidad hídrica es variante de acuerdo a la variedad de planta y fruto, así como suelo, es decir, el agua, suelo y planta se encuentran relacionados con el clima, temperatura, precipitaciones, entre otros, los mismos que afectan a los mencionados, el agua proviene de los ríos Chira, Piura y Huancabamba (Cuenca Catamayo-Chira, Quiroz y Cuenca río Piura) represa de Poechos, abastece el Valle del Chira, Valle de San Lorenzo, valle Medio y Bajo Piura y Sechura, exceptuando que el río Piura se encuentra generalmente seco (Farias, 2018).

El contenido se estructura de cuatro apartados, antecedido de los preliminares; así también de la introducción, aportando información con relación a la producción nacional y su relación con el comercio internacional; además, se describen los objetivos, justificación e importancia. En las siguientes fases se desarrollaron los materiales y métodos, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas.

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema general

¿La volatilidad climática determina la producción de mango de Piura, periodo 2000-2020?

1.2.2. Problema específico

¿Cuál es la evolución de las variables climáticas y la producción de Piura, periodo 2000-2020?

¿Cuál es el efecto de corto y largo plazo del uso de riego tecnificado en la producción de mango como medida de adaptación al cambio climático?

1.3. Antecedentes

1.3.1. Antecedentes internacionales

Como base empírica internacional, se tiene el estudio de Van Passel et al., (2017), analizaron el impacto del cambio climático en la agricultura europea bajo un enfoque ricardiano. Para ello estimaron un modelo de regresión cuantil y otro por mínimos cuadrados ordinarios; encontrando que el primero presenta mejor ajuste. Determinaron que las granjas europeas son más sensibles a los aumentos de la temperatura, producto del calentamiento global, que las granjas estadounidenses, con efectos estimados sobre la rentabilidad al 2100 de +5 a -32%, dependiendo la severidad del escenario. Sumado a ello estimaron que, por cada grado centígrado de aumento en la temperatura las granjas del sur de Europa experimenten pérdidas del 5 al 9%.

Así también, Birthal & Hazrana (2019) refirieron sobre la diversificación de cultivos y la resiliencia de la agricultura en la India a los choques climáticos. Para ello emplearon un enfoque de datos de panel dinámico y evaluaron el efecto del déficit de lluvias y el estrés por calor en la productividad agrícola de India, sumado a ello, analizaron el efecto de la diversificación de cultivos como alternativa para mitigar los efectos adversos. Encontraron que tanto el déficit de lluvias como el estrés por calor dañan la productividad agrícola, y su efecto aumenta dependiendo la severidad. Sumado a ello, encontraron que la diversificación de cultivos es una medida que permite adaptarse a los choques climáticos, cuyo impacto se hace más efectivo ante choques severos y en el largo plazo.

Por su parte, (Asare Nuamah et al., 2022) analizaron la percepción del cambio climático y la adopción de innovaciones por parte de productores de mango en el municipio de Yilo Krobo, Ghana; para ello emplearon información recabada de 204 agricultores mediante la técnica de la encuesta. Encontraron que los agricultores relacionan las pérdidas posteriores a la cosecha, la disminución de las precipitaciones, el aumento de la temperatura, las sequías frecuentes, las plagas y enfermedades con el cambio climático. Sin embargo, han implementado medidas de adaptación como la aplicación de agroquímicos, plántulas mejoradas y el uso de riego tecnificado. Concluyeron que la adopción de estas innovaciones está determinada por el cambio climático.

En tanto, López-Feldman et al., (2020), mediante la estimación de un modelo basado en la función de producción empleando Mínimos Cuadrados Ordinarios, analizaron el efecto del cambio climático en los principales cultivos de 14 países del Caribe. La relación entre la producción agrícola y el nivel de precipitaciones, la temperatura máxima y mínima; además, realizaron una proyección de dichas variables. Encontraron que las variables climáticas tienen efectos importantes en el nivel de producción agrícola de los países analizados; asimismo, refirieron que hacia el 2050, la producción agrícola promedio de la región sería 7% menor al promedio de 1961-2014, debido a los impactos esperados del cambio climático.

Moreira y Castro (2016) manifestaron que a través de su estudio se evidenció que Guanacaste es una de las provincias de Costa Rica que produce varios tipos de mango y

que estas presentan diferenciaciones ante las variaciones registradas por el cambio climático; por ende, el uso de tecnología diferenciada de acuerdo con el tipo de suelo. Por medio de un sistema de estación del clima, registrando las variables que se relacionan para el cultivo como son: humedad relativa, temperatura, viento, precipitación, entre otras, teniendo como fuente para su proceso a información de análisis climático y a su vez proyecciones por parte de entidades gubernamentales.

Finalmente, Cartagena y Vergara (2016) estudiaron la repercusión del cambio del clima en el Cantón de la Provincia de Durán para dos tipos de cultivos: arroz y cacao, en cuanto al nivel de producción, en los periodos 2008-2016. A través de la metodología descriptiva correlacional, se trabajó con los productores mediante encuestas, mostrando la conexión del cambio climático con variables de producción de estos cultivos, costos, daño ambiental, enfermedades entre otros debido a sequías originando erosiones del suelo y altas temperaturas e inundaciones. Se concluyó que este cambio repercute en mayor intensidad a los cultivos de arroz y en menor grado en la producción del cacao registrados en 5 años anteriores.

1.3.2. Antecedentes nacionales

En tanto para la presente investigación se tomó como análisis el estudio de Quispe (2021), quien analizó mediante la estimación de un modelo econométrico basado en la función de producción el efecto del cambio climático en la producción de café orgánico en el Valle de Sandia-Puno. Determinó que los valores de temperatura máxima, mínima, precipitaciones y humedad relativa que maximizan dicha producción son 27.4°C, 16.4°C, 124.17mm y 88.35%, respectivamente. En ese sentido, concluye que aumentos en dichas variables que superen el nivel óptimo incide en una reducción de la producción.

Así también, Villegas et al., (2020), mediante la estimación de un modelo de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios, determinaron que el umbral óptimo de temperatura mínima para la producción de mango en Piura es de 18.845°C, mientras que para la temperatura máxima dicho valor es 30.49°C; sumado a ello, el nivel de precipitaciones que maximiza la producción de mango en la región es 295.595mm. Calcularon que un aumento de 1% en la temperatura mínima reduce la producción de mango piurano 36

667 toneladas, mientras que si lo hace la temperatura máxima se incrementa 64 327 toneladas; no obstante, si las precipitaciones aumentan 1mm, la producción aumenta 0.0454 toneladas.

Por otra parte, Loyola y Orihuela (2017) analizaron los determinantes del costo ante el cambio del clima en cultivos de los departamentos de Piura (plátano y algodón) y Lambayeque (caña de azúcar) en el periodo 2010-2020. Dichos cultivos mantuvieron conexión con variables como temperatura y precipitación de los cuales a raíz de parámetros estimados se lograron predicciones a largo plazo ante variabilidad de la temperatura donde se demostró que es significativo cuando los umbrales de temperatura son los esperados para Piura que para Lambayeque; sin embargo, no se pudo ejecutar con la variable precipitación debido la escasez de información.

A su vez, Carrasco (2016) estimó las variables del clima mediante la función de producción en las que se demostró que sí influyen en la producción en un 60 por ciento y en cuanto al rendimiento en un 35 por ciento de quinua en el distrito de July; además, la temperatura máxima a un nivel de 10 por ciento de significancia es el elemento que más interviene en la producción y el rendimiento. La conducta de estos elementos señala una tendencia creciente, a mayor temperatura que sobrepasa el umbral óptimo necesario para el cultivo, el efecto tanto en la producción y el rendimiento disminuye, por ende, perjudica a la producción de quinua, calidad de alimentos, ingresos y alza de precios ante los efectos mencionados que se pronostican para los 16 años.

Matta (2016), determinó mediante la estimación de un modelo de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios que, las variables climáticas, tanto temperatura máxima y mínima como nivel de precipitaciones, explican el 18% del comportamiento del rendimiento del cultivo de mango en Lambayeque. Sumado a ello, concluyó que, los cambios en la temperatura han tenido un efecto económico negativo en los productores de mango; no obstante, los cambios registrados en el nivel de precipitaciones han incidido positivamente en su rentabilidad.

Clemente y Dipas (2016) estimaron un modelo basado en la función de producción mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios para determinar la incidencia del cambio

climático en el crecimiento de la producción de papa en el Valle del Mantaro. Determinaron que, las variables climáticas, precipitaciones y temperatura, tienen un efecto positivo hasta determinado punto o umbral óptimo, mientras que, si aumentan más allá de dicho valor, el efecto sobre la producción de papa es negativo. En ese sentido, calcularon que el nivel óptimo de precipitaciones y temperatura para la producción de papa en el valle del Mantaro es de 1.96mm y 10.21°C.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Modelo Ricardiano

La presente investigación toma como base teórica el modelo ricardiano, el cual asume que el valor de las tierras agrícolas está dado por el valor presente de las producciones futuras en cada periodo t . En tal sentido, la ecuación 1 representa dicha expresión como una integral indefinida, donde t denota el tiempo, δ es el factor de descuento, P es un vector de precios de los productos agrícolas producidos, Q es el nivel de producción el cual está determinado por un vector de insumos I , condiciones climáticas C , variables geográficas G y variables socioeconómicas del productor S ; y R es un vector de precios de los insumos agrícolas (Masseti & Mendelsohn, 2011).

$$V = \int [\sum PQ(I, C, G, S) - R'I] e^{-\delta t} dt \quad (1)$$

Por todo lo anterior descrito, el agricultor intenta maximizar el valor de sus tierras agrícolas eligiendo la cantidad de insumos a utilizar (I) tomando como dados los valores de las demás variables del modelo planteado. No obstante, reagrupando las variables anteriores en un vector de variables climáticas C , en un vector Z de variables invariantes en el tiempo como la geografía, y un vector de variables variantes en el tiempo X , se tiene el modelo ricardiano general como la ecuación 2.

$$V = f(X, Z, C) \quad (2)$$

Este modelo adaptado a un análisis transversal se ha convertido en uno de los principales métodos para medir la adaptación de los agricultores al cambio climático, así como sus efectos directos; en tal sentido, la ecuación 3 recoge dicha especificación Massetti &

Mendelsohn (2020) Donde β, γ y φ son vectores de coeficientes de las variables explicativas X_i, Z_i y C_i , respectivamente, y μ_i es el término de error.

$$V_i = X_i\beta + Z_i\gamma + C_i\varphi + \mu_i \quad (3)$$

Sumado a ello, otro de los métodos importantes es el de datos de panel intertemporales, cuya especificación se presenta en las ecuaciones 4 y 5, con parámetros cambiantes e invariantes en el tiempo, correspondientemente. El primer modelo asume que hay quiebres estructurales en las series, los mismos que pueden provenir por un cambio en la tendencia de las variables, de la constante, o de ambas. Los quiebres estructurales están asociados a fenómenos económicos como cambios en las preferencias de los consumidores, cambios de política, entre otros; y fenómenos climáticos, como aumento de la temperatura, de lluvias, entre otros.

$$V_{i,t} = X_{i,t}\beta_t + Z_{i,t}\gamma_t + C_{i,t}\varphi_t + \mu_{i,t} \quad (4)$$

$$V_{i,t} = X_{i,t}\beta + Z_{i,t}\gamma + C_{i,t}\varphi + \mu_{i,t} \quad (5)$$

Por tanto, para la presente se ha adaptado el modelo ricardiano para una versión con datos de series de tiempo, dado que no se encuentra disponible información transversal sobre la producción de mango en la región. Asimismo, dado que el interés se centra en analizar series reales en lugar de las series nominales, se ha creído conveniente trabajar con el nivel de producción en toneladas y las variables económicas, que se incluyen en el modelo como variables de control, en términos reales, considerando el año 2007 como año base. La nueva ecuación está dada por la ecuación 6 y la especificación de cada variable se encuentra detallada en la tabla 1.

$$QM_t = f(TMAX_t, TMIN_t, PLUV_t, FERT_t, INSECT_t, TEC_t, HARROZ_t) \quad (6)$$

Donde:

$$TMAX_t = MAX_q - MAX_t \quad (7)$$

$$TMIN_t = MIN_t - MIN_q \quad (8)$$

$$PLUV_t = PREC_q - PREC_t \quad (9)$$

Las variables climáticas se han calculado como una diferencia entre el valor crítico máximo en cada trimestre del año y el valor real observado en el periodo, esto debido a que dicha diferenciación permite determinar cuán cerca de los valores críticos se desarrolla la producción de mango en la región, y como superar dicho umbral puede afectar la producción tanto en el corto como en el largo plazo. Al respecto, Farias (2018) refiere que las temperaturas registradas en Lambayeque son inferiores a las de Piura, por lo que la producción en la primera región se encuentra dentro del rango óptimo, mientras que Piura opera cerca de los valores críticos, concluyendo que, ante un aumento generalizado de la temperatura, Piura se vería más afectado.

Tabla 1

Descripción de las variables de estudio

	Descripción	Unidad	Fuente
QM	Producción trimestral de mango de Piura.	Toneladas	SIRTOD
TMAX	Diferencia del valor crítico para el cultivo de mango y la temperatura máxima promedio trimestral registrada en Piura.	°C	SENAMHI
TMIN	Diferencia de la temperatura mínima promedio trimestral registrada en Piura y el valor crítico para el cultivo de mango.	°C	SENAMHI
PLUV	Diferencia del valor crítico para el cultivo de mango y el nivel de precipitaciones trimestrales en Piura.	mm	SENAMHI
FERT	Gasto en fertilizantes promedio por ha en Piura.	Soles	ENAHO
INSECT	Gasto en insecticidas promedio por ha en Piura.	Soles	ENAHO
TEC	Porcentaje de agricultores con riego tecnificado (cultivos permanentes) en Piura.	Soles	ENAHO
HARROZ	Hectáreas de arroz cosechadas en Piura.	ha	SIRTOD

Fuente. Elaborado en base a datos de SIRTOD, ENAHO y SENAMHI

La especificación del modelo a estimar se presenta como la ecuación 9. Donde β_k representa los parámetros a estimar. Se espera que β_1 sea menor que cero puesto que, a mayor diferencia de la temperatura máxima, menor será su proximidad a su valor crítico; sumado a ello, que el valor de β_2 sea positivo debido a que, a mayor diferencia de la temperatura mínima más lejos se encontrará de su valor crítico; mientras que se espera un valor negativo para β_3 dado que a mayor diferencia de las precipitaciones pluviales pone de manifiesto un riesgo para la disponibilidad del agua.

Sumado a ello, se espera que β_4 , β_5 y β_7 tomen valores positivos, pues se espera que un aumento del gasto promedio por hectárea en fertilizantes e insecticidas, y el porcentaje de productores de cultivos permanentes con riego tecnificado aumenten la producción de mango en la región Piura, respectivamente. No obstante, se espera que β_6 tome un valor negativo puesto que, un aumento de las hectáreas cosechadas de arroz reduce la disponibilidad del recurso hídrico para los demás cultivos de la región.

$$qm_t = \beta_0 + \beta_1 tmax_t + \beta_2 tmin_t + \beta_3 pluv_t + \beta_4 fert_t + \beta_5 insect_t + \beta_6 harroz_t + \beta_7 tec_t + \mu_t \quad (10)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial tmax_t} = \beta_1 \leq 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial tmin_t} = \beta_2 \geq 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial pluv_t} = \beta_3 \leq 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial fert_t} = \beta_4 \geq 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial insect_t} = \beta_5 \geq 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial harroz_t} = \beta_6 \leq 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial qm_t}{\partial tec_t} = \beta_7 \geq 0 \quad (17)$$

1.5. Marco conceptual

a) Producción

Del latín productio, es el proceso en el cual se añade valor agregado a un bien o servicio, es decir, se genera un valor; así también, se entiende como producción al hecho de incorporar o modificar la estructura natural de un bien o servicio dentro de un sistema económico en un periodo determinado. Se puede definir, además, como producción a un conjunto de actividades por las cuales realizan elaboración o fabricación de bienes, pero, además de servicios (de índole intelectual) o actividades que no sean solamente de consumo (Instituto de Estadística de Andalucía, 2019)

Se entiende por factores de producción a los recursos o elementos que se requieren para realizar el proceso o actividad económica conformados en dos tipos: factores de origen, es decir tierra y trabajo; y los factores derivados, aquellos como capital y tecnología, las mismas que se interrelacionan y poseen características que generan ventajas comparativas del resto. Las empresas forman parte de los agentes económicos y los sistemas productivos se desarrollan en distintas escalas, siendo los sectores productivos el sector primario, sector secundario y sector terciario

La producción agrícola es el proceso en el que se realiza la siembra, trabajo de la tierra a través de la actividad y la mano hombre apoyada de tecnología para lograr una cosecha en el campo, esto a su vez a través del aporte productivo genera una serie de productos o bienes que se consumen por la población en general; así también como para la industria la cual asigna un valor agregado y finalmente se comercializa. Se clasifica según su dependencia al agua; según su magnitud, es decir para autoconsumo o industrialización; según rendimiento, según el método, ya sea tradicional o industrial.

b) Mango

Fruto que proviene de la familia anacardiáceas, de características y sabor exquisito, posee propiedades nutricionales, sabor exótico, pulpa abundante, con pepa en el centro, de cáscara liza y presenta entre sus colores más resaltantes, el color, verde, rojo, con su interior de color amarillo (Bustamante y Valdera, 2019).

Tabla 2*Ficha técnica del mango*

Ficha técnica del mango												
Nombre científico	Mangifera indica L.											
Otros nombres	Mango, melocotón, mangostanes											
Familia	Anacardáceas											
Procedencia	Sudeste asiático											
Usos	Consumo humano, elaboración de jugos, industria alimentaria o incluso la farmacéutica, entre otros.											
Composición	Los frutos del mango son un valioso suplemento dietético, rico en vitaminas A y C, minerales, fibras y antioxidantes; bajos en calorías, grasas y sodio. 62-64 calorías/100 g de pulpa.											
Zonas productoras	Piura - Lambayeque-La Libertad-Ancash-Ica											
Variedades principales	Kent-Haden-Tommy Atkins-Edward											
Normas de calidad	NTP 203.100:1981. NTP 011.010:2002											
Certificaciones	Global GAP- GRASP-HACCP											
Principales enfermedades	Oídium - Antracnosis - Mosca de la fruta											
Partidas arancelarias	0811909000	Demás frutas y otros frutos sin cocer o cocidos en agua										
	2009801400	Jugo de mango										
	0811909100	Mango (mangifera indica L.)										
	2008993000	Mangos preparados o conservados										
	0804502000	Mangos y mangostanes frescos o secos										
Principales mercados de destino	Europa-Canadá-Estados Unidos											
Estacionalidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Edward										x	x	
Tommy Atkins	x										x	x
Haden	x										x	x
Kent	x	x	x									

Nota. Elaboración propia

c) Temperatura

Son variaciones que se registran y nos permiten reconocer el nivel de energía térmica sobre la tierra o en un determinado cuerpo. Se componen de partículas que se dispersan en determinada velocidad (energía cinética) y su valor es $\langle E_c \rangle$. Se presenta como una magnitud estadística, la cual se necesita realizar para su medición la utilización de magnitudes termométricas. Existen escalas de temperatura para medir la temperatura, Celsius (°C) al cual se le asigna valor 0 al punto de congelación del agua, valor 100 a

punto de ebullición, grado Fahrenheit (F) asigna un valor de 32 al punto de fusión de hielo (0 °C) y en 212 siendo el valor de ebullición del agua (100 °C) (Fernández, 2019).

d) Precipitación

Se le denomina a la caída de de compuestos en estado líquido es decir agua, sólido que comienzan con el ciclo y luego del proceso caen como lluvia, granizo, nieve o rocío y escarcha. Es parte del estudio y análisis hidrobiológico para poder medir e identificar el recurso hídrico con el que cuenta determinada región. La intensidad que se pueda producir en el proceso de la precipitación se expresa en mm/hora y la unidad de medida para leer con más exactitud es el pluviómetro ($\pm 0,1$ mm). Así también se hace uso del pluviógrafo que es el encargado de registrar la evolución de determinada precipitación con el tiempo, por uso mecánico o digitalizado, otros elementos también usados para medir el volumen de precipitaciones son los cangilones que son recipientes especiales para recoger alternativamente agua de uno u otro lado, la misma que en cada proceso es igual a 0,2 mm de precipitación (Mora, 2020).

1.6. Justificación

La presente investigación se justifica en identificar los factores que determinan positiva y negativamente en la producción de mango del departamento de Piura con el fin de adoptar medidas para incrementar los volúmenes de producción y rendimiento en beneficio principalmente de los productores dedicados al cultivo del mango, quienes a través de esta actividad representa la principal fuente de recursos económicos. La producción de mango del departamento de Piura representa el 81,3 % de la producción nacional lo cual favorece a la economía peruana y al aporte al PBI nacional ya que los posiciona entre los principales países exportadores de mango debido a las características de competitividad y por ende, apertura a nuevos mercados potenciales.

Por tanto, analizar el impacto de las variables sobre la producción para incrementar el nivel de eficiencia en la producción se utilizó el modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos y Corrección del Error (ARDL-UECM); a través de este modelo se proporcionará y contribuirá de manera significativa en los efectos de corto y largo plazo con respecto al uso

de riego tecnificado como una medida de adaptación y mitigación del cambio climático en la producción de mango del departamento de Piura.

Esto conllevará a lograr por medio de la presente información una fuente o referencia para la toma de decisiones de todos los involucrados, productores, autoridades competentes, organismos públicos y privados logrando incrementar mejores niveles de producción, mayor número de empleo directo e indirecto, aumento en los rendimientos y en las áreas de siembra que se dedican al cultivo de mango de Piura. Así también, los hallazgos encontrados en la presente investigación permitirán que sirva como base fundamental para futuras investigaciones, así también para el conocimiento de organizaciones o instituciones académicas a fin de disponer, proponer y ampliar la investigación a conveniencia de los interesados.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Analizar la volatilidad climática como determinante de la producción de mango de Piura, periodo 2000-2020

1.7.2. Objetivos específicos

Describir la evolución de las variables climáticas y la producción de mango de la región Piura, periodo 2000-2020

Determinar el efecto de corto y largo plazo del uso de riego tecnificado en la producción de mango en Piura como medida de adaptación al cambio climático.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

La volatilidad climática determina el comportamiento de la producción de mango de la región Piura en el periodo de análisis.

1.8.2. Hipótesis específicas

Las variables climáticas y la producción de mango de Piura han tenido una evolución positiva en el periodo 2000-2020

El uso de riego tecnificado tiene un efecto positivo, tanto en el corto como en el largo plazo, en la producción de mango en Piura y es una medida eficiente de adaptación al cambio climático.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Métodos de investigación

a) Tipo de investigación

La presente investigación Para el desarrollo de la presente investigación se toma como base el diseño no experimental en concordancia con lo señalado por Hernández et al., (2018) la presente se utiliza sin manipular las variables establecidas en la investigación, por medio de esta, se podrán analizar eventos, situaciones o sucesos sin que el investigador infiere, intervenga o altere la fuente o variables; así también, por ende, podrá interpretar, exponer los resultados obtenidos de la investigación correlacionando los hechos

Así también, el enfoque para la investigación es cuantitativo puesto que toda información estadística necesaria para poder desarrollar las variables a estudiar y estas se podrán obtener de fuentes confiables como el Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones, Instituto Nacional de Estadística e Informática, Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (De la Cruz, 2020).

En sucesión debido a que se busca comprobar una o varias hipótesis previamente establecidas, la presente investigación será de tipo aplicada puesto que se pone a prueba los conocimientos establecidos de fuentes teóricas a través de software de uso econométrico y de análisis como Stata, Eviews; con el fin de poder otorgar respuestas a las interrogantes generadas en la investigación (Concejo Nacional de Ciencia [CONCYTEC], 2018)

2.2. Descripción detallada de los métodos por objetivo

2.2.1. Descripción detallada del método del objetivo específico 1

Para analizar la evolución de las variables climáticas, temperatura máxima, temperatura mínima, nivel de precipitaciones y la volatilidad de cada una; y la producción de mango de Piura se empleó gráficas de líneas; sumado a ello, se analizan los valores máximos y

mínimos de las variables. Sumado a ello, se determinaron los valores máximos y mínimos de cada variable, así como el promedio del periodo analizado.

2.2.2. Descripción detallada del método del objetivo específico 2

Dado que existen artículos e investigaciones en las que se pretende estudiar el impacto del cambio climático en la producción agrícola, pero solo estimando niveles óptimos de temperatura y precipitaciones; en la presente investigación se planteó estimar la evolución del choque de volatilidad climática en la producción de mango de la región Piura, periodo 2000 - 2020, asumiendo que hay efectos tanto en el corto como en el largo plazo. Para definir la metodología que se adapte a las variables a analizar, se realizaron primero pruebas de quiebres estructurales siguiendo la metodología de Bai-Perrón, determinando que las series son estables.

Además, mediante la prueba de heterocedasticidad ARCH, se determinó que no hay presencia de heterocedasticidad, por tanto, se desestima la utilización de un modelo de vectores autorregresivos con parámetros cambiantes en el tiempo y volatilidad estocástica (TVP-VAR-SV). Seguido, se probó la estacionariedad de las variables mediante pruebas de raíz unitaria para determinar la conveniencia de estimar un modelo de vectores autorregresivos, un modelo de vectores autorregresivos con corrección del error o un modelo autorregresivo con rezagos distribuidos y corrección del error.

Para ello, dado que las variables, como se especifican en la tabla 1, se descargaron en frecuencia trimestral para aumentar el número de observaciones y mejorar la consistencia de las estimaciones, se desestacionalizaron empleando el método LOESS (STL por sus siglas en inglés). A las series desestacionalizadas se les tomaron logaritmos, dado que como menciona Novales (2000) dicho procedimiento permite reducir la volatilidad de la serie, en ciertos casos volverla estacionaria e interpretar los coeficientes como elasticidades.

A los logaritmos de las variables se les realizaron las pruebas de raíz unitaria tales como Phillips-Perrón, Zivot-Andrews, Dickey-Fuller aumentada y Elliott-Rothenberg-Stock, quienes consideran el número de rezagos óptimos definidos por los criterios modificados

de Akaike. Sin embargo, dado que no hay presencia de quiebres estructurales en las series de interés, se tomará como concluyente los resultados de la prueba de Dickey-Fuller aumenta.

Todas las pruebas de raíz unitaria fueron estimadas especificando constante y tendencia, excepto para las variables de temperatura mínima, porcentaje de agricultores con riego tecnificado y número de hectáreas de arroz cosechadas, las cuales solo presentaron constante. Dado que son pruebas de hipótesis a cola izquierda, si el valor estimado se encuentra a la izquierda, en la recta numérica, de los valores críticos al 1, 5 y 10% de significancia, entonces denota rechazo de la hipótesis nula quien afirma que la serie tiene una raíz unitaria y, por tanto, se dice que es estacionaria.

A las variables cuyos resultados de ambas pruebas indicaron aceptación de la hipótesis nula, se les tomaron primeras diferencias como lo sugiere Novales (2000) para volverlas estacionarias. Sin embargo, dado que algunas variables mostraron ser estacionarias en niveles y otras en primeras diferencias, se desestimó la utilización de un modelo autorregresivo con corrección del error (VEC), dado que este requiere que todas las series sean integradas de primer orden, es decir, estacionarias en primeras diferencias. Por tanto, se procedió a estimar un modelo de autorregresivo con rezagos distribuidos y corrección del error.

Para probar la presencia de cointegración se realizó la prueba F de límites, la cual prueba la hipótesis nula de no cointegración asumiendo en un límite inferior que todas las series son integradas de orden cero, y en el límite superior que son integradas de orden uno. Si el valor del estadístico estimado se encuentra por debajo de dicho intervalo se acepta la hipótesis nula de que las series no cointegran, mientras que, si se encuentra a la derecha de este, se rechaza esta hipótesis, mientras que, si se encuentra dentro del rango, las interpretaciones son ambiguas e imprecisas.

Con ello, se determinó que hay una ecuación de cointegración significativa en el modelo, por tanto, se justifica la implementación de la corrección en el modelo para considerar las relaciones de largo plazo entre las variables analizadas. Para determinar la

significancia de las variables del modelo, se empleó la prueba estadística t-Student con los niveles de significancia de 1, 5 y 10%.

Para asegurar la confiabilidad de las estimaciones se realizaron las pruebas de normalidad, cuyo estadístico Jarque-Bera debe ser menor al valor crítico al 5% de significancia, es decir, menor a 6; autocorrelación, cuyas barras del correlograma no superen las bandas de confianza y su probabilidad sea mayor al 1, 5 y 10% de significancia; heterocedasticidad, cuyo estadístico Chi-cuadrada tenga una probabilidad mayor a los niveles de significancia mencionados.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados del primer objetivo específico

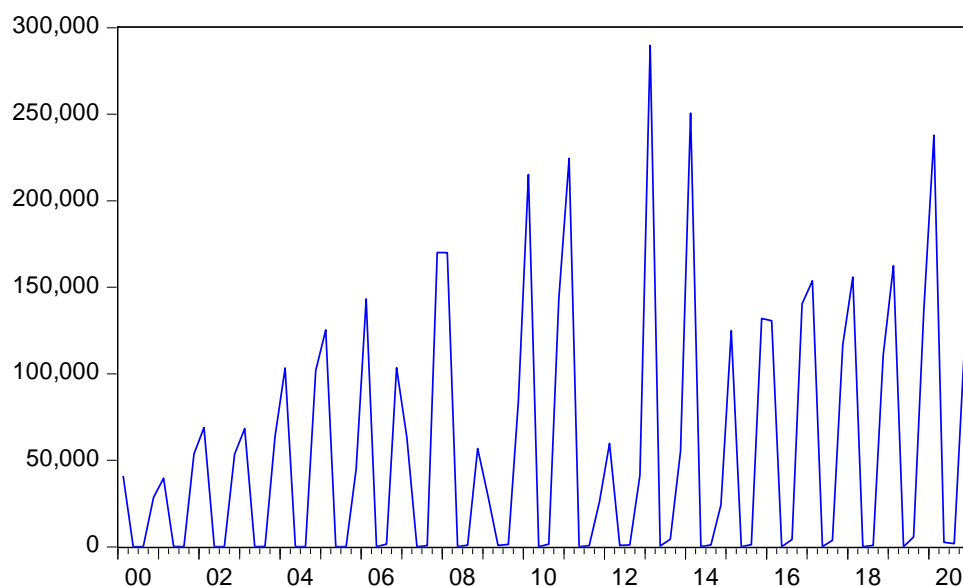
Describir la evolución de las variables climáticas y la producción de mango de Piura

Como se muestra en la Figura 2, la producción de mango en la región Piura ha tenido una evolución positiva en el periodo de análisis, pero con un marcado componente estacional, dado que esta tiende a aumentar en el cuarto y primer trimestre de cada año, con caídas muy severas en el segundo y tercer trimestre. Asimismo, se tiene que dicha producción alcanzó un nivel máximo en el primer trimestre de 2013 con 289 733 toneladas, y valores mínimos de cero toneladas en el segundo trimestre de años anteriores al 2016.

Sumado a ello, es notorio las caídas que presenta en el cuarto trimestre de 2006 y 2008; y en el primer trimestre de 2012 y 2015. No obstante, a partir de entonces la producción de mango guarda aún su componente estacional, pero menos concentrada en solo uno de los trimestres de la campaña, es decir, en el primer trimestre de cada año, y ya no se evidencian valores nulos de producción.

Figura 2

Evolución de la producción de mango de Piura



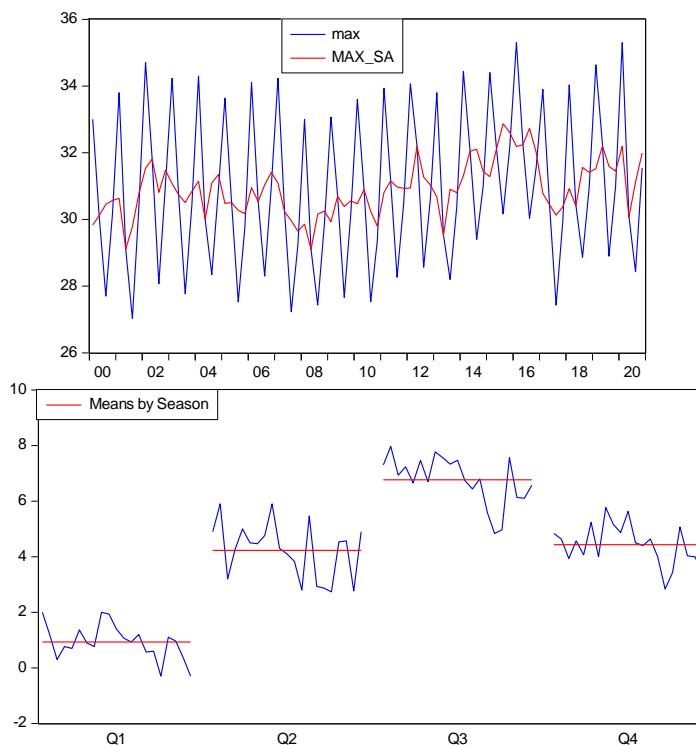
Nota. Elaborado en base a información del SIRTOD

Respecto a la temperatura máxima, como se muestra en la Figura 3, esta ha tenido una media de 30.91°C en el periodo de análisis, fluctuando entre 27.03°C y 35.3°C (línea azul). Sumado a ello, como lo indica la serie desestacionalizada (línea roja), la temperatura máxima ha registrado una ligera tendencia decreciente hasta el año 2008; pero desde ese año hasta el 2016 tuvo una evolución positiva, cayendo en el 2017, y retomando su tendencia alcista hasta el 2020.

En el panel B de la figura 3 se tiene que en el primer trimestre del año el promedio de la diferencia entre el valor crítico y la temperatura máxima registrada es de 0,9; lo que indica que en este trimestre la producción de mango se desarrolla cerca del valor máximo. Sin embargo, se tiene que la mayor diferencia se da en el tercer trimestre del año, teniendo una diferencia promedio de 6,8, es decir, en este trimestre se encuentra muy por debajo de su valor crítico; mientras que en el segundo y cuarto trimestre se tiene que la diferencia es de 4,2 y 4,4 en promedio.

Figura 3

Evolución de la temperatura máxima de Piura

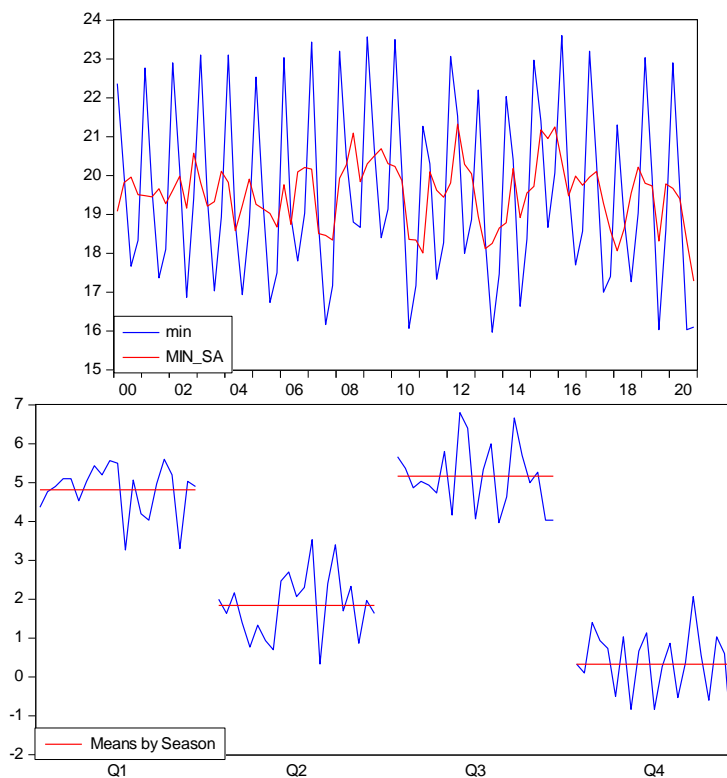


Nota. Elaborado en base a información de SENAMHI

En cuanto a la temperatura mínima, como lo expone la figura 4, esta ha registrado un promedio de 19.54°C en el periodo analizado, fluctuando entre 15.97°C y 23.6°C, con picos elevados en el primer trimestre de cada año, y una caída abrupta en el tercer trimestre (línea azul). Sumado a ello, la serie desestacionalizada no presenta una marcada tendencia decreciente, pero muestra que ha habido mayor variabilidad a partir del año 2006. Se tiene que en promedio la temperatura mínima se encuentra 5°C por encima de su nivel crítico en el primer y tercer trimestre del año, mientras que en el segundo trimestre solo se encuentra 2°C por encima de este valor; y en el cuarto trimestre la diferencia promedio es de 0,3; lo que denota que en este trimestre la producción se desarrolla en el límite de temperatura mínima tolerable por el cultivo.

Figura 4

Evolución de la temperatura mínima de Piura



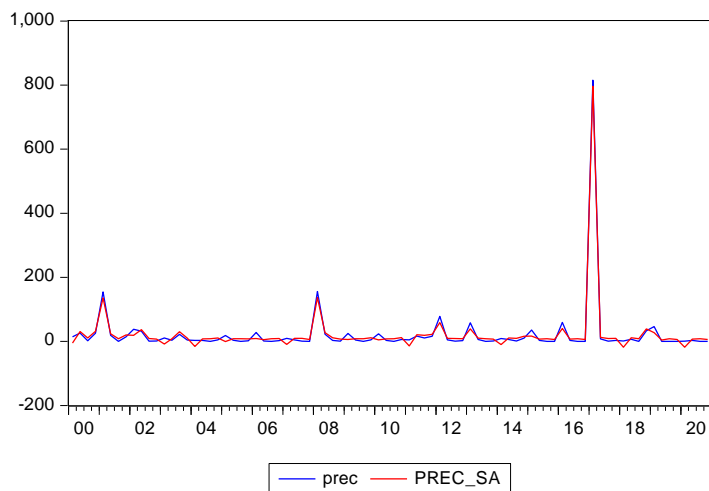
Nota. Elaborado en base a información de SENAMHI

Como se expone en la figura 5, las precipitaciones en la región Piura tienen un comportamiento estable, pero con hechos aislados como el registrado en el primer trimestre

de 2017, conocido como el fenómeno “el niño costero”, donde se registró un nivel de precipitaciones de 825.5 mm. El promedio de las precipitaciones en la región es 33.11 mm en el periodo de estudio, no obstante, registra muchos valores nulos sobre todo en el tercer trimestre de la mayoría de los años.

Figura 5

Evolución de las precipitaciones en Piura



Nota. Elaborado en base a información de SENAMHI

3.2. Resultados del segundo objetivo específico

Determinar el efecto de corto y largo plazo del uso de riego tecnificado en la producción de mango en Piura como medida de adaptación al cambio climático.

Primero, en la 2 se presenta los resultados de la prueba de quiebres estructurales de Bai-Perrón, determinando por cada uno de sus estadísticos que no hay presencia de quiebres estructurales en las principales series del modelo planteado para la presente investigación. Sumado a ello, en la tabla 3, se presenta los resultados de las pruebas de raíz unitaria a las series en logaritmos. Se tiene que todas las variables climáticas, así como la variable de hectáreas de arroz cosechadas son estacionarias en niveles, puesto que el valor estimado por la prueba de Dickey-Fuller aumentada se encuentra a la izquierda de los valores críticos al 1%, denotando rechazo de la hipótesis que plantea la presencia de una raíz unitaria.

Tabla 3*Resultados de la prueba de quiebres estructurales de Bai-Perrón (1998)*

Variables	Schwarz	Liu-Wu-Zidek	UDmax	WDmax	F Secuencial
Qm	0	0	0	0	0
Tmax	0	0	0	0	0
Tmin	0	0	0	0	0
Pluv	0	0	0	0	0

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews**Tabla 4***Resultados de las pruebas de raíz unitaria*

Significancia	Dickey-Fuller Aumentada	Phillips-Perrón	Zivot-Andrews	Elliot-Rotenberg-Stock
1%	-4.07686	-4.072415	-5.57	4.2472
5%	-3.466966	-3.464865	-5.08	5.6656
10%	-3.160198	-3.158974	-4.82	6.7836
lqm	-3.407234	-11.82618	-4.909468	14.19557
ltmax	-4.756458	-4.736797	-5.372016	3.276359
ltmin	-4.430106	-4.092919	-4.934854	1.626814
lpluv	-7.971436	-7.978017	-8.814632	2.717515
lfert	-3.251452	-3.154391	-3.955152	2.838916
linsect	-3.519658	-2.852611	-4.302761	212.3952
ltec	-2.411699	-2.395423	-3.666542	2.190998
lharroz	-11.49214	-11.49214	-12.07282	0.98655

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews

Debido a que se tiene series estacionarias en niveles y en primeras diferencias, es decir, con diferente orden de integración se procedió a estimar un modelo autorregresivo con rezagos distribuidos. Para determinar si hay cointegración entre las variables del modelo estimado, se realizó la prueba de límites F, la cual presenta un valor estadístico de 12,58. Este valor es superior a los valores contenidos en el intervalo definido por los valores definidos por las ecuaciones que asumen que las series son integradas de orden cero y orden uno, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no cointegración.

Tabla 5*Prueba de cointegración de F límites*

Prueba estadística	Valor	Significancia	I(0)	I(1)
F	12.58247	10%	2.07	3.16
k	10	5%	2.33	3.46
		1%	2.84	4.1

Hipótesis nula: No hay cointegración

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews

Se tiene que la producción de mango en la región Piura ha tenido una tendencia creciente de 0,13% como promedio trimestral. Sumado a ello, que está directamente relacionada de manera significativa con los primeros dos rezagos, es decir, con la producción registrada hasta dos trimestres atrás. En tal sentido, un aumento de la producción de mango actual aumenta 0,78% la producción del trimestre siguiente y 0,38% la producción del trimestre posterior.

Sumado a ello, una reducción de la temperatura máxima, es decir, un aumento de la diferencia entre el nivel crítico y el valor registrado, no tiene un efecto significativo de manera contemporánea, no obstante, si registra un aumento de esta diferencia en el trimestre anterior y rezagado tres periodos, la producción se va a incrementar por una mejor condición climática para la etapa de maduración y brotamiento, respectivamente; no obstante, si esta diferencia se incrementa dos periodos antes de la cosecha, la producción se ve mermada en 0,21%, debido a que una caída de las temperaturas máximas afecta la etapa de cuajado por una posible presencia de heladas.

En cuanto a la diferencia del valor crítico de la temperatura mínima y su valor observado, se tiene que si este se incrementa de manera contemporánea se va a incrementar la producción de mango en la región Piura en 0,199%, pues ello implica que la temperatura mínima registrada es mayor al nivel crítico lo cual es beneficioso en esta etapa del cultivo. Sin embargo, un incremento de esta diferencia en 1% en el trimestre anterior, y dos y tres trimestres antes de la cosecha reduce la producción de mango en la región Piura en 0,16%; 0,46% y 0,23%; respectivamente, lo cual afecta las etapas de maduración, cuajado y brotamiento del cultivo, puesto que un aumento de la temperatura

mínima muy por encima de su valor crítico afecta el valor promedio requerido por la planta.

Tabla 6

Relaciones de corto plazo entre las variables climáticas y la producción de mango

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
C	-3.9816	1.3285	-2.9971	0.0061
trend	0.1314	0.0101	13.0239	0.0000
dlqm-1	0.7797	0.1379	5.6523	0.0000
dlqm-2	0.3812	0.1014	3.7607	0.0009
dlqm-3	0.0834	0.0640	1.3036	0.2042
dltmax	-0.0502	0.0515	-0.9754	0.3387
dltmax-1	0.1423	0.0497	2.8653	0.0083
dltmax-2	-0.2103	0.0415	-5.0648	0.0000
dltmax-3	0.1390	0.0391	3.5585	0.0015
dltmin	0.1991	0.0274	7.2679	0.0000
dltmin-1	-0.1591	0.0293	-5.4271	0.0000
dltmin-2	-0.4621	0.0323	-14.3125	0.0000
dltmin-3	-0.2265	0.0317	-7.1510	0.0000
dlpluv	0.5570	0.1226	4.5439	0.0001
dlpluv-1	-0.2143	0.1494	-1.4343	0.1639
dlpluv-2	-0.7464	0.0846	-8.8201	0.0000
dlpluv-3	-0.2195	0.0612	-3.5859	0.0014

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews

Sumado a ello, se tiene que un aumento de la diferencia entre el valor crítico de las precipitaciones pluviales y el valor observado aumenta la producción de mango de Piura en 0,56%, puesto que en esta etapa se requiere de bajos niveles de precipitaciones para no generar la propagación enfermedades que afecten la calidad del producto, y por tanto, un aumento de esta diferencia implica un déficit de lluvias. No obstante, si esta diferencia se incrementa dos y tres trimestres antes de la cosecha, la producción en la región se reducirá 0,75% y 0.22%, respectivamente, dado que pone en riesgo la disponibilidad de agua para su suministro en el desarrollo del cultivo.

En cuanto a las relaciones de la producción de mango y las variables de control, se tiene que el uso de fertilizantes solo tiene un efecto significativo dos periodos antes de la

cosecha, donde si se incrementan en 1% reduce la producción de mango en 3,09%. Sumado a ello, se tiene que un aumento del gasto promedio de insecticidas por ha en dos trimestres antes de la cosecha va a incrementar la producción 2,87%; mientras que si lo hace tres trimestres antes (rezagado tres periodos) la va a reducir 2,23%. Lo anterior denota que si hay presencia de plagas en la etapa de brotamiento lo cual implica aumentar el gasto en insecticidas, pone en riesgo el nivel de producción final; pero en la etapa de cuajado es más manejable, dado que presenta un coeficiente positivo.

Tabla 7

Relaciones de corto plazo entre las variables de control y la producción de mango

Variable	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
dlfert	0.3064	0.8843	0.3465	0.7319
dlfert-1	0.4292	0.9526	0.4505	0.6562
dlfert-2	-3.0851	0.9224	-3.3446	0.0026
dlinsect	-1.1608	0.8002	-1.4507	0.1593
dlinsect-1	-0.8802	0.9921	-0.8872	0.3834
dlinsect-2	2.8786	1.0252	2.8080	0.0095
dlinsect-3	-2.2293	0.7384	-3.0192	0.0058
dlharroz	0.2794	0.0954	2.9285	0.0072
dlharroz-1	-0.6033	0.1404	-4.2987	0.0002
dlharroz-2	-0.9021	0.1399	-6.4470	0.0000
dlharroz-3	-0.7137	0.1140	-6.2628	0.0000
dtec	0.7066	0.3831	1.8444	0.0770
dtec-1	-0.1663	0.3588	-0.4635	0.6470
dtec-2	-2.8281	0.4017	-7.0403	0.0000

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews

Sumado a ello, se tiene que un aumento de las has cosechadas de arroz en 1% aumenta la producción de mango de manera contemporánea 0,28%; sin embargo, si el número de has cosechadas se incrementa en el periodo anterior, dos y tres trimestres antes reduce la producción de mango en Piura en 0,60%, 0,90% y 0,71%, correspondientemente; dado que, al realizarse más de una campaña de arroz en la región, la disponibilidad de agua para el resto de cultivos, incluido el mango, se ve fuertemente afectada. Sin embargo, se tiene que un aumento de 1% del porcentaje de agricultores con cultivos permanentes y

riego tecnificado aumenta la producción contemporánea de mango en 0,71%; pero lo reduce si esta si incrementa dos periodos antes de la cosecha en 2,83%.

Además, se tiene que un aumento de la diferencia de la temperatura mínima y su valor crítico en el periodo anterior, dos y tres trimestres anteriores a la cosecha, pero acompañado de un incremento en cada uno de estos periodos del porcentaje de agricultores con riego tecnificado aumentan la producción de mango en la región en 0,05%, 0,14% y 0,09% respectivamente; lo que denota que el uso de riego tecnificado ayuda a mitigar el efecto de un incremento potencial de la temperatura mínima, que afectaría la producción de mango en la región. No obstante, este efecto es negativo de manera contemporánea.

Asimismo, un aumento de la diferencia entre el valor crítico y la temperatura máxima registrada, acompañada de un incremento del porcentaje de agricultores con riego tecnificado, aumenta la producción de mango en Piura en 0,15% de manera contemporánea. Sumado a ello, si esta diferencia se reduce en el periodo anterior, es decir, se acerca a su valor crítico pudiendo generar de manera potencial estrés por calor en la etapa de maduración, un aumento del uso de riego tecnificado aumenta la producción de mango en Piura en 0,04%; pero si esta diferencia se incrementa, entonces se verá mermada la producción de mango.

Por todo lo anterior, se tiene que el uso de riego tecnificado ayuda a reducir el efecto de las variaciones en la temperatura en la producción de mango, dados los requerimientos en cada etapa del cultivo. Sumado a ello, se tiene que un aumento de la diferencia entre el valor crítico de la precipitación pluvial y el valor registrado en el trimestre anterior, acompañado por un incremento del uso de riego tecnificado, reduce la producción de mango en Piura 0,21%.

Sumado a ello, se tiene que la producción de mango en Piura en el primer trimestre se incrementa en 8,33% respecto al cuarto trimestre, mientras que se reduce en 12,32% y 8,03%, respectivamente. Además, se tiene que el vector de cointegración es significativo al 1% de significancia, lo que denota que la corrección del error ha sido un procedimiento

válido. En tal sentido se tiene que, el modelo retoma a su equilibrio de largo plazo con una velocidad de 2,5%.

Tabla 8

Adaptación al cambio climático de la producción de mango en el corto plazo

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
d.tec*ltmin	-0.0833	0.0112	-7.4396	0.0000
d.tec*ltmin-1	0.0539	0.0122	4.4022	0.0002
d.tec*ltmin-2	0.1372	0.0127	10.8332	0.0000
d.tec*ltmin-3	0.0869	0.0095	9.1189	0.0000
d.tec.ltmax	0.1488	0.0165	9.0210	0.0000
d.tec.ltmax-1	-0.0447	0.0141	-3.1751	0.0039
d.tec*lppluv	-0.0495	0.0521	-0.9508	0.3508
d.tec*lppluv-1	-0.2064	0.0558	-3.7007	0.0011
@SEAS(1)	8.3252	2.1353	3.8988	0.0006
@SEAS(2)	-12.3174	1.9439	-6.3364	0.0000
@SEAS(3)	-8.0294	1.9041	-4.2169	0.0003
D1	-2.9306	0.3490	-8.3969	0.0000
D2	3.2576	0.5949	5.4758	0.0000
CointEq(-1)*	-2.4966	0.1794	-13.9201	0.0000

Fuente. Resultados obtenidos en Eviews

En cuanto a las relaciones de largo plazo estas se muestran en la tabla 8, pero en la ecuación 17 se presenta luego de haber despejado los coeficientes, se tiene que la producción de mango en la región Piura no guarda una relación significativa con la temperatura máxima; sin embargo, un aumento de la diferencia entre la temperatura mínima y el nivel crítico en 1%, reduce la producción de mango en Piura en 0,22%; sin embargo, un incremento sostenido de la diferencia de la precipitación pluvial en 1% reduce la producción en el largo plazo en 0,53%, puesto que pone en riesgo la disponibilidad de agua para el correcto desarrollo del cultivo. Sumado a ello, un incremento del gasto promedio en fertilizantes por ha reduce la producción de mango en el largo plazo en 0,58%, aunque este efecto no es tan significativo (p-value<10%).

No obstante, se tiene que un aumento del gasto en insecticidas por ha aumenta la producción en 0,70%. En cuanto al total de has cosechadas de arroz, si se incrementan en 1% reducirán la producción de mango piurano en 0.35% en el largo plazo; pero el uso

de riego tecnificado (porcentaje de agricultores) no tiene un efecto significativo. Sin embargo, si se incrementa la temperatura mínima, esto es un incremento de la diferencia de la temperatura mínima registrada y el valor crítico, acompañada de un incremento del uso de riego tecnificado, aumenta la producción de mango en Piura en 0.08%; lo que ayuda a reducir el estrés por calor en el desarrollo del cultivo, en este caso, dado sus requerimientos de temperatura mínima.

Además se tiene que, un aumento de la temperatura máxima, es decir, una reducción de la diferencia entre el valor crítico y la temperatura máxima registrada, acompañada de un incremento del uso de riego tecnificado aumenta la producción regional de mango en 0,04%; esto demuestra que ante un potencial problema de estrés por calor, es decir, producir cerca del umbral máximo pero acompañado de riego tecnificado aumenta la producción de largo plazo, pero si la temperatura de largo plazo tiende a estar cerca del óptimo y alejada de su valor crítico, entonces el uso de riego tecnificado reduce la producción de mango en la región.

Tabla 9

Resultados de largo plazo

Variable	Coficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
ltmax	0.06	0.04	1.50	0.15
ltmin	0.22	0.04	5.14	0.00
lpluv	0.53	0.16	3.26	0.00
lfert	0.58	0.33	1.74	0.09
linsect	-0.70	0.10	-7.24	0.00
lharroz	0.35	0.19	1.90	0.07
tec	0.38	0.48	0.78	0.44
tec*ltmin	-0.08	0.02	-4.14	0.00
tec*ltmax	0.04	0.02	1.90	0.07
tec*lpluv	0.05	0.07	0.81	0.43

Fuente. Resultados en Eviews

























$$lqm_t = -0,06ltmax_t - 0,22ltmin_t - 0,53lpluv_t - 0,58lfert_t + 0,70linsect_t - 0,35lharroz_t - 0,38tec_t + 0,08tec * ltmin_t - 0,04tec * ltmax_t - 0,05tec * lpluv_t \quad (17)$$

Finalmente, el modelo estimado cumple con el supuesto de no autocorrelación, pues como se muestra en la tabla 9 las probabilidades del estadístico Q de Ljung-Box supera los niveles de significancia de 1, 5 y 10%, lo que denota aceptación de la hipótesis nula de no autocorrelación en los 12 rezagos del correlograma, además, las barras no superan las bandas de confianza.

Sumado a ello, el modelo cumple con la condición de normalidad, pues estadístico Jarque-Bera tiene un valor de 0,18 el cual es menor al valor crítico al 5%, sumado a ello, su probabilidad es de 91,33%, la misma que supera los niveles de significancia de 1, 5 y 10%, denotando aceptación de la hipótesis nula de normalidad. Además, el modelo cumple con el supuesto de homocedasticidad, dado que la prueba de Prueba de Breusch-Pagan-Godfrey arroja probabilidades F y Chi-cuadrada de 87,68% y 71,23%, respectivamente, lo que permite aceptar la hipótesis nula de homocedasticidad.

Tabla 10

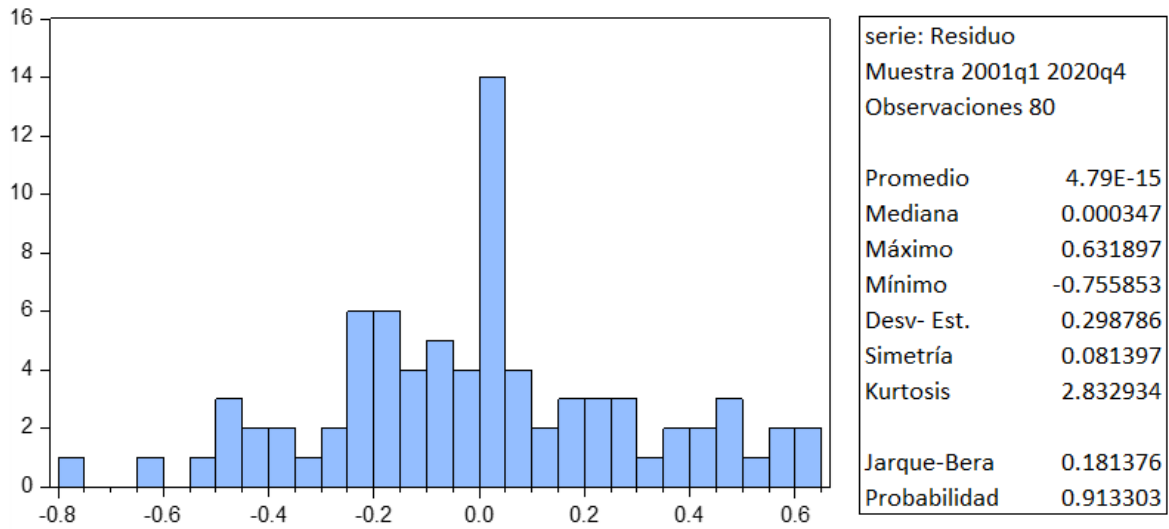
Correlograma de los residuos

Autocorrelación	Autocorrelación parcial		AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1	0.02	0.02	0.05	0.83
		2	-0.04	-0.04	0.21	0.90
		3	0.02	0.02	0.23	0.97
		4	0.06	0.05	0.49	0.97
		5	-0.15	-0.15	2.33	0.80
		6	-0.03	-0.02	2.41	0.88
		7	-0.05	-0.06	2.59	0.92
		8	-0.24	-0.25	7.94	0.44
		9	0.03	0.05	7.99	0.54
		10	-0.05	-0.10	8.23	0.61
		11	0.02	0.03	8.28	0.69
		12	-0.05	-0.05	8.55	0.74

Fuente. Resultados en Eviews

Figura 6

Histograma de los residuos



Fuente. Resultados en Eviews

Tabla 11

Prueba de heterocedasticidad

Prueba de Breusch-Pagan-Godfrey			
F	0.685929	Prob. F(54,25)	0.8768
Obs*R2	47.76282	Prob. Chi2(54)	0.7123

Fuente. Resultados en Eviews

IV. DISCUSIÓN

Respecto a los resultados de la estimación del modelo se tiene en el largo plazo que, hay una relación inversa entre la producción de mango y la diferencia entre el valor crítico máximo y la temperatura máxima y las precipitaciones registradas con un efecto de -0,22 y -0,53%; no obstante, el uso de riego tecnificado no tiene un efecto significativo directo, pero ayuda a reducir el efecto de un incremento de la temperatura máxima y mínima, teniendo como resultado un incremento de la producción en 0,08 y 0,04%, ante un eventual incremento de la temperatura mínima y máxima acompañado de un incremento del uso de riego tecnificado. Sumado a ello, en el corto plazo se tiene que, un aumento del uso de riego tecnificado incrementa la producción de mango en 0.71%; asimismo, ayuda a reducir el efecto de un incremento de la temperatura mínima muy por encima de su valor crítico mínimo en el periodo anterior, y dos y tres periodos rezagados; mientras que reduce el efecto del incremento de la temperatura máxima en el periodo anterior.

Respecto a lo encontrado por Van Passel et al., (2017) quienes refieren que por cada centígrado que aumente la temperatura las granjas del sur de Europa experimentarán pérdidas de 5 al 9%; esto coincide con la presente dado que un aumento de la temperatura mínima muy por encima de su valor crítico mínimo reduce la producción de largo plazo de mango piurano, afectando la rentabilidad de los agricultores de la región.

Sumado a ello, en cuanto a lo reportado por Birthal y Hazrana (2019) quienes refieren que el déficit de lluvias y el estrés por calor afectan la productividad agrícola en la India, y que su efecto se incrementa con la severidad del fenómeno; además, encontraron que la diversificación de cultivos mitiga los choques climáticos, sobre todo choques severos de largo plazo; estos resultados corroboran lo encontrado en la presente, puesto que en el largo plazo un incremento de la temperatura mínima por encima de su valor crítico mínimo reduce la producción de mango piurano, mientras que un aumento de la diferencia entre el nivel de precipitaciones máximo y el observado también reduce esta producción, pues no se asegura el abastecimiento del recurso hídrico; sin embargo, el uso de riego tecnificado es una medida que se muestra eficiente para paliar los efectos adversos del cambio climático en la región.

Sumado a ello, concuerda con lo reportado por Asare-Nuamah et al., (2022) quienes señalan que la implementación de tecnologías como el uso de riego tecnificado en la producción de mango en el municipio de Yilo Krobo en Ghana, es un resultado de una medida de adaptación al cambio climático, misma que permite reducir el efecto del incremento de las temperaturas, disminución de las precipitaciones y sequías frecuentes.

Además, estos resultados corroboran lo encontrado por Feldman et al., (2020), quien encontró que el nivel de precipitaciones, temperatura máxima y mínima incide significativamente en la producción agrícola de 14 países del Caribe. Asimismo, se corrobora lo expuesto por Quispe (2021), Villegas et al., (2020), Carrasco (2016) y Clemente y Dipas (2016), quienes a pesar de que utilizaron otra metodología para la estimación del efecto del cambio climático en otros productos y regiones, determinaron que las variables climáticas, tanto temperatura máxima y mínima como nivel de precipitaciones, son determinantes de la producción de diversos cultivos; sin embargo, dichos efectos dependen de los requerimientos propios de cada uno.

Sumado a ello, se tiene que guardar relación con lo reportado por Matta (2016), quien refiere que las variables climáticas antes mencionadas determinan el nivel de producción de mango en Lambayeque – Perú, donde variaciones en la temperatura tiene un efecto económico negativo, mientras que cambios en el nivel de precipitaciones aumenta la rentabilidad de los productores de mango de dicha región.

.

V. CONCLUSIONES

Dados los objetivos de la investigación se tiene como conclusiones que, en el largo plazo la temperatura máxima no incide significativamente en la producción de mango en la región; sin embargo, un aumento de la temperatura mínima muy por encima de su valor crítico mínimo reduce la producción de mango en 0,22%; mientras que si las precipitaciones pluviales se encuentran muy por debajo de su valor crítico máximo, la producción se verá mermada en 0,53%, puesto que pone en riesgo la disponibilidad de agua para los cultivos. Sumado a ello, se tiene que el uso de riego tecnificado (porcentaje de agricultores) no incide significativamente en esta producción de largo plazo; pero ayuda a reducir significativamente los efectos adversos de un incremento de la temperatura mínima y máxima puesto que, si se dan estos fenómenos junto con un incremento del uso de riego tecnificado, se tiene como resultado un incremento de la producción en 0,08 y 0,04%, correspondientemente. Además, el uso de insecticidas favorece la producción de mango en el largo plazo, puesto que un incremento de 1% aumenta esta producción en 0,70%; empero, un aumento de las has de arroz cosechadas la reduce en 0,35%, dado que el arroz es un cultivo que requiere de un gran suministro de agua en su proceso productivo, lo que reduce la disponibilidad del recurso para el desarrollo de los demás cultivos.

En el corto plazo, se tiene que la producción de mango en Piura guarda una relación directa con la producción del periodo anterior, dos y tres periodos antes de la cosecha de 0,78%, 0,38% y 0,08%, respectivamente. Sumado a ello, los efectos dinámicos de la temperatura máxima, mínima y nivel de precipitaciones depende de los requerimientos del cultivo en cada una de sus etapas, mostrando significancia y relación con lo expuesto en la presentación de la presente investigación. Sin embargo, el uso de riego tecnificado en el corto plazo, a diferencia del largo plazo, tiene un efecto positivo en la producción de mango piurano (0,71%), y al igual que en el largo plazo ayuda a reducir los efectos del cambio climático en cada una de las etapas del cultivo, tanto las relacionadas con la temperatura máxima (0,04% en el periodo anterior) y mínima (0,05%, 0,14% y 0,09%, uno, dos y tres periodos rezagados, respectivamente), como con el nivel de precipitaciones (0,21% en el periodo anterior). Sumado a ello, un incremento de las has cosechadas de arroz en el periodo anterior y dos y tres trimestres antes de la cosecha, reducen la producción de mango en la región 0,60%,

0,90% y 0,71%, puesto que pone en riesgo la disponibilidad de agua para el resto de los cultivos como el mango.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los agricultores y a las autoridades encargadas del sector a propiciar el uso de riego tecnificado en la región, dado que es una medida que ayuda a reducir el efecto del cambio climático en la producción de mango, asimismo, hace más eficiente el uso de agua el cual se vuelve escaso en ciertas temporadas en la región por la presencia de sequías, lo que limita el desarrollo potencial de la agricultura piurana. Además, se recomienda evaluar la rentabilidad de cada uno de los sistemas de producción, así como en cada uno de los cultivos, ya que, como en el caso del arroz, su expansión implica limitar el desarrollo de otros cultivos, dado su gran requerimiento de agua para cada fase del cultivo.

En tal sentido, se recomienda implementar medidas de mitigación de los efectos del cambio climático como el uso de riego tecnificado, pero a su vez, diversificar la producción agrícola para paliar los efectos adversos del cambio climático, con cultivos que se adapten a las nuevas condiciones, y, sobre todo, que sean eficientes en cuanto al uso de los recursos disponibles.

Se recomienda además eliminar por parte de los productores el uso de prácticas tradicionales como quema de árboles ya que afecta al suelo, mejoramiento en las técnicas de cultivo; así como también, realizar constantes capacitaciones y monitoreo tanto a los productores como a las diversas empresas dedicadas a la producción y procesamiento de derivados del mango a fin de que estos tengan conocimiento de los factores que en la actualidad se necesitan atender como son los efectos climáticos y sus consecuencias en los niveles de producción del mango.

Apoyarse de las ventajas fiscales como la Ley N°27360, en la que se favorece e incentiva a la agricultura a través de reducción de impuestos, apoyo de parte del Estado para ofrecer mejores condiciones en infraestructura hidráulica e irrigación, construcción de puertos, aeropuertos, beneficios para la exportación (drawback), beneficio y formalización para la mano de obra ya sea para la asociatividad o para la actividad industrial mejorando condiciones laborales, incentivos y cumplimiento de beneficios laborales aplicables al régimen laboral agrario, libertad de competencia y fomento para impulsar la actividad agraria.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, C., Saavedra, Y., Gonzales, J., Gálvez, D., Palacios, C., Aldana, W., & Moncada, W. (2021a). Spatial-temporal agricultural production of Citrus x limonand Mangifera indica, using spectral signatures and satellite images. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 557–570. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.060>
- Aldana, C., Saavedra, Y., Gonzales, J., Gálvez, D., Palacios, C., Aldana, W., & Moncada, W. (2021b). Spatial-temporal agricultural production of Citrus x limonand Mangifera indica, using spectral signatures and satellite images. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 557–570. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.060>
- Asare-Nuamah, P., Antwi-Agyei, P., Dick-Sagoe, C., & Adeosun, O. T. (2022). Climate change perception and the adoption of innovation among mango plantation farmers in the Yilo Krobo municipality, Ghana. *Environmental Development*, 44, 100761. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100761>
- Birthal, P. S., & Hazrana, J. (2019). Crop diversification and resilience of agriculture to climatic shocks: Evidence from India. *Agricultural Systems*, 173, 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.005>
- Carrasco, F. (2016, July). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 – 2014*. <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v7n2/a04v7n2.pdf>
- Cartagena, M., & Vergara, O. (2016). *Cambio climático y su incidencia en la producción del sector agrícola en el cantón Durán : caso arroz y cacao 2008-2016*. [Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6814>
- Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales. (2021). *Reporte de exportaciones diciembre 2021*. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2021/02/CIEN_REX_Diciembre_2021-1.pdf
- Chavez, A. (2021). *Volatilidad sectorial en la bolsa de valores de Lima: Estructura Garch, 2015-2020* [Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13206/UPchmeaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Clemente, J., & Dipas, E. (2016). *Efectos del cambio climático sobre la tasa de crecimiento de la producción de papa en el valle del Mantaro: 2000 - 2014* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3312/Clemente%20Ricse-dipas%20Medrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Concejo Nacional de Ciencia, T. e I. (2018). *Método de investigación aplicada*. https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

de la Cruz, P. (2020). *Hipotético deductivismo en la explicación de las ciencias sociales*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7762149.pdf>

Farías, N. (2018). *Producción y comercialización de mango en almíbar en el centro poblado de Malingas – Tambogrande en el periodo 2012 - 2015* [Universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/4056/Tesis_Producci%C3%B3n_Comercializaci%C3%B3n_Mango.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, J. (2019). *La temperatura*. Física Lab. <https://www.fisicalab.com/apartado/temperatura>

Hernández, R., Mendoza, C., Hernández, M., & Romo, F. (2018). Metodología de investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta. In Mc Graw Hill Education (Ed.), *Metodología de investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65000949/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668619467&Signature=bEXUxM0DHAuGC2bVv6qWtNusuf-JewSdLMZF253xZuMMGpiv7foqadvN3xrBkaVzCPGLjwNyuCNCK9TU6bN0Z76pgj6EHIo63B86GIz4PY4fnnjZO5JHbXKqMSYGIKhtk~MsaCL7scdFm1EMrbTB6qjr2I4foDPgy9HHX~5Wnc-bkyC2cDkekWUEsa5sH6k5CTLsKg51Zxld5MCvTc1PvcP-4STi4KPCzA06vME2pu3Twimylpw55TxSqvAosrnniNTQ7Z~i1~6bqdxuqHsItf2AM

4qeKpEOWZ9FfmClwRK~xQNZTtprKBLg--5ZnzWRPgLiXFi-HM-
2RMTFMDQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Instituto de Estadística de Andalucía. (2019, March). *La producción*.
http://www.geografia.us.es/web/contenidos/becarios/materiales/archivos/Transparencias_Tema_4.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Informe técnico de producción nacional diciembre 2020*. https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2020.pdf

López-Feldman, A., Torres, J., & Kerrigan, G. (2020). Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe. *Organización de Las Naciones Unidas*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44280/1/S1800988_es.pdf

Loyola, R., & Orihuela, C. (2017). *El costo económico del cambio climático en la agricultura peruana: El caso de la región Piura y Lambayeque* [Universidad Nacional Agraria La Molina].
https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/el_costo_economico_del_cambio_climatico_en_la_agricultura_peruana.pdf

Manrique, R. (2020, May 15). *La gran expansión del consumo de mango*. Redagricola.
[https://www.redagricola.com/pe/la-gran-expansion-del-consumo-de-mango/#:~:text=PRINCIPALES%20PRODUCTORES%20Y%20EXPORTADORES&text=Le%20siguen%2C%20de%20lejos%2C%20China,y%20Ecuador%20\(82%2C00%20toneladas\)](https://www.redagricola.com/pe/la-gran-expansion-del-consumo-de-mango/#:~:text=PRINCIPALES%20PRODUCTORES%20Y%20EXPORTADORES&text=Le%20siguen%2C%20de%20lejos%2C%20China,y%20Ecuador%20(82%2C00%20toneladas))

Massetti, E., & Mendelsohn, R. (2011). ESTIMATING RICARDIAN MODELS WITH PANEL DATA. *Climate Change Economics*, 02(04), 301–319.
<https://doi.org/10.1142/S2010007811000322>

Massetti, E., & Mendelsohn, R. (2020). 3. Measuring climate adaptation: methods and evidence. *Green Metamorphoses: Agriculture, Food, Ecology*, 65–82.
https://doi.org/10.3920/978-90-8686-898-8_3

- Matta, C. (2016). *Análisis económico del cambio climático en los principales cultivos de la región Lambayeque* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2112/1/TL_MattaVasquezCinthya.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Plan Nacional de cultivos, Campaña Agrícola 2019-2020*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- Ministerio de agricultura y Riego. (2020). Sistematización de la experiencia de los subproyectos del cultivo de mango financiados por el programa nacional de innovación agraria. *Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1402114/Sistematizaci%C3%B3n%20Mango_WEB.pdf.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2018, September). Boletín Agroclimático Mensual. *Senamhi*.
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03503SENA-43.pdf>
- Mora, J., Gamboa, J., & Elizondo, R. (2002). Guía para el cultivo del mango. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria*.
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-8004.pdf>
- Moreira, D., & Castro, C. (2016). *Adaptación del cultivo de mango al cambio climático en una finca ubicada en el Pacífico norte de Costa Rica*.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3020/BVE17068938e.pdf?sequence=1>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (2020). Compendio estadístico sobre las principales frutas tropicales 2019. *Roma*.
<https://www.fao.org/3/cb0717es/CB0717ES.pdf>
- Plataforma del Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. (2021). *Peru: calendario de cosecha de mango (%)*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego Del Perú.
<https://siea.midagri.gob.pe/portal/calendario/>
- Quispe, W. (2021). *Efecto del cambio climático sobre la producción de café orgánico en los valles de Sandía: Periodo 1968-2016* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15176/Quispe_Ca%C3%B1aca_Willy.pdf?sequence=3
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (2020, November 2). *Piura: MINAGRI y productores integran acciones en campaña de exportación de mango 2020-2021*.
<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/piura-minagri-y-productores-integran-acciones-en-campana-de-exportacion-de-mango-2020-2021/>

- Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones. (2020). *Producción de mango en toneladas*. Producción de Mango. <https://systems.inei.gob.pe/SIRTOD/app/consulta>
- van Passel, S., Massetti, E., & Mendelsohn, R. (2017). A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on European Agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 67(4), 725–760. <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0001-y>
- Venkateswaran, K., MacClune, k., & Enríquez, M. (2017, September). El Niño Costero: Las inundaciones de 2017 en el Perú. *Institute for Social and Environmental Transition-International*. <http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/2594/4/Libro-PERC-nino-costero.pdf>
- Villegas, M., Hidalgo, R., y Villegas, G. (2020). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de dos cultivos agrícolas en Piura, Perú 1973-2018* [Universidad Nacional de Frontera]. <https://www.uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/392/703>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, hace constar por la presente, que el Informe de Tesis titulado: **"Volatilidad climática como determinante de la producción de mango de Piura periodo 2000-2020"**, cuyo(s) autor(es) es (son): Walter Javier Arambulo Zapata y Gladys María Brocos Izquierdo, con asesor el (la) docente: Dr. Freddy Carrasco Choque. CUMPLE con los requisitos exigidos por el Reglamento para el Otorgamiento del Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Nacional de Frontera.

Habiendo sido sometido a mecanismos de control antiplagio mediante el Software Turnitin, presentando un grado de similitud del 11%. Se adjunta reporte del software.

Se emite la presente, para los fines correspondientes.

Sullana, 16 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y AMBIENTALES


Mg. MARIO VILLEGAS YARLEQUE
Coordinador(e)

007-2023-CO-FCEA