

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

ESCUELA DE ECONOMÍA



**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS
PRINCIPALES CULTIVOS DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE
ECONOMISTA**

AUTOR

CINTHYA ELIZABETH MATTA VÁSQUEZ

ASESOR

Mgtr. CARLOS ALBERTO LEÓN DE LA CRUZ

Chiclayo, 2016

DEDICATORIA

A Dios, por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría que todo es posible.

A mis padres y hermano quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil y a Luis Fernando por su amor incondicional y motivación.

A mis abuelos, por el soporte y amor brindado siempre.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme todo, a mis
Padres por enseñarme el valor
del esfuerzo y dedicación, a mi
hermano, por su apoyo
siempre

A mi novio Luis Fernando por
su motivación y gran apoyo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca analizar la influencia que tienen las variables climáticas como temperatura y precipitación en la agricultura de la región Lambayeque. Tiene por objetivo cuantificar el impacto económico del cambio climático en los principales cultivos agrícolas de la región Lambayeque a partir de una función de producción, relacionando el rendimiento de cada cultivo en función de las variables climáticas; temperatura y precipitación pluvial. Utilizando información anual desde 1950 a 2013 proporcionada por el Ministerio de Agricultura, y el Senhami sobre los rendimientos (kg/ha.) de los cultivos de mango, limón, azúcar y arroz se aplicó un modelo explicativo para cada uno de los cultivos. Los resultados nos indican que los rendimientos de los cultivos estudiados son explicados por las variables climáticas en un 18% para el mango, 18% para el limón, 42% para el azúcar y 30% para el arroz. El efecto económico por cambios en la temperatura es negativo en el cultivo de mango y en el limón y positivo en el cultivo de caña de azúcar y de arroz. Mientras que los efectos económicos por cambios en la pluviosidad son positivos en el mango y el arroz y negativos en el limón y el azúcar. Se concluye que los efectos económicos por cambios en la temperatura son más fuertes que por las lluvias.

Palabras claves: Cambio climático, precipitaciones, temperatura, rendimiento, Lambayeque.

Clasificaciones JEL: Agricultura (Q1), General (Q10)

ABSTRACT

This research aims to analyze the influence of climate variables such as temperature and precipitation on agriculture in the Lambayeque región. Its objective is to quantify the economic impact of climate change on the main agricultural crops of the Lambayeque region from a production function, relating the yield of each crop according to climatic variables; Temperature and rainfall. Using annual information from 1950 to 2013 provided by the Ministry of Agriculture and Senhami on the yields (kg / ha) of mango, lemon, sugar and rice crops, an explanatory model was applied for each of the crops. The results indicate that the yields of the studied crops are explained by the climatic variables in 18% for the mango, 18% for the lemon, 42% for the sugar and 30% for the rice. The economic effect due to changes in temperature is negative in mango and lemon cultivation and positive in the cultivation of sugar cane and rice. While the economic effects of changes in rainfall are positive in mango and rice and negative in lemon and sugar. It is concluded that the economic effects due to changes in temperature are stronger than by the rains.

Keywords: Climate change, precipitation, temperature, yield, Lambayeque

classifications JEL: Agricultura (Q1), General (Q10)

ÍNDICE

Dedicatoria
Agradecimiento
Resumen
Abstract

I.	INTRODUCCIÓN	10
II.	MARCO TEÓRICO	13
	2.1 Antecedentes.....	13
	2.2 Bases teórico- Científicas	16
III.	METODOLOGÍA	24
	3.1. Tipo y nivel de investigación	24
	3.2. Diseño de investigación	24
	3.3. Población, muestra de estudio y muestreo.....	24
	3.4. Operacionalización de variables.....	24
	3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
	3.6. Procedimientos	25
	3.7. Plan de procedimiento y análisis de datos.....	26
	3.8. Matriz de consistencia	28
	3.9. Consideraciones éticas	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
	4.1 Análisis del cultivo de mango.....	30
	4.1.1 Rendimiento del cultivo de mango (Kg/ha.)	30
	4.1.2 Precio en chacra del mango (soles/kilogramo).....	31
	4.1.3 Estimación para el cultivo del mango.....	31
	4.1.4 Impacto económico del cambio climático en el cultivo de mango.....	32

4.1.5 Pronostico del rendimiento (kg/ha.) del mango para el periodo 2014-2030	33
4.2 Análisis del cultivo del limón	34
4.2.1 Rendimiento de cultivo del limón (kg/ha.).....	34
4.2.2 Precio en chacra del limón (soles/kg.).....	34
4.2.3 Estimación para el cultivo del Limón.....	35
4.2.4 Impacto económico del cambio climático en el cultivo de limón	36
4.2.5 Pronostico del rendimiento (kg/ha.) cultivo del limón para el 2014-2030	37
4.3 Análisis del cultivo del azúcar	38
4.3.1 Rendimiento del azúcar (kg/ha.).....	38
4.3.2 Estimación para el cultivo de la caña de azúcar	38
4.3.3 Impacto económico del cambio climático en el cultivo de azúcar	39
4.3.4 Pronostico del rendimiento (kg/ha.) del azúcar para el 2014-2030	40
4.4 Análisis del cultivo del arroz	41
4.4.1. Rendimiento del cultivo del arroz (kg/ha.).....	41
4.4.2 Precio en chacra del cultivo del arroz.....	41
4.4.3 Estimación para el cultivo del arroz	42
4.4.4 Impacto económico del cambio climático en el cultivo de arroz.....	43
4.4.5 Pronostico del rendimiento (kg/ha.) del arroz para el 2014-2030	44
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. LISTA DE REFERENCIAS.....	47
VIII. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resúmen técnico del mango.....	26
Tabla 2. Resúmen técnico del limón.....	27
Tabla 3. Primera regresión para el mango.....	32
Tabla 4. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de mango	32
Tabla 5. Primera regresión para el limón	36
Tabla 6. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de limón.....	36
Tabla 7. Primera regresión para el azúcar.....	39
Tabla 8. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de azúcar	39
Tabla 9. Regresión para el cultivo de arroz	42
Tabla 10. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de arroz	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de mango (kg/ha.) entre 1965-2013.....	30
Figura 2. Lambayeque: Precio en chacra promedio anual del cultivo de mango (Soles/kg.) entre 1991-2013	31
Figura 3. Impacto económico de cambio climático en el mango	33
Figura 4. Lambayeque: proyección anual del rendimiento del cultivo de mango (kg/ha.) para 2014-2030	33
Figura 5. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de limón (kg/ha.) entre 1962-2013.....	34
Figura 6. Lambayeque: precio en chacra promedio anual del cultivo de limón (soles/kg.) entre 1991-2013	35
Figura 7. Impacto económico del cambio climático en el limón.....	37
Figura 8. Lambayeque: proyección rendimiento del cultivo de limón para 2014 - 2030.....	37
Figura 9. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de azúcar (kg/ha.) entre 1962-2013.....	38
Figura 10. Impacto económico del cambio climático en el azúcar	40
Figura 11. Lambayeque: pronóstico del rendimiento de azúcar para 2014-2030	40
Figura 12. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de arroz (kg/ha.) entre 1962-2013.....	41
Figura 13. Lambayeque: precio del arroz (kg/ha.) entre 1991-2013.....	41
Figura 14. Impacto económico del cambio climático en el arroz	43
Figura 15. Pronóstico del rendimiento del arroz para 2014-2030.....	44

I. INTRODUCCIÓN

Los graves problemas ambientales observados a fines del siglo XX demostraron que es necesario profundizar los conocimientos respecto de los impactos del cambio climático e iniciar un análisis integrado de las posibles consecuencias del calentamiento global, desarrollando alternativas para hacer frente a sus efectos ambientales y socio-económicos (Torres, 2010).

Sabemos que el cambio climático puede generar graves consecuencias a la humanidad y se tornará peligroso si el aumento de la temperatura es superior en dos grados (Dossier regional, 2010). El 2005, la temperatura ya había aumentado en 0.7 grados, y es indudable que, si no modificamos nuestra forma de vida, superaremos este límite (Soto, 2008).

Una de las actividades directamente afectadas por el cambio climático es la agricultura, ya que los cultivos son sensibles a las condiciones climáticas, principalmente a las variaciones en las temperaturas y las precipitaciones, las cuales son manifestaciones principales del cambio climático. Estos efectos en la agricultura no serán homogéneos en todas las regiones del planeta, mientras que en las regiones montañosas y del ártico aumentará la cantidad de tierra cultivable, en las regiones tropicales decrecerá la productividad agrícola ante una reducción de la humedad del suelo (Ramírez D. y otros, 2010).

El Perú es uno de los países más expuestos a los impactos negativos del cambio climático, por ejemplo, el área cubierta por glaciares se ha reducido un 22% en los últimos 25 años (CONAM, 2012). Adicionalmente se observa que en nuestro país hay muy pocos estudios al respecto de los impactos del cambio climático y cómo mitigarlos; por lo que es necesario realizar investigación sobre este tema, y poder generar información relevante a fin de dar soluciones a problemas como la disminución de producción de distintos productos agrícolas.

Lambayeque sufrirá las consecuencias del cambio climático debido a su ubicación geográfica cerca de la línea ecuatorial (al sur), y las temperaturas de estas regiones que en promedio ya son más elevadas que en muchas partes del mundo (Vargas, 2009). La actividad agrícola se volvería insostenible con temperaturas mayores a las actuales, lo que afectaría las plantaciones, creando problemas en los cultivos (Vela, 2011).

En la región destaca la producción agrícola, los principales y más importantes productos en la región Lambayeque son caña de azúcar, limón, mango y arroz. La caña de azúcar representa un grado de participación respecto a la producción nacional del 27.8%, el limón un 20.1%, el mango 15.5% y el arroz 10.58% (BCRP, 2012). La región produce más de un cuarto del volumen de producción de caña de azúcar a nivel nacional, la cual también ha comenzado a servir como insumo en la industria de biocombustibles, con un valor bruto de producción agrícola (VBP) de 39% (BCRP, 2012).

El objetivo de este trabajo de investigación es cuantificar el impacto económico del cambio climático en los principales cultivos agrícolas de la región Lambayeque, buscando analizar la influencia de variables climáticas como la temperatura máxima y mínima, y la precipitación. Esto es analizar la relación entre las variables climáticas como temperatura (máxima y mínima) y precipitación y sus variaciones sobre los cultivos de caña de azúcar, limón, mango y arroz.

La posibilidad de analizar este impacto se convierte en un aspecto muy importante debido a que se considera necesario no sólo ir más allá del estudio del análisis y del diagnóstico de un posible problema, sino también consiste en desarrollar propuestas claras para mejorar la situación actual con respecto a los efectos del cambio climático para ayudar a proponer medidas de adaptación y mitigación.

Las variables climáticas pueden afectar de forma positiva o negativa a los cultivos agrícolas y relacionarlas con el rendimiento de los cultivos de caña de azúcar, limón, mango y arroz, esta información completa y necesaria, nos permitirá realizar el análisis de cada cultivo mencionado, para luego poder medir los impactos del cambio climático

en el rendimiento de cada cultivo, realizar pronósticos y proponer medidas que permitan mitigarlos.

Existen muchos estudios a nivel mundial que miden el impacto del cambio climático en la agricultura, situación que en nuestro país no se repite, puesto que hay pocos estudios que midan este impacto climático tanto a nivel regional como nacional. El análisis de este problema presenta ciertas dificultades, principalmente por la poca información a nivel regional, sin embargo, permite tener una visión técnica de la agricultura en relación al cambio climático y base para futuras investigaciones, dado el gran potencial agrícola del país y la región.

Esta investigación busca servir de base para futuras investigaciones relacionadas a políticas de adaptación al cambio climático, brindando información relevante a toda la región y proponer posibles soluciones a un problema que se tiende a agravar a nivel mundial.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Hoy en día son crecientes las investigaciones sobre el cambio climático en el mundo, esto debido a que es un tema que compete a todos, por lo que una de las consecuencias de éste cambio climático es observado en la salud principalmente y en la actividad económica, estudios como: Vargas (2009) y del convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, corroboran en sus distintas investigaciones que el cambio climático es atribuido directa e indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, afectando el clima y repercutiendo en la salud de las personas, manifestado por distintas enfermedades como tuberculosis, fiebre del valle, etc.

Las temperaturas nocturnas se han incrementado, desde 1950 se experimenta un crecimiento de aproximadamente 0,2°C por década, y en cuanto a las temperaturas mínimas, éstas han disminuido; es decir la variabilidad de las temperaturas se acentúa más, incluso se ha incrementado el número de días con heladas y la amplitud de las estaciones (Miichell, 2009).

No sólo son las elevadas temperaturas las que indican el cambio climático; también están los cambios en otras variables climáticas, como son las precipitaciones pluviales, sequías prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que en décadas anteriores. Esto es lo que se denomina anomalías climáticas, es decir están fuera del promedio. Las precipitaciones pluviales son más intensas porque el ciclo del agua ha variado, el nivel del mar ha aumentado, así como su salinidad ha disminuido, el aumento del vapor de agua se ha incrementado (documentado en gran parte de América del norte y en los trópicos por IPCC, 2001).

Al depender la agricultura de factores climáticos, es natural pensar que ésta se verá afectada por los efectos del cambio climático, debido a que la evaporación del agua de la superficie del terreno y la magnitud y frecuencia de lluvias e inundaciones, tornarán los suelos más secos y se perderán nutrientes. La base del análisis se sustenta en que la evaporación del suelo se acelera cuando las temperaturas aumentan y con ello aumenta la transpiración de las plantas, lo que ocasiona más humedad en sus hojas, produciendo un hongo en el cultivo de infertilidad para la producción de los frutos.

El impacto del cambio climático en la agricultura es complejo, niveles de concentración de dióxido de carbono tienen un impacto positivo, mientras que el aumento de la temperatura al principio es positivo en el rendimiento del cultivo, pero después de ciertos límites es negativo. Galindo (2009) y Jáuregui (2012), mencionan que las temperaturas más elevadas también proporcionan reproducción de algunos insectos, como la mosca blanca y las langostas, que causan enfermedades de plantas y afectan la producción de cultivos, elevando los costos de producción.

El Perú consta de muchos microclimas, conteniendo 84 zonas de vida de las 114 a nivel mundial y 28 tipos de clima, según estudios de E. Gil (2012) y W. Cline (2007), el impacto del cambio climático será heterogéneo dependiendo de la zona geográfica. Debido a la variabilidad de nuestro país, la agricultura es altamente vulnerable al cambio climático, la productividad podría retroceder entre el 10% al 20% en los próximos decenios, la escasez de agua afectará gravemente la agricultura, por la dependencia hídrica de los nevados, en acelerado retroceso. Estudios como de J. Cantos (2010) y J. Remigio (2009), manifiestan que 81% de la producción de los ocho principales cultivos alimenticios presenta vulnerabilidad muy crítica ante sequías, mostrando que en cada campaña se pierden más de 15,000 hectáreas de cultivos por efectos climáticos como sequías, heladas y exceso de lluvias (precipitaciones).

De acuerdo a lo anterior, el cambio climático en el Perú tendrá diversos efectos dependiendo de las zonas y climas existentes, lo que hará que las manifestaciones climáticas en unas regiones sean beneficiosas, incrementando las áreas de cultivo en las

regiones frías y en otras, como en el departamento de Lambayeque generaría impactos negativos por el incremento de la temperatura que actualmente está en niveles muy altos.

El Perú está entre los países más vulnerables a los efectos del cambio climático por su ubicación en la región tropical y porque está expuesto a mayor radiación solar. En el Perú la zona andina es la más vulnerable por su rápida variación altitudinal, mayor gradiente térmico y mayor exposición a los eventos climáticos externos. Según los pronósticos de clima al año 2099 propuestos por W. Cline (2007) y P. Vargas (2009), las variaciones de la temperatura promedio en el Perú superarán los 3°C, y esta no será compensada por las precipitaciones pluviales (0.22 mm por día), puesto que las plantas requieren más agua para sustituir la humedad perdida a causa de la mayor temperatura del ambiente por la evapotranspiración de las plantas.

Lambayeque, es una de las regiones más vulnerables a la variabilidad climática, por dos razones, la primera es su situación geográfica, muy cerca al Ecuador, con un clima tropical, haciendo que los aumentos de las temperaturas pasen el límite de requerimiento de plantas y animales. La segunda razón es que se encuentra en el litoral costero. Según el informe del departamento turístico de Lambayeque (2011) periódicamente, cada siete, 10, 15, años se presentan temperaturas elevadas, con lluvias regulares y aumento extremado del agua de los ríos.

Los principales cultivos agrícolas de la región son susceptibles a este cambio climático, como por ejemplo el mango, el cual es vulnerable ante sequías y lluvias intensas, es decir es muy susceptible a las temperaturas frías. Las temperaturas normales son en invierno ligeramente frío (temperatura mínima de 10°C); en primavera ligeramente cálida (temperatura mínima superior a 15°C); en verano y otoño cálidos, en general con ligeras variaciones de temperatura entre el día y la noche, trayendo como consecuencia que por las variaciones en la temperatura ocasionadas por el cambio climático las plagas y enfermedades más comunes afectarán al mango como son los hongos que afectan tanto a la raíz, tallo, hojas y fruto, generando lesiones.

Entre otros cultivos sensibles a las consecuencias de lluvias intensas (enfermedades, plagas, anegamiento), también se considera al limón, siendo la especie de los cítricos más sensible al frío, ya que es la planta más tropical y presenta floración casi continua. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un importante papel en la floración, siendo también muy sensible a la salinidad. El arroz y la caña de azúcar también presentan una muy alta probabilidad de sufrir estrés por calor y por sequías. Vargas (2009)

2.2. Bases teórico - Científicas

Para establecer una función de producción que muestre el rendimiento de cada cultivo mencionado, es necesario indagar modelos de producción agrícola, donde encontramos al pionero Adam Smith (1776) junto con la formalización matemática de Aldeman (1978), donde consideran que la función de producción depende no sólo de los factores productivos, sino además de los recursos naturales y de las instituciones que intervienen en el sistema económico, donde además se toman en cuenta el capital y el trabajo.

$$Y = f(K, L, N, U)$$

Donde:

K= capital

L= trabajo

N= recursos naturales

U=instituciones que intervienen en el sistema económico

Los modelos de producción agrícola se fundamentan en la función de producción clásica, resaltando los recursos propios que interviene en él, incluyendo, en la medida de la información disponible, mano de obra, capital, semilla, fertilizantes y otros insumos; además incorpora el clima y la cuota de agua de riego. Un modelo de producción agrícola es aquel que comprende una serie de características bien definidas para su aplicación.

En los últimos años la preocupación por incorporar las variables edáficas y climáticas va en aumento por los crecientes problemas ambientales, que hacen que los cambios en estas variables sean muy considerados e importantes y al parecer el avance tecnológico no compensará estos cambios para reducir las pérdidas económicas. Es así que se cuentan con diversos modelos de producción agraria, propiamente dichos, que datan de hace muy poco tiempo donde cada economía desarrollada toma en cuenta todas las necesidades que requiere en la producción de un bien agrícola (Torres, 2010).

La iniciativa de incorporar otros factores en los modelos de producción agrícola, propios de la agricultura, se dio en los estudios del departamento de agricultura de EEUU (USDA), el pionero en evaluar el estado del suelo y el agua (Torres, 2010).

También se diseñaron los modelos CROPGRO que ven las diferencias en capacidad genética entre cultivos, explican el desarrollo, crecimiento y rendimiento como respuesta fisiológica a los factores combinados del ambiente y su manejo (Torres, 2010). Todos estos modelos son de simulación para diferentes tipos de suelo y manejo de riego, permitiendo evaluar las respuestas de los cambios en los parámetros de rendimiento de los cultivos, es decir cómo puede afectar el rendimiento de cultivos si es que hay variaciones en el tipo de suelo.

Además de los modelos explicados, que son netamente agro-económicos de simulación, están los que atañen propiamente a una investigación con visión económica para estimar efectos del cambio climático, estos son clasificados por Ramirez D. y otros (2010) en dos enfoques, el enfoque estructural y el enfoque espacial.

Enfoque estructural: El modelo que se especifica, parte de la función de producción, que relaciona la cantidad producida con los diferentes factores requeridos, trabajo, tierra, capital, semillas, agua de riego, fertilizantes y factores climáticos. En términos formales Ramirez (2010), expresa:

$$Q_t = f(m_t, x_t, z_t)$$

Donde:

m : es la variable característica del agricultor, incluido capital humano

x = son factores como capital, trabajo, insumos

z = son variables climáticas, temperatura, lluvia; el subíndice

t = es el tiempo o periodo considerado.

De lo anterior, la función de beneficios del agricultor se expresa para n cultivos:

$$\pi_t = \sum_{j=1}^n (p_{jt} \cdot Q_{jt}(m_t, x_t, z_t) - w_{jt} \cdot x_{jt}); \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ cultivos}$$

Donde:

p_{jt} : se refiere al precio de cada cultivo j para el período t .

w_t : es el precio de cada insumo del producto j .

$w_{jt} \cdot x_{jt}$: Costos de producción.

Este enfoque de función de producción agrícola descrito, permite analizar los requerimientos de cada cultivo, incluyendo las variables climáticas, especificado de forma genérica como:

$$cultivo_{it} = f(m_{it}, x_{it}, z_{it}); \quad i = 1, \dots, Ncultivos_t = 1..T$$

Así el modelo sirve para analizar un cultivo específico a través del tiempo.

Si se quiere determinar la utilización óptima de los factores de producción que maximicen los ingresos de los agricultores, esta satisface la condición:

$$p_j \frac{\partial Q}{\partial x_t} = w; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Este enfoque de función de producción agrícola descrito, permite analizar los requerimientos de cada cultivo, incluyendo las variables climáticas.

Es necesario considerar que son funciones de producción agrícola, en principio funciones cuadráticas u otras formas exponenciales como señala Sebastian y Rodriguez (1978) que al considerar sólo las variables climáticas, su forma funcional cuadrática se podría expresar como:

$$Q_{it} = A + \alpha_1 Temp_{it} + \alpha_2 Temp^2_{it} + \alpha_3 lluv_{it} + \alpha_4 lluv^2_{it}$$

Donde A representa la variabilidad del clima. La ventaja de estos modelos es que se obtienen respuestas biológicas, físicas, y económicas en el rendimiento del cultivo, utilizando en sus estimaciones variables seleccionadas en el tiempo, las que captan la variabilidad en las temperaturas y precipitaciones. También permite identificar los umbrales de variables climáticas de máximos y mínimos como la precipitación y la temperatura. Su principal desventaja es que no recoge las respuestas de los agricultores ante cambios desfavorables. Otra desventaja que podemos agregar en base a la apreciación de Mendelsohn y Neumann (1999), es que en países en desarrollo la información no es suficiente ni confiable para que permita realizar una buena estimación.

Enfoque espacial: este enfoque es más popular y se basa en la estimación de los efectos de los cambios climáticos en la agricultura recogiendo como variable endógena el valor de la tierra en función de las variables determinantes de la función de producción agrícola mencionadas en el enfoque anterior. Estos son los denominados modelos Ricardianos, modelos de Equilibrio General Computable, modelos de sistemas de información geográfica y otros.

Los modelos básicos de aproximación, son de corte transversal y tratan de explicar cómo el cambio climático afecta el valor de las tierras agrícolas (Mendelsohn, 1994; Mendelsohn y Nordhaus, 1996; Mendelsohn y Neumann, 1999). Este modelo fue designado así por los estudios de David Ricardo que relacionan el valor de la tierra en función del ingreso neto. En consecuencia, el ingreso neto refleja el valor presente y futuro de la productividad neta:

$$V = PLE e_t^{\theta} = f \left[\sum PQ(X, F, Z, G) - R_x \right] e_t^{\theta}$$

Donde:

V= Es la productividad de la explotación agrícola

PLE= ingreso neto por hectárea

P=es el precio de mercado del cultivo

Q= es la producción,

X= vector de insumo adquirido (distintos de la tierra)

F= es un vector de variables climáticas

Z= es un conjunto de variables edáficas

G= conjunto de variables económicas tales como acceso a los mercados.

R= es un vector de precios de insumos y gastos x (distintos de la tierra), (Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994).

θ = cultivo seleccionado

El modelo Ricardiano, de forma reducida, examina cómo un conjunto de variables exógenas, F, Z y G, afectan el valor del establecimiento. El resultado de integración es una función del tipo “campana”, asintótica al eje de las abscisas y con simetría bilateral sobre el valor correspondiente a la media. Torres (2010). Si se toman valores que no excedan desvíos estándar a ambos lados de la media, la función puede simplificarse como una parábola invertida, lo que resulta muy conveniente a los fines del cálculo, por lo que el modelo Ricardiano se reduce en la práctica a una formulación cuadrática de las variables climáticas.

$$PLE = \alpha_0 + \alpha_1 F + \alpha_2 F^2 + \alpha_3 Z + \alpha_4 G + \mu$$

Dónde

μ = es el término de error.

Se introducen términos lineales y cuadráticos para temperatura y precipitación. La influencia marginal de cada variable climática consecuentemente depende del nivel de temperatura y precipitación:

$$\left[\frac{dPLE}{dF_i} \right] = [\alpha_{1i} + 2 * \alpha_{2i} * F_i]$$

El término cuadrático de la ecuación refleja la forma no lineal de la respuesta parcial del ingreso neto a las variables climáticas.

La ventaja en estos modelos, además de relacionar las variables climáticas con las económicas es que toma en cuenta, implícitamente, la adaptabilidad del productor a las condiciones climáticas cambiantes aunque no la velocidad en que se pueden adaptar ante estas variabilidades climáticas. La desventaja resaltante es que considera constantes los precios (Darwin, 1999), y no todos los factores de producción son tomados en cuenta.

Utilizando el producto del arroz y con una metodología basada en el modelo de equilibrio general MCG-CC (modelo de circulación general- cambio climático), Murdiyarso (2000) en Asia, demostró que la producción de arroz en Asia puede disminuir en un 3,8% el próximo siglo. Song-Cai (2001) en China utilizó el producto del arroz y una metodología basada en simulación, mostrando que el cambio del uso del suelo, de arroz a otros cultivos es muy eficaz, dado el supuesto que el arroz consume niveles altos de agua.

Los modelos climáticos y su relación con los rendimientos varían en un amplio rango. Es posible un impacto negativo en el cultivo de arroz. Para China y para diferentes escenarios climáticos, hacia el 2050 se proyecta una posible modificación del rendimiento de entre -78% a +15% para el arroz, -21% a +55% para trigo y un -19% a +5% para maíz.

Un estudio más reciente que realiza Mendelson conjuntamente con Nigol Seo, y Munasinghe (2005), para Sri Lanka, considera cuatro cultivos importantes (maíz, frijol, caña de azúcar y naranja), y las predicciones para el año 2100, según escenarios climáticos de temperatura y lluvia, muestran pérdidas de 20% y beneficios hasta de 72% del valor de la producción agrícola, según sea el caso.

Estudios en base al modelo Ricardiano para América Latina son varios especialmente para Argentina, Chile y México. En el caso de Argentina Lozanoff y Cap (2011) muestran que existe una fuerte correlación entre el ingreso neto y las variables climáticas, en especial queda en evidencia la fuerte dependencia que tienen sobre la variable temperatura invernal y las precipitaciones estivales. Los pequeños productores presentan una mayor elasticidad ante el cambio de las variables climáticas, pero sus óptimos se encuentran desplazados respecto de las medias, lo cual indica una menor capacidad de adaptación a dicho cambio.

Estudios en base a este tipo de modelos de simulación para ver los cambios en diferentes escenarios con y sin cambio climático se han desarrollado en varios países para el trigo, soya y maíz. Este último cultivo es el más perjudicado con reducciones en su producción potencial hasta del 10% como efecto del cambio climático (Raúl A. y otros, 1997).

Otro estudio realizado en Chile por Gonzales (2007), muestra la relación de las variables climáticas con las variables económicas en diferentes realidades para los cultivos de papa, trigo y maíz, donde obtiene que las variaciones del suelo son explicadas por las variables climáticas en un 37,6%, justificando el resultado con un modelo de corte transversal.

En México, un estudio hecho por Gálvez (2009), quien analiza los productos agrícolas en general, concluye principalmente que los rendimientos y la producción agrícola dependen del clima con impactos heterogéneos por regiones, no lineales y crecientes en el tiempo. Asimismo, se observa que cada ciclo productivo y cada producto

tienen diferentes sensibilidades de respuesta a la temperatura y la precipitación, incluso por región.

Un estudio reciente en el Perú para el caso de Piura, mediante una función de producción estructural, analiza cuatro cultivos representativos de la zona de Piura, (L. Torres, 2010), analizando las variables climáticas de temperatura, precipitación y fenómeno del niño, y demostrando que las variables climáticas afectan el rendimiento de los cultivos, explicando incluso más del 50% del rendimiento de los mismos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque es cuantitativo, debido a que esta investigación se basa en información estadística numérica; es de tipo aplicada, y su nivel es exploratorio, causal.

3.2. Diseño de investigación

La investigación es de tipo explicativa longitudinal y tiene un diseño de investigación no experimental. Es explicativa porque busca establecer relaciones de causalidad en situaciones ya presentes y el diseño es no experimental porque no se está en capacidad para modificar la realidad estudiada (Hernández et al, 1991).

3.3. Población, muestra de estudio y muestreo

Para esta investigación se ha considerado utilizar los datos del Ministerio de Agricultura, respecto de volúmenes de producción de cada cultivo desde el 1950 para algunos casos, hasta el 2013. Esta población ha sido seleccionada debido a que se tiene información completa sobre los cuatro cultivos, permitiendo comparaciones y estimaciones de los rendimientos de cada cultivo de la región Lambayeque.

3.4. Operacionalización de variables

La metodología utilizada implicó estimar para cada cultivo el rendimiento en kilogramo por hectárea, en función de las variables climáticas; analizando la temperatura mínima y la temperatura máxima, esto debido a que para cada cultivo se tienen distintas temperaturas óptimas así como temperaturas mínimas y máximas, para luego poder comparar el efecto individual de cada variable. Adicionalmente se analizó la variable precipitaciones.

La especificación general para cada cultivo es:

$$Rdc_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta T^o + \alpha_2 \Delta T^{o^2} + \alpha_3 \Delta Pplv_{i,t} + \mu_{i,t}$$

$i = 1,2,3,4$ Cultivos

Donde:

$Rdc_{i,t}$ = rendimiento por hectárea de cultivo i , en el periodo t

$Tmin_{i,t}$ = promedio de temperatura mínima del periodo t

$Tmax_{i,t}$ = promedio de temperatura máxima del periodo t

$Pplv_{i,t}$ = total precipitación pluvial en el periodo t

t = Meses

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Fuentes de información: La presente investigación se realizó en la ciudad de Chiclayo, los datos e información que se utilizaron fueron obtenidos del Ministerio de Agricultura para la región Lambayeque y el Servicio Nacional de Meteorología de Hidrología (SENAMHI).

b) Técnicas de Recolección de Datos: La técnica utilizada para obtener los datos ha sido la búsqueda de bases de datos del Ministerio de Agricultura, para la información teórica se recurrió al uso de fichas bibliográficas de investigación, en el caso de las variables climatológicas se obtuvo del SENAMHI.

3.6. Procedimientos

El periodo de análisis abarca 1965-2011, esto debido a que se tiene información sobre cada cultivo en este período de tiempo, se tienen datos del rendimiento por hectárea de cada cultivo (Kg/ha) principalmente por el Ministerio de Agricultura.

Por el lado de las variables climáticas tenemos las temperaturas mínimas y máximas mensuales de cada año ($^{\circ}\text{C}$), las precipitaciones en $(mm)^3$ obtenidas del Ministerio de Agricultura, y la página Web del Senamhi. De ésta manera se puede medir el rendimiento de cada cultivo con relación a estas variables climáticas.

3.7. Plan de procedimiento y análisis de datos

3.7.1. Especificación del cultivo de mango.

Las temperaturas mínimas relevantes son las correspondientes al promedio de los meses pertinentes de floración de abril a junio y la temperatura máxima relevante son las correspondientes al promedio de los meses de septiembre a noviembre

Tabla 1

Resumen técnico del mango

Nombre Científico:	Mangifera indica L.
Origen:	India
Familia:	Anacardiaceae
Inicio de cosecha:	Primera producción a los 5 años después del injerto
Vida útil:	30 - 40 años
Departamentos productores:	Lambayeque, Piura, Ica
Época de siembra:	Todo el año
Época de cosecha:	Noviembre a Febrero
Temperatura óptima:	24 - 28°C Máxima y mínima de 15 a 22°C
Época de floración:	abril – junio
Época de maduración:	setiembre – noviembre

Fuente. *Elaborado en base al Boletín informativo Adex Perú (2010).*

Modelo explicativo para el mango

$$RdMg_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$$

3.7.2. Especificación del cultivo del limón

Las temperaturas optima de floración es entre 12 – 14 °C y su periodo de cosecha es durante todo el año.

Tabla 2

Resumen técnico del limón

Nombre Científico:	Citrus aurantifolio
Origen:	Piura
Familia:	Rutaceae
Período vehgetativo	Noviembre - Junio
Época de siembra:	Todo el año
Época de cosecha:	Todo el año
Temperatura optima de floración	12 - 14 °C
Temperatura de conservación	8 °C

Fuente. Elaborado en base al Boletín informativo Adex Perú (2010).

Modelo explicativo para el limón

$$RdLm_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$$

3.7.3. Especificación del cultivo del azúcar

Modelo explicativo para el azúcar

$$Rdcñaz_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$$

3.7.4. Especificación del cultivo del arroz

Modelo explicativo para el arroz

$$Rdarroz_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$$

3.8. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La variación climática genera efectos sobre los cultivos agrícolas que tendrán un impacto económico importante en la región Lambayeque. 	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar la influencia que tienen las variables climáticas como temperatura y precipitación pluvial en la agricultura de la región Lambayeque. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar la influencia de las variables climáticas en el cultivo del mango. ▪ Determinar la influencia de las variables climáticas en el cultivo del limón. ▪ Determinar la influencia de las variables climáticas en el cultivo del azúcar. ▪ Determinar la influencia de las variables climáticas en el cultivo del arroz. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo explicativo del Mango: $RdMg_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo explicativo del Limón: $RdLm_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo explicativo del azúcar: $Rdcñaz_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo explicativo del arroz: $Rdarroz_t = \alpha_0 + \alpha_1 T^{\circ}Max_t + \alpha_2 T^{\circ}Max_t^2 + \alpha_3 T^{\circ}min_t + \alpha_4 T^{\circ}min_t^2 + \alpha_5 Pplv_t + \alpha_6 Pplv_t^2 + \mu_t$

3.9. Consideraciones éticas

No se establecen consideraciones éticas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar los efectos que causa el cambio climático en cada cultivo se necesita hacer estimaciones para cada uno de ellos, para que de esa manera se pueda obtener una mejor estimación, en donde se expliquen de manera clara los efectos del cambio climático en los principales cultivos de la región Lambayeque.

4.1. Análisis del cultivo de mango

4.1.1. Rendimiento del cultivo de mango (Kg/ha.)

El rendimiento del mango en el lapso de estas décadas se vio afectado por el fenómeno del niño de 1998 y por la contracción de la economía del año 2008 debido a la crisis.

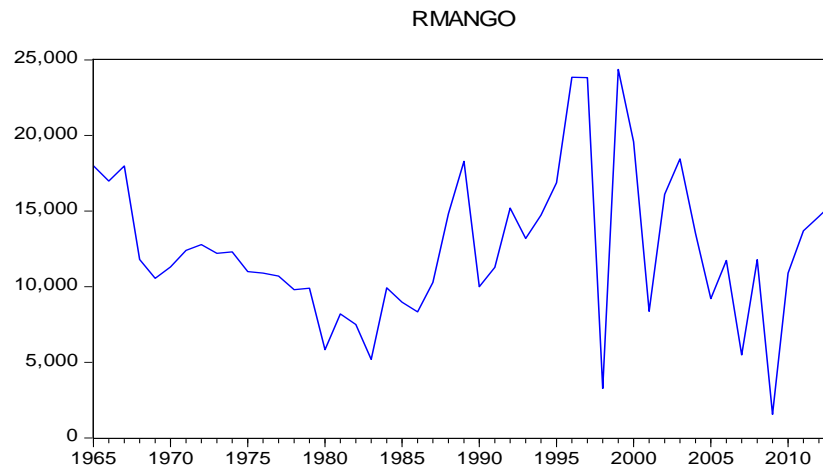


Figura 1. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de mango (kg/ha.) entre 1965-2013

4.1.2. Precio en chacra del mango (soles/kilogramo)

Por el lado del precio en chacra como se ve, este ha estado creciendo y en el año 2009 tuvo un alto incremento para luego estabilizarse.

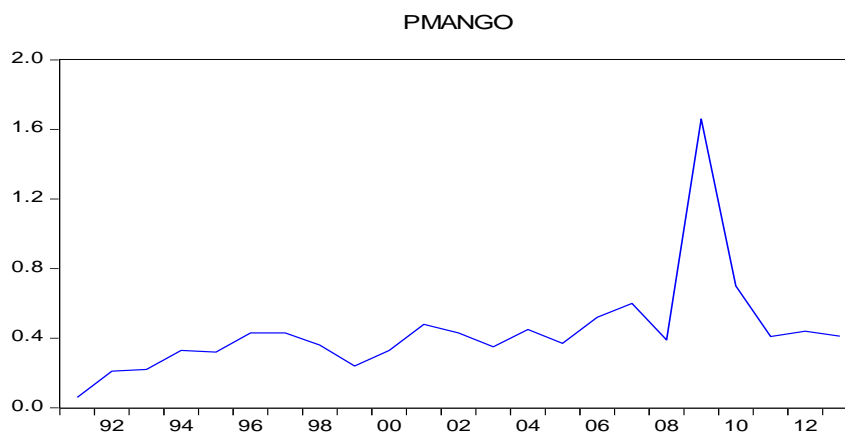


Figura 2. Lambayeque: Precio en chacra promedio anual del cultivo de mango (Soles/kg.) entre 1991-2013

4.1.3. Estimación para el cultivo del mango.

A continuación, tenemos la estimación del modelo para el cultivo de mango, considerando las variables climáticas, obteniendo que el rendimiento del cultivo del mango es explicado por las variables climáticas en un 18%, mostrándonos que la Temperatura máxima afecta negativamente el rendimiento de este cultivo en -7643.66 kg/ha., en la producción del año siguiente, aunque le es favorable si estas temperaturas aumentan en el mismo año para los meses de setiembre a noviembre.

En el caso de la Pluviosidad, que si aumenta en 1 mm el rendimiento del cultivo del mango es mayor en 553.07 kg/ha, si bien es cierto el cultivo del mango es un cultivo tropical y la humedad puede ser perjudicial, un aumento ligero de la pluviosidad es beneficioso para su rendimiento.

Tabla 3.

Primera regresión para el mango

```

2 . regress RENDIMIENToKgha Tmaxima TMAX2 Tminima TMin2 Plv Plv2

```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	203485855	6	33914309.2	F(6, 40) =	1.43	
Residual	949719074	40	23742976.9	Prob > F =	0.2279	
				R-squared =	0.1765	
				Adj R-squared =	0.0529	
Total	1.1532e+09	46	25069672.4	Root MSE =	4872.7	

RENDIMIENTo	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmaxima	-7643.662	14029.35	-0.54	0.589	-35998.04	20710.72
TMAX2	151.8231	276.573	0.55	0.586	-407.1518	710.7979
Tminima	-10090.15	8383.907	-1.20	0.236	-27034.66	6854.354
TMin2	273.6011	221.6361	1.23	0.224	-174.3422	721.5443
Plv	553.0799	472.6019	1.17	0.249	-402.0842	1508.244
Plv2	-38.85944	19.03854	-2.04	0.048	-77.33777	-.3811205
_cons	199858.2	172547.9	1.16	0.254	-148874.1	548590.6

Fuente. Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI.

4.1.4. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de mango

Considerando los precios en chacra del último año, una menor producción de mango por incremento de la temperatura máxima, se dejó de percibir 3,149.66 soles por ha., por temperatura mínima 10,090.15 soles y por pluviosidad 553.07 soles. En la figura se puede ver la magnitud de efecto económico.

Tabla 4

Impacto económico del cambio climático en el cultivo de mango

	kg/ha	Precio en chacra Kg	Monto en soles
Tmaxima	-7643.7	0.412	-3149.2
Tmaxima2	151.8	0.412	62.6
Tminima	-	0.412	-4157.1
	10090.2		
Tminima2	273.6	0.412	112.7
Plv	553.1	0.412	227.9
Plv2	-38.9	0.412	-16.0

Fuente: Elaborado tomando en cuenta la base de datos

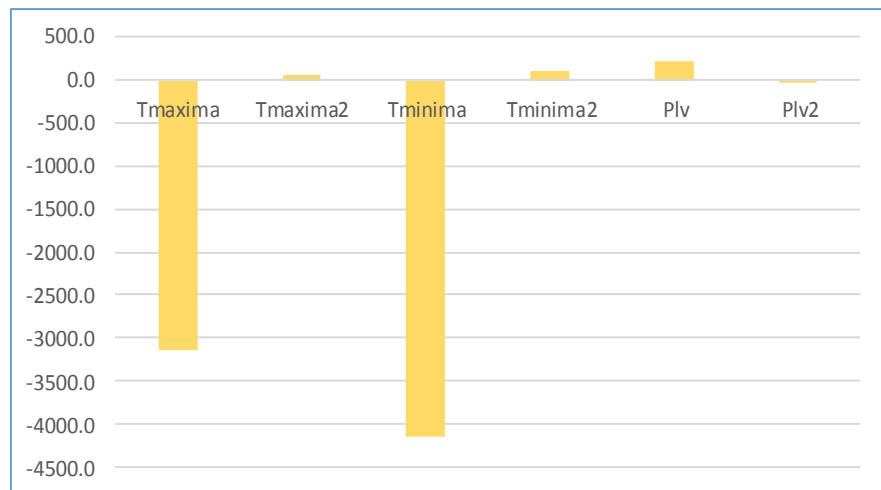


Figura 3. Impacto económico de cambio climático en el mango

4.1.5. Pronostico del rendimiento (kg/ha.) del mango para el periodo 2014-2030

Se llevó a cabo una proyección del cultivo de mango para el periodo 2014 -2030 y la tendencia es a mantenerse estable.

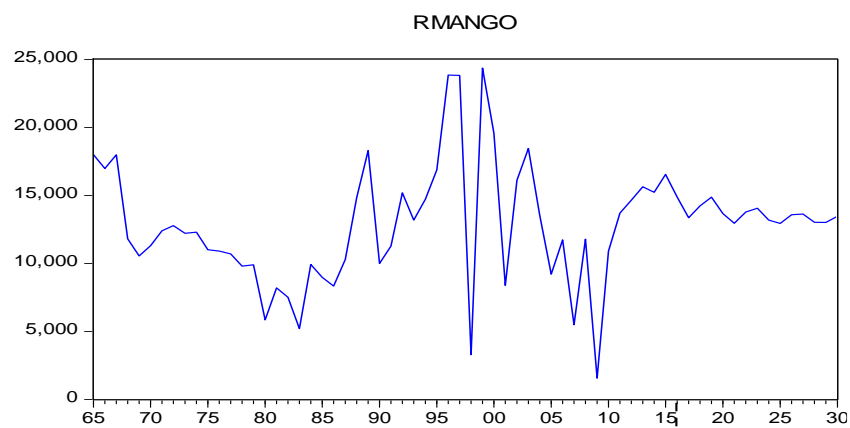


Figura 4. Lambayeque: proyección anual del rendimiento del cultivo de mango (kg/ha.) para 2014-2030

4.2. Análisis del cultivo del limón

4.2.1. Rendimiento de cultivo del limón (kg/ha.)

El cultivo del limón tiene un crecimiento estacional, pero mantiene una tendencia a incrementarse en los últimos años. Ha tenido un incremento y caídas. Es un cultivo tropical y se desarrolla de manera extensiva en la región Lambayeque.

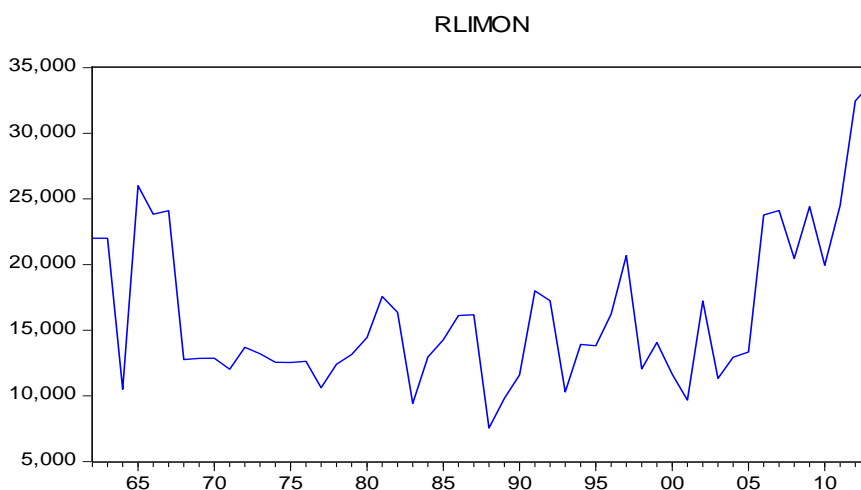


Figura 5. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de limón (kg/ha.) entre 1962-2013

4.2.2. Precio en chacra del limón (soles/kg.)

Es uno del cultivo masivo de allí que sus precios sean bajos, como se ve, su precio se mantiene por debajo de un nuevo sol el kilogramo.

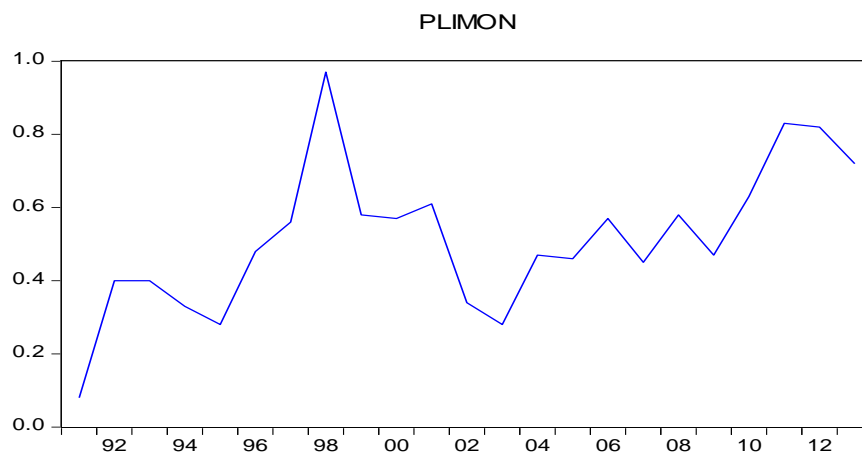


Figura 6. Lambayeque: precio en chacra promedio anual del cultivo de limón (soles/kg.) entre 1991-2013

4.2.3. Estimación para el cultivo del Limón

Para el caso del limón se consideró el promedio anual de las variables climáticas terminan afectando en un 18% a la variable rendimiento del limón.

Si la $T^{\circ}\text{max}$ aumenta en un grado, el rendimiento del cultivo del limón disminuye en -3768.37 kg/ha, esto quiere decir que las temperaturas muy altas no favorecen a este cultivo y esto debido a que es un cultivo tropical donde se verá favorecido básicamente con temperaturas elevadas óptimas de acuerdo a la especificación del cultivo del limón.

De igual forma sucede con la elevación de la temperatura minina, si aumenta en un punto, esto es un rango más abajo del margen, la producción o rendimiento cae en -1738.911 kg/ha.

Por otro lado, si la pluviosidad aumenta en 1 mm, el rendimiento de este cultivo disminuirá en -78.31 kg/ha.

Tabla 5

Primera regresión para el limón

2. regress RENDIMIENTOkg/ha Tmaxima TMAX2 Tminima TMin2 Plv Plv2

Source	SS	df	MS	Number of obs =	47
Model	186483960	6	31080660	F(6, 40) =	1.47
Residual	845919632	40	21147990.8	Prob > F	= 0.2133
Total	1.0324e+09	46	22443556.3	R-squared	= 0.1806
				Adj R-squared	= 0.0577
				Root MSE	= 4598.7

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Tmaxima	-3768.37	22414.28	-0.17	0.867	-49069.31 41532.57
TMAX2	76.78112	421.2276	0.18	0.856	-774.5516 928.1138
Tminima	-1738.911	826.2465	-2.10	0.042	-3408.817 -69.00411
TMin2	67.55985	39.65845	1.70	0.096	-12.59286 147.7126
Plv	-78.31464	451.7443	-0.17	0.863	-991.324 834.6947
Plv2	-9.146085	16.67706	-0.55	0.586	-42.85169 24.55952
_cons	70900.67	296894.1	0.24	0.812	-529144.6 670945.9

Fuente. Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI.

4.2.4. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de limón

Considerando el efecto económico de la temperatura máxima, esta reduce los ingresos en -2,713.2 soles mientras que la temperatura mínima en -1,252.0 soles. El efecto económico por las lluvias es mínimo. Véase también la figura

Tabla 6

Impacto económico del cambio climático en el cultivo de limón

	kg/ha	Precio en chacra Kg	Monto en soles
Tmaxima	-3768.4	0.72	-2713.2
Tmaxima2	76.8	0.72	55.3
Tminima	-1738.9	0.72	-1252.0
Tminima2	67.6	0.72	48.6
Plv	-78.3	0.72	-56.4
Plv2	-9.1	0.72	-6.6

Fuente: Elaborado tomando en cuenta la base de datos

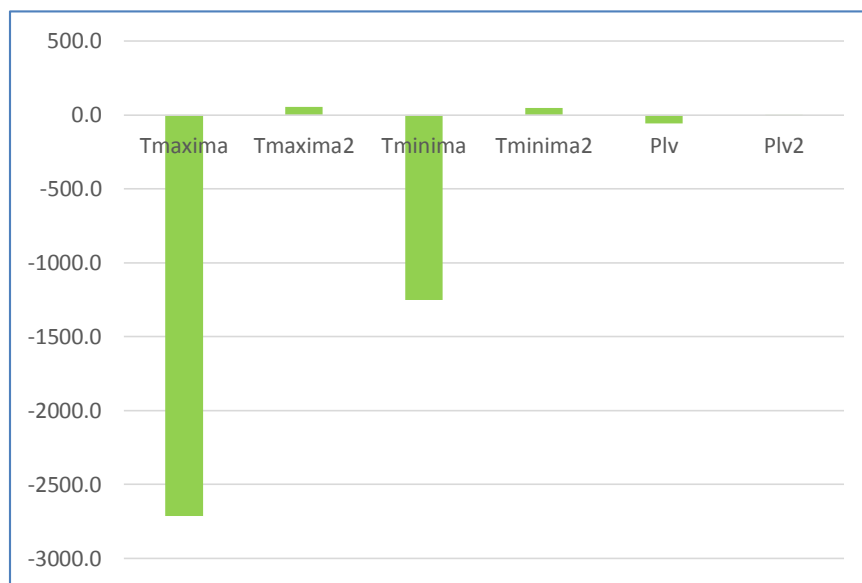


Figura 7. Impacto económico del cambio climático en el limón

4.2.5. Pronóstico del rendimiento (kg/ha.) del cultivo del limón para el 2014-2030

La proyección del rendimiento del limón es a mantenerse en niveles altos, viene de una tendencia creciente y como decíamos es un cultivo amplio.

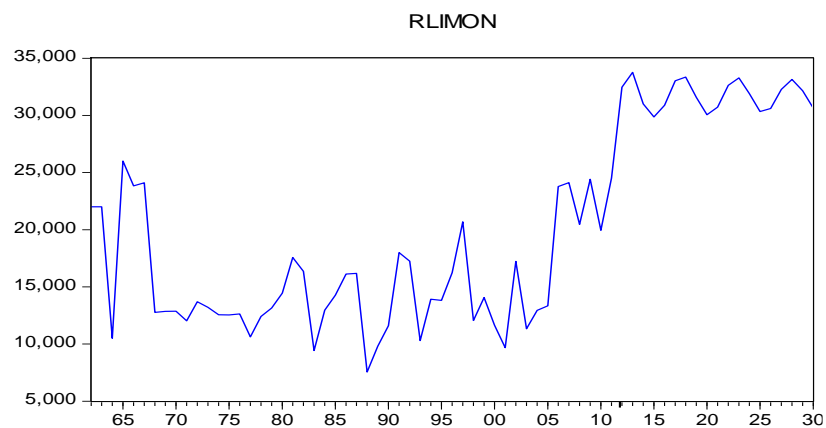


Figura 8. Lambayeque: proyección rendimiento del cultivo de limón para 2014 - 2030

4.3. Análisis del cultivo del azúcar

4.3.1. Rendimiento del azúcar (kg/ha.)

Como se ve en la figura mantuvo una tendencia decreciente hasta el 2005 en el que alcanzó su nivel más bajo, pero a partir de allí revierte su tendencia.

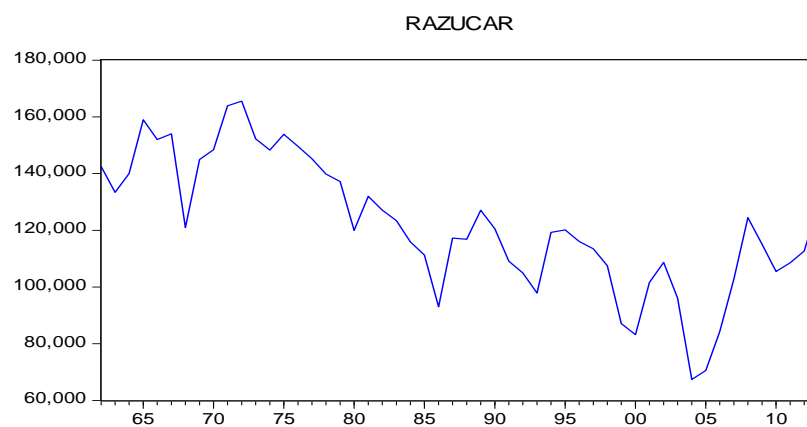


Figura 9. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de azúcar (kg/ha.) entre 1962-2013

4.3.2. Estimación para el cultivo de la caña de azúcar

Si la T° Max aumenta en un grado el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar aumentará en 261370.6 kg/ha, por lo tanto, a una temperatura calurosa el cultivo de azúcar se verá beneficiado, esto debido a que el cultivo de la caña de azúcar se produce mayormente en la zona norte de nuestro país.

Tabla 7

Primera regresión para el azúcar

```
regress RENDIMENTOKgha Tmxima TMAX2 Tmima TMin2 Plv Plv2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	3.3229e+09	6	553819921	F(6, 40) =	0.93	
Residual	2.3742e+10	40	593557500	Prob > F =	0.4821	
Total	2.7065e+10	46	588374337	R-squared =	0.4228	
				Adj R-squared =	-0.0088	
				Root MSE =	24363	

RENDIMENTOKgha	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	261370.6	152831.5	1.71	0.035	-47513.41	570254.5
TMAX2	-4875.75	2889.034	-1.69	0.099	-10714.71	963.206
Tmima	-27836.95	125989.7	-0.22	0.826	-282471.6	226797.7
TMin2	614.5914	3405.784	0.18	0.858	-6268.755	7497.938
Plv	-2614.274	2395.128	-1.09	0.282	-7455.009	2226.461
Plv2	101.1685	87.74405	1.15	0.256	-76.16883	278.5058
_cons	-3063862	1565080	-1.96	0.057	-6227006	99281.64

Fuente: Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI

4.3.3. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de azúcar

Tabla 8

Impacto económico del cambio climático en el cultivo de azúcar

	kg/ha	Precio en chacra Kg	Monto en soles
Tmaxima	261370.6	0.51	133299.0
Tmaxima2	-4875.8	0.51	-2486.6
Tminima	-27837.0	0.51	-14196.8
Tminima2	614.6	0.51	313.4
Plv	-2614.3	0.51	-1333.3
Plv2	101.2	0.51	51.6

Fuente: Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI

El efecto económico, entonces de estas variaciones en la temperatura son positivas y de 133,299.0 soles, cuando se trata de la temperatura máxima; pero la situación cambia cuando se trata de la temperatura mínima en la que el ingreso cae en 14,196.8 soles. El efecto de la lluvia es mínimo.

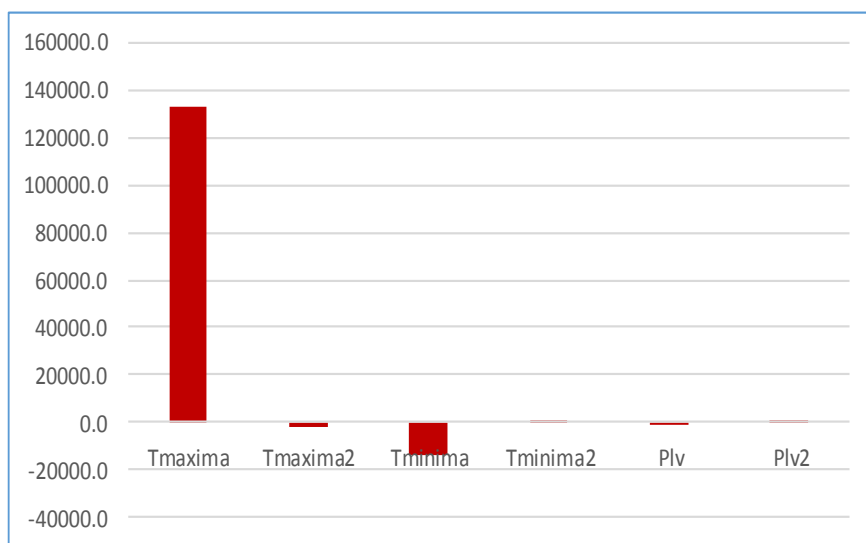


Figura 10. Impacto económico del cambio climático en el azúcar

4.3.4. Pronóstico del rendimiento (kg/ha.) del azúcar para el 2014-2030

El pronóstico para el rendimiento del azúcar indica que este va a mantener su tendencia aunque se cómo se ve, estaría elevándose desde el 2014 al 2020.

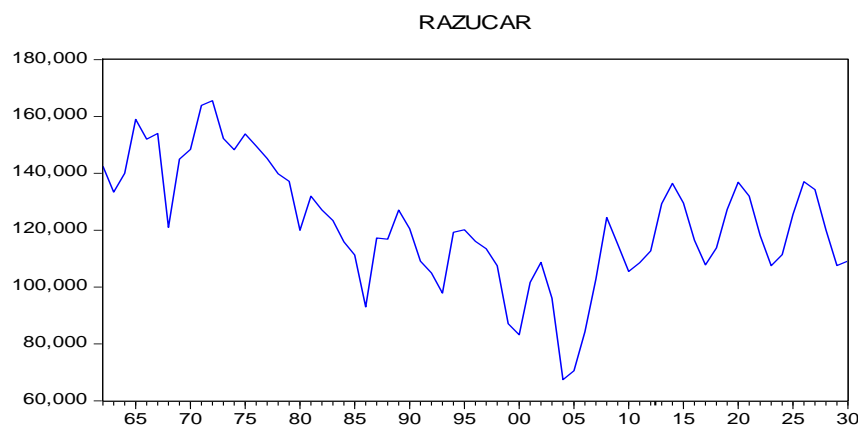


Figura 11. Lambayeque: pronóstico del rendimiento de azúcar para 2014-2030

4.4. Análisis del cultivo del arroz

4.4.1. Rendimiento del cultivo del arroz (kg/ha.)

Se observa una tendencia a incrementar en forma cíclica desde 1950 y ha fluctuar más ampliamente desde los ochenta. Se observan caídas en periodos del fenómeno del niño.

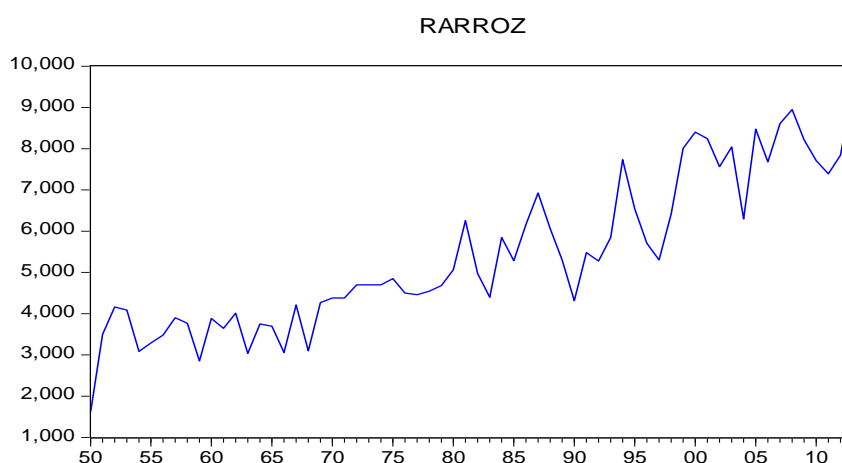


Figura 12. Lambayeque: rendimiento anual del cultivo de arroz (kg/ha.) entre 1962-2013

4.4.2. Precio en chacra del cultivo del arroz

Igualmente, el precio muestra una tendencia creciente, aunque con fuertes caídas en periodos fuera de niño, mientras que sube fuertemente en fechas con fenómeno del niño.

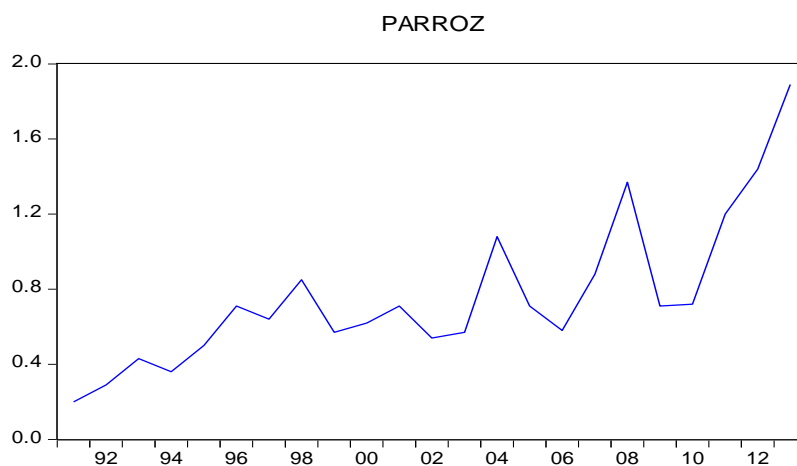


Figura 13. Lambayeque: precio del arroz (kg/ha.) entre 1991-2013

4.4.3. Estimación para el cultivo del arroz

Se mostró que estas variables independientes explican el rendimiento del cultivo del arroz en un 30%. Se observa que a mayor temperatura el rendimiento del cultivo le favorece, si la temperatura máxima aumenta en un grado, el rendimiento del cultivo asciende a 4,511.969, este resultado es justificado, debido a que en época de verano este cultivo madura y mediante esta maduración hay mayor producción.

Tabla 9

Regresión para el cultivo de arroz

```
regress RENDIMIENTOkg/ha Tmxima TMAX2 Tmima TMin2 Plv Plv2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	12440683.4	6	2073447.23	F(6, 40) =	0.79	
Residual	105488990	40	2637224.75	Prob > F	= 0.5859	
Total	117929673	46	2563688.55	R-squared	= 0.3055	
				Adj R-squared	= -0.0287	
				Root MSE	= 1624	

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	4511.969	3446.244	-1.31	0.038	-11477.09	2453.15
TMAX2	84.17313	67.51838	1.25	0.220	-52.28661	220.6329
Tmima	-504.9414	3319.913	-0.15	0.880	-7214.736	6204.853
TMin2	15.63081	78.98398	0.20	0.844	-144.0018	175.2634
Plv	198.9614	160.1264	1.24	0.221	-124.6661	522.5889
Plv2	-8.421952	6.003087	-1.40	0.168	-20.55464	3.710739
_cons	69029.8	51169.57	1.35	0.185	-34387.76	172447.4

Fuente. Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI

4.4.4. Impacto económico del cambio climático en el cultivo de arroz

Tabla 10

Impacto económico del cambio climático en el cultivo de arroz

	kg/ha	Precio en chacra Kg	Monto en soles
Tmaxima	4512.0	1.89	8527.6
Tmaxima2	84.2	1.89	159.1
Tminima	-504.9	1.89	-954.3
Tminima2	15.6	1.89	29.5
Plv	199.0	1.89	376.0
Plv2	-8.4	1.89	-15.9

Fuente: *Elaborado en base a datos del Ministerio de Agricultura y SENAMHI*

La temperatura máxima genera el efecto económico más fuerte, si esta se incrementa el ingreso económico aumenta en 8,527.6 soles. Mientras que si la temperatura mínima sube, se genera una pérdida de -954 soles por ha. El efecto económico por lluvia es positivo, el ingreso aumenta en 376 soles.

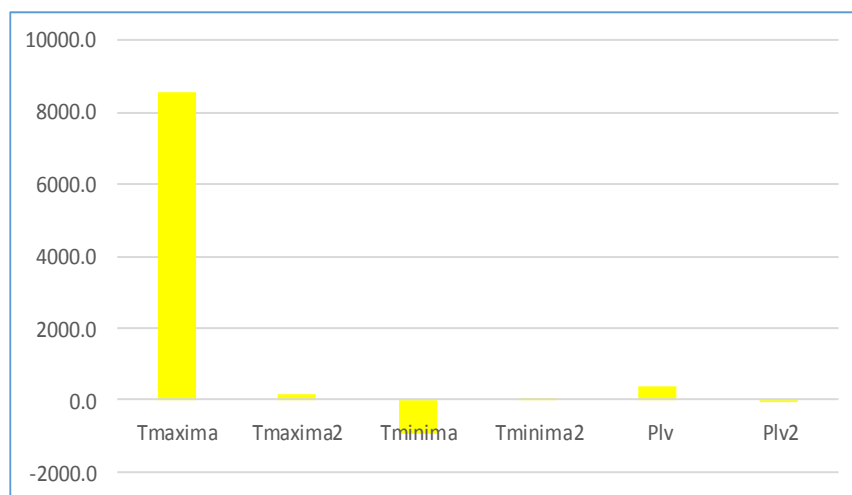


Figura 14. Impacto económico del cambio climático en el arroz

4.4.5. Pronostico del rendimiento (kg/ha.) del arroz para el 2014-2030

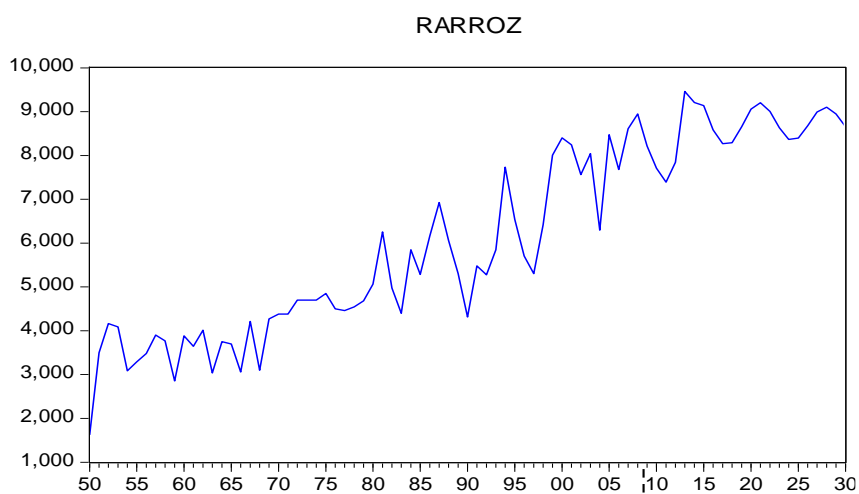


Figura 15. Pronostico del rendimiento del arroz para 2014-2030

La grafica muestra sin embargo que se pese a que se va a mantener la tendencia a crecer del rendimiento del arroz; al menos en el mediano plazo de tres años adelante, esto es entre 2014 a 2018 se pronostica una caída en el rendimiento del arroz podría estar debiéndose al incremento de la temperatura mínima y la ausencia de lluvias.

V. CONCLUSIONES

Los resultados nos indican que los rendimientos de los cultivos estudiados son explicados por las variables climáticas en un 18% para el mango, 18% para el limón, 42% para el azúcar y 30% para el arroz. El mayor impacto lo realiza la temperatura y en menor medida el agua.

El efecto económico por cambios en la temperatura es negativo en el cultivo de mango y en el limón y positivo en el cultivo de caña de azúcar y de arroz. Mientras que los efectos económicos por cambios en la pluviosidad son positivos en el mango y el arroz y negativos en el limón y el azúcar. Se concluye que los efectos económicos por cambios en la temperatura son más fuertes que por las lluvias.

En la estimación al periodo de estudio, indican que en el impacto (R^2) en el rendimiento del cultivo de las variables climáticas, en el caso del mango es del 18%, en el limón del 18%, en el azúcar 42% y en el arroz 30%. Siendo en cada caso la influencia de la temperatura y de las lluvias estadísticamente significativa.

En el largo plazo se ha previsto que el impacto económico generado por los cambios en la temperatura y las lluvias, son poco perceptible, dado que los rendimientos de los cultivos analizados no van a verse modificados sustancialmente en los próximos diecisiete años. Los pronósticos para cada uno de los rendimientos de cultivo se mantienen en la tendencia normal de comportamiento estacionario, con alternaciones de naturaleza económica.

VI. RECOMENDACIONES

Como el cultivo del azúcar, es el cultivo más explicado por las variables climáticas estudiadas, el gobierno debe enfatizar en promover tanto a las empresas privadas y del mismo gobierno a capacitar sobre el cuidado respectivo sobre este cultivo, con el fin de conservar a largo plazo este cultivo.

Se recomienda que las empresas privadas y del estado, acondicionar la plantación de los cultivos respecto a estas variables muy significativa en relación a la temperatura, con el fin de minimizar las pérdidas económicas.

Los sectores tanto públicos como privados deberían de hacer alianzas para realizar programas de información y de investigación para la adaptación del cambio climático. De modo de incentivar a la mayor investigación de estos temas en nuestro departamento para que de esta manera de prevenga estos problemas del cambio climático.

Se les recomienda a los productores estar al tanto del comportamiento de los indicadores económicos relacionados al sector y llevar un detallado registro de su información estadística además de la que se encuentra en el organismo público. A fin de poder llevar estimación es de carácter estructural y modelos de pronóstico de los indicadores de precio y rendimiento de los cultivos. Porque el saber el horizonte futuro de los indicadores antes mencionados le va a permitir decidir mejor.

Se recomienda cambiar muchas de las prácticas agrícolas tradicionales como la quema de los cultivos, que terminan malogrando el terreno y requieren del uso incrementado de fertilizantes. El estado debería de brindar charlas y/o capacitaciones a los agricultores y empresas sobre esta situación y sobre las consecuencias y efectos del cambio climático en la agricultura Lambayecana. En el caso de la caña de azúcar la que prohibir a las empresas la quema de la caña de azúcar, regularla a fin de que cambie esta forma de cosecha porque genera una externalidad negativa a la ciudad de Chiclayo.

VII. LISTA DE REFERENCIAS

Cantos, Juan. (2010). *Cambio climático y crisis ambiental según nuevas investigaciones*. México.

Cline Willim.R. (2007). "*Global warming and agricultural: impact estimates by country*" center for global development an Peterson Institute for international economics. Washington.

Cline Willim.R. (2008). "*Calentamiento mundial y agricultura*" en *Finanzas y Desarrollo*".

Dossier regional (2010): *Estrategia regional del cambio climático de Lambayeque*. Perú.

Figueroa Z. Raúl. (2008). "*Asociaciones de pequeños productores y exportaciones de banano orgánico en el Valle del Chira*"- Programa Comercio Y Pobreza En Latino América-Copla- CIES. Informe final marzo.

Galindo, Luis, M. (2009). "*La Economía climática en México*". México.

Gonzales U Jorge. y Velasco H Roberto (2007). "*Evaluación del cambio climático sobre el valor económico del suelo un sistema agrícolas de Chile*": Proyecto SACPR- Universidad de Yale USA-IICA PROCISUR. Chile

Instituto de investigación sobre el cambio climático de Zaragoza (2012): *Retos de la investigación del cambio climático*. España.

Intergovernmental panel on climate change (IPPC) (2007): *Climate change. Syntheses report*.

Jáuregui, D. (2012). *Boletín Información atmósfera. Centro de ciencias de la atmósfera.* México.

Mendelsohn y Seo Niggol Munasinghe M. (2005) “*Climate change and agriculture in Sri lanka: A Ricardian Valuation*”- *Environment and Development Economic*

MINCETUR (2004): *Plan estratégico regional de exportaciones (PERX).* Lambayeque-Perú.

Ministerio de agricultura (2012): *¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta?* España.

Mitchell J. (2006). “*El Impacto Del Cambio Climático Sobre La Agricultura Argentina: Un Estudio*”. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Instituto de Economía y Sociología.* Buenos Aires- Argentina.

Mitchell J. (2005). “*Climate change and the green house effect*” *A briefing from the Hadley Center-Met Oficce Hadley Center.*

Murdiyarso, D. (2000). “*Adaptation to Climatic Variability and Change: Asian Perspectives on Agriculture and Food Security,*” *Environmental Monitoring and Assessment.*

Ramírez D.y otros (2010) : “*Belice: Efectos del cambio climático Sobre la agricultura*” *CEPAL-CCAD-DEFIDNACIONES UNIDAS.*

Song-cai You. (2001) “*Agricultural adaptation to climate change in China*” -*Journal of Environmental Sciences.*

Torres, L.(2010) *Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región Piura- Perú. Caso: principales productos agroexportables.* Perú: Consorcio de investigación económica y social (CIES).

Vela, L.(2011). *La Inversión Privada en Lambayeque y sus tendencias*. Chiclayo- Perú.

Yates, D., and Kenneth M. (2006) . "An Assessment of Integrated Climate Change Impacts on the Agricultural Economy of Egypt," Climatic Change.

Banco Central de Reserva del Perú (2012): *Síntesis económica de Lambayeque*. Departamento de estudios económicos. Perú.

Soto, J. (2010). *Evolución regional del cambio climático de Lambayeque- Perú*.

Ramírez, D. y otros (2010): "Belice. Efectos del cambio climático sobre la agricultura". México, CEPAL-CCAD-DEFIDNACIONES Unidas.

CONAM.(2012). *Efectos del cambio climático en Latinoamérica*. Argentina.

Vargas, P.(2009): "Perú: unaperspectiva ante el cambio climático" .Perú.

Lozanoff, J. y Cap, E. (2011) "El impacto del cambio climático sobre la agricultura Argentina –un estudio" Instituto de Economía t Sociología. Argentina.

VIII. ANEXOS

Segunda regresión para el Mango

. regress RENDIMIENTOkg/ha Tmxima TMAX2 Tmima TMin2 Plv						
Source	SS	df	MS		Number of obs =	47
Model	104571100	5	20914220.1		F(5, 41) =	0.82
Residual	1.0486e+09	41	25576434.9		Prob > F =	0.5441
Total	1.1532e+09	46	25069672.4		R-squared =	0.0907
					Adj R-squared =	-0.0202
					Root MSE =	5057.3
RENDIMIENTO~a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	-11123.17	14453.07	-0.77	0.446	-40311.73	18065.39
TMAX2	224.4774	284.6657	0.79	0.435	-350.4166	799.3714
Tmima	-2972.512	7913.176	-0.38	0.709	-18953.5	13008.47
TMin2	82.901	208.5966	0.40	0.693	-338.3684	504.1704
Plv	-310.7832	218.2646	-1.42	0.162	-751.5774	130.011
_cons	177134.3	178713.1	0.99	0.327	-183784.1	538052.6

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Tercera regresión para el Mango

regress RENDIMIENTOkg/ha Tmaxt1 Tmint1 Plvt1						
Source	SS	df	MS		Number of obs =	46
Model	181329757	3	60443252.4		F(3, 42) =	2.70
Residual	939874324	42	22377960.1		Prob > F =	0.0577
Total	1.1212e+09	45	24915646.3		R-squared =	0.1617
					Adj R-squared =	0.1019
					Root MSE =	4730.5
RENDIMIENTO~a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmaxt1	-1105.907	578.0931	-1.91	0.063	-2272.546	60.73263
Tmint1	-290.1108	480.844	-0.60	0.550	-1260.493	680.2717
Plvt1	344.8369	159.8107	2.16	0.037	22.32584	667.348
_cons	42964.4	13982.39	3.07	0.004	14746.8	71182

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Primera regresión para el Limón

```
regress RENDIMIENTOkg/ha Tmxima TMAX2 Tmnima TMin2 Plv Plv2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	186483960	6	31080660	F(6, 40) =	1.47	
Residual	845919632	40	21147990.8	Prob > F =	0.2133	
Total	1.0324e+09	46	22443556.3	R-squared =	0.1806	
				Adj R-squared =	0.0577	
				Root MSE =	4598.7	

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	-3768.37	22414.28	-0.17	0.867	-49069.31	41532.57
TMAX2	76.78112	421.2276	0.18	0.856	-774.5516	928.1138
Tmnima	-1738.911	826.2465	-2.10	0.042	-3408.817	-69.00411
TMin2	67.55985	39.65845	1.70	0.096	-12.59286	147.7126
Plv	-78.31464	451.7443	-0.17	0.863	-991.324	834.6947
Plv2	-9.146085	16.67706	-0.55	0.586	-42.85169	24.55952
_cons	70900.67	296894.1	0.24	0.812	-529144.6	670945.9

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Segunda regresión para el Limón

```
regress RENDIMIENTOkg/ha Tmxima TMAX2 Tmnima TMin2 Plv
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	180123326	5	36024665.2	F(5, 41) =	1.73	
Residual	852280266	41	20787323.6	Prob > F =	0.1487	
Total	1.0324e+09	46	22443556.3	R-squared =	0.1745	
				Adj R-squared =	0.0738	
				Root MSE =	4559.3	

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	1587.74	21869.87	-0.07	0.042	-45754.84	42579.36
TMAX2	36.51788	411.2282	0.09	0.930	-793.9743	867.01
Tmnima	-1655.434	805.1505	-2.06	0.046	-3281.469	-29.39993
TMin2	63.78562	38.72229	1.65	0.107	-14.41562	141.9869
Plv	-310.9044	154.2523	-2.02	0.050	-622.4232	.6143903
_cons	41695.9	289577.9	0.14	0.886	-543118.5	626510.3

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Tercera regresión para el Limón

```
regress RENDIMIENTOkg/ha Tmactl Tmintl Plvtl
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 46		
Model	30089503.2	3	10029834.4	F(3, 42) =	0.48	
Residual	886351320	42	21103602.9	Prob > F =	0.7012	
Total	916440823	45	20365351.6	R-squared =	0.0328	
				Adj R-squared =	-0.0363	
				Root MSE =	4593.9	

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmactl	366.3518	759.3381	0.48	0.632	-1166.055	1898.758
Tmintl	-765.3514	697.8585	-1.10	0.279	-2173.687	642.9841
Plvtl	-19.22568	150.3459	-0.13	0.899	-322.636	284.1846
_cons	19654.67	17090.82	1.15	0.257	-14836	54145.34

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Primera regresión para la Caña de Azúcar

```
regress RENDIMIENTOkg/ha Tmxima TMAX2 Tmima TMin2 Plv Plv2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	3.3229e+09	6	553819921	F(6, 40) =	0.93	
Residual	2.3742e+10	40	593557500	Prob > F =	0.4821	
Total	2.7065e+10	46	588374337	R-squared =	0.4228	
				Adj R-squared =	-0.0088	
				Root MSE =	24363	

RENDIMIENTO-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	261370.6	152831.5	1.71	0.035	-47513.41	570254.5
TMAX2	-4875.75	2889.034	-1.69	0.099	-10714.71	963.206
Tmima	-27836.95	125989.7	-0.22	0.826	-282471.6	226797.7
TMin2	614.5914	3405.784	0.18	0.858	-6268.755	7497.938
Plv	-2614.274	2395.128	-1.09	0.282	-7455.009	2226.461
Plv2	101.1685	87.74405	1.15	0.256	-76.16883	278.5058
_cons	-3063862	1565080	-1.96	0.057	-6227006	99281.64

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Segunda regresión para la Caña de Azúcar

```

regress RENDIMENTOkgha Tmxima TMAX2 Tmima TMin2 Plv

```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	2.5338e+09	5	506768966	F(5, 41) =	0.85	
Residual	2.4531e+10	41	598326212	Prob > F =	0.5246	
Total	2.7065e+10	46	588374337	R-squared =	0.0936	
				Adj R-squared =	-0.0169	
				Root MSE =	24461	

RENDIMENT~a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	237722.7	152056.2	1.56	0.126	-69360.98	544806.5
TMAX2	-4440.971	2875.802	-1.54	0.130	-10248.77	1366.829
Tmima	-32346.8	126433.8	-0.26	0.799	-287685	222991.4
TMin2	753.3116	3417.304	0.22	0.827	-6148.073	7654.697
Plv	-57.37375	908.5166	-0.06	0.950	-1892.16	1777.413
_cons	-2712811	1541333	-1.76	0.086	-5825596	399974.6

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Tercera regresión para la Caña de Azúcar

```

regress RENDIMENTOkgha Tmxtl Tmintl Plvtl

```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 46		
Model	1.3464e+09	3	448796186	F(3, 42) =	0.78	
Residual	2.4237e+10	42	577067188	Prob > F =	0.5130	
Total	2.5583e+10	45	568515788	R-squared =	0.0526	
				Adj R-squared =	-0.0150	
				Root MSE =	24022	

RENDIMENT~a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxtl	2885.127	3970.728	0.73	0.472	-5128.126	10898.38
Tmintl	-3073.718	3649.239	-0.84	0.404	-10438.18	4290.744
Plvtl	-811.3812	786.1881	-1.03	0.308	-2397.973	775.2106
_cons	104294.6	89371.23	1.17	0.250	-76063.8	284653.1

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Primera regresión para el Arroz

```
regress RENDIMIENToKgha Tmxima TMAX2 Tmnima TMin2 Plv Plv2
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	12440683.4	6	2073447.23	F(6, 40) =	0.79	
Residual	105488990	40	2637224.75	Prob > F =	0.5859	
Total	117929673	46	2563688.55	R-squared =	0.3055	
				Adj R-squared =	-0.0287	
				Root MSE =	1624	

RENDIMIENTo-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	4511.969	3446.244	-1.31	0.038	-11477.09	2453.15
TMAX2	84.17313	67.51838	1.25	0.220	-52.28661	220.6329
Tmnima	-504.9414	3319.913	-0.15	0.880	-7214.736	6204.853
TMin2	15.63081	78.98398	0.20	0.844	-144.0018	175.2634
Plv	198.9614	160.1264	1.24	0.221	-124.6661	522.5889
Plv2	-8.421952	6.003087	-1.40	0.168	-20.55464	3.710739
_cons	69029.8	51169.57	1.35	0.185	-34387.76	172447.4

Fuente: Ministerio de Agricultura y SENAMHI

Elaboración propia

Segunda regresión para el Arroz

```
regress RENDIMIENToKgha Tmxima TMAX2 Tmnima TMin2 Plv
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 47		
Model	7250013.04	5	1450002.61	F(5, 41) =	0.54	
Residual	110679660	41	2699503.91	Prob > F =	0.7469	
Total	117929673	46	2563688.55	R-squared =	0.0615	
				Adj R-squared =	-0.0530	
				Root MSE =	1643	

RENDIMIENTo-a	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Tmxima	-3580.267	3421.347	-1.05	0.301	-10489.82	3329.283
TMAX2	66.12303	67.05927	0.99	0.330	-69.30592	201.552
Tmnima	465.8113	3285.12	0.14	0.888	-6168.623	7100.246
TMin2	-8.072601	78.06146	-0.10	0.918	-165.7209	149.5757
Plv	-5.848473	66.56284	-0.09	0.930	-140.2749	128.5779
_cons	47611.72	49412.4	0.96	0.341	-52178.63	147402.1

Elaboración propia