

# Impacto del cambio climático en la producción agrícola de la provincia de Loja, periodo 2007-2020

Impact of climate change on agricultural production in the province of Loja, period 2007-2020

Susana Vásquez-Dávila<sup>1</sup> | Diana Bravo-Benavides <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Particular de Loja, Carrera de Economía, Loja, Ecuador

## Correspondencia

Susana Vásquez-Dávila, Universidad Técnica Particular de Loja, Carrera de Economía, Loja, Ecuador.  
Email: svvasquez1@utpl.edu.ec

## Fecha de recepción

Octubre 2022

## Fecha de aceptación

Enero 2023

## Dirección

San Cayetano Alto, Calle París. código postal 110107, Loja, Ecuador

## RESUMEN

La finalidad del presente estudio es determinar la influencia del cambio climático en la producción agrícola de la provincia de Loja en el periodo de 2007-2020. Para esto se utilizaron los datos del valor agregado bruto del sector agrícola y datos de temperatura y precipitación, provenientes de fuentes secundarias como del Banco Central del Ecuador (BCE) y del instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en donde se empleó una función de producción a través del uso de datos de panel y efectuando modelos de efectos fijos y aleatorios. Se concluye que el cambio climático sí influye en la producción agrícola, dado que la temperatura como la precipitación son favorables hasta alcanzar un nivel óptimo de resistencia de la producción, al sobrepasar dicho nivel trae efectos negativos en la producción agrícola.

**Palabras clave:** Cambio climático, Producción agrícola, Función de producción.

**Códigos JEL:** Q32. Q43.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the influence of climate change on agricultural production in the province of Loja from 2007 to 2020. To do this, gross value added of the agricultural sector and temperature and precipitation, was used data from secondary sources such as the Central Bank of Ecuador and the National Institute of Meteorology and Hydrology, where a production function was used through the use of panel data and performing fixed and random effects models. It is concluded that climate change does influence agricultural production, since temperature and precipitation are favorable until reaching an optimal level of production resistance, when exceeding this level it brings negative effects on agricultural production.

**Keywords:** Climate change, agricultural production, production function.

**JEL codes:** Q32. Q43.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que los factores indispensables para el crecimiento de los cultivos, como la precipitación y la temperatura, se verán severamente afectados e impactarán sobre la producción agrícola (Altieri y Nicholls, 2002). Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones del mundo. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, en la producción y el consumo, además de afectar el bienestar de las familias productoras (Viguera et al., 2017). Se espera que los rendimientos de los granos básicos, como arroz, maíz y trigo, disminuyan en un 14.4%; 2% y 28% respectivamente para los países en vías de desarrollo y en un 3.5; 1.2% y 6% para los países desarrollados (Viguera et al., 2017).

Los efectos e impactos sobre los sistemas agrícolas de cada país son heterogéneos según la interacción entre el clima, la topografía, los tipos de suelo, los tipos de cultivo, la disponibilidad de agua y las clases de cultivos, ganado y árboles utilizados por los productores en sus plantaciones (MARN, 2012). En la provincia de Loja, de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2019) las actividades productivas de la PEA más representativas son: el comercio al por mayor (18.7%), la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (12.2%), el sector agrícola se constituye como una importante actividad dinamizadora económica y social, por lo que es pieza clave en las estrategias de seguridad alimentaria y cuidado del medio ambiente.

Con estos antecedentes, esta investigación analiza la relación existente del valor agregado bruto agrícola de la provincia de Loja y la temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura mensual y precipitación en el periodo de 2007-2020. Así como analizar la evolución del VAB agrícola y las variables de temperatura máxima, mínima, mensual y precipitación de los cantones incluidos en la investigación y probar la hipótesis de que el cambio climático representada por las temperaturas máximas, mínimas mensuales y precipitación tienen efectos positivos en la producción agrícola representada por el valor agregado bruto agrícola de la provincia de Loja. Por tratarse de un modelo con datos de panel, seis cantones de la provincia de Loja y datos en el periodo de 2007-2020, se realiza el test de Hausman, el cual nos indica si el modelo se debe realizar bajo efectos fijos o aleatorios. Se determinó que el cambio climático (representado por la temperatura máxima y la precipitación) tiene una relación directa positiva en la producción agrícola (en donde se utilizó como variable proxy el VAB del sector agrícola), es decir, al elevarse en 1% la temperatura máxima, la producción se verá afectada con un aumento en promedio del 36%, en cambio a largo plazo la producción va a disminuir en 5,89%; por la elevación de las precipitaciones en 1% la producción aumentara 2,3%, mientras que en el largo plazo la producción se verá afectada con una disminución cerca del 0,2%.

Finalmente, cabe destacar que, conocer, identificar y monitorear el efecto del clima, es clave para la toma de decisiones acertadas en el sector agrícola en la provincia de Loja, los resultados obtenidos permitirán proponer medidas de adaptación y mitigación.

## 2 | REVISIÓN DE LA LITERATURA.

### 2.1 | Agricultura.

Sharma et al. (2020) describe a la agricultura como una fuente importante de sustento que juega un papel indiscutible en el desarrollo económico de un país. Además, es la práctica que se ocupa de

la siembra de cultivos y la cría de animales, por ende, que no es solo una fuente de sustento, sino una excelente forma de vida, puesto que hace la mayor contribución a los ingresos. Por otra parte, Editorial Etecé (2022) define a la agricultura como, la ciencia que se ocupa de la producción del cultivo del suelo a través de diferentes procedimientos y saberes, con el propósito de proporcionar alimentos vegetales como frutas, cereales, verduras y legumbres. Además, señala que al ser una de las actividades primordiales de cada nación representa un recurso importante con el que cuenta el hombre para su subsistencia.

En relación con Ecuador la agricultura ha representado una actividad económica relevante representado el 9% del PIB, el clima es el factor determinante y característico que proporciona una amplia diversidad de producción en la agricultura a nivel nacional, determinado por las precipitaciones, la variedad de temperaturas y la ubicación geográfica, donde representa para el país una ventaja competitiva en el sector agrícola (Zhindon et al., 2017).

### 2.2 | Teorías

#### 2.2.1 | Función de Producción Agrícola

Como señala Fleischer et al. (2007) una función de producción agrícola se caracteriza por la relación que existe entre la producción o rendimientos (Q) con la combinación de variables endógenas (P) como trabajo, capital, y otros insumos; con variables exógenas (A) que comprenden variables climáticas (temperatura y precipitación); y con las características socioeconómicas de los agricultores (S), entre las que representan las variables de capital humano y aspectos sociales del productor como escolaridad, género, tamaño de los hogares. A continuación, se presenta la función de producción agrícola:

$$Q_i = f(P_i, S_i, A_i) \quad (1)$$

Donde  $Q_i$  puede representar el nivel de producción total en el sector agropecuario, un subsector o el rendimiento por hectárea de un cultivo determinado a través del tiempo.

Como indica Seo y Mendelsohn (2007) en las funciones de producción agrícola es necesario considerar que, en principio, pueden ser lineales, cuadráticas, cúbicas, hipérbolas, logarítmicas y otras formas exponenciales. La forma cuadrática funcional se utiliza al considerar sólo las variables climáticas (temperaturas y precipitación), y se expresa en forma general como:

$$Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 T em + \beta_2 T em^2 + \beta_3 Pre + \beta_4 Pre^2 \quad (2)$$

La ventaja de este modelo es que permite determinar los umbrales de las variables climáticas (temperatura y precipitación) y los valores máximos y mínimos de dichas variables. También en las estimaciones se obtienen respuestas económicas, físicas y biológicas en el rendimiento del cultivo con la implementación de las variables climáticas. Pero su desventaja es que ante cambios desfavorables no recoge las respuestas de los agricultores, por lo que se estimaría que son agricultores ingenuos (Carrasco, 2016).

#### 2.2.2 | Modelo Ricardiano

El modelo Ricardiano explica los efectos del clima sobre la variación del valor de la tierra, se considera uno de los enfoques líder

res en el análisis de los efectos directos del cambio climático sobre los beneficios económicos de los agricultores o sobre el valor de la tierra, sin la necesidad de hacer un análisis de cada cultivo o de cada sector, sino que da a conocer las ganancias o pérdidas agregadas. Este modelo debe su nombre a David Ricardo, quien hizo la observación de que los productores agrícolas maximizan el ingreso neto restando los costos de los ingresos ( $\pi$ ). Donde los ingresos provienen de la función de producción  $p_i$  (ecuación 1) y del precio de mercado del cultivo  $P_i$ ; los costos son función de los insumos  $X$ , y los precios de los insumos  $W_x$  (Mendelsohn y Nordhaus, 1999). Formalmente se expresa de la siguiente manera:

$$\pi = \sum P_i Q_i(P, S, A) - \sum w_x X \quad (3)$$

En términos empíricos la ecuación anterior puede estimarse econométricamente de la siguiente manera (Seo y Mendelsohn, 2007).

$$VT = \beta_0 + \beta_1 Tem + \beta_2 Tem^2 + \beta_3 Pre + \beta_4 Pre^2 + \beta_5 Tem * Pre + \sum \lambda_i S_i + \epsilon \quad (4)$$

Donde la variable dependiente VT es el valor de la tierra por hectárea,  $S$  variables  $Tem$  y  $Pre$  representan temperatura y precipitación, respectivamente.  $S$  representa un conjunto de variables socioeconómicas y características de suelos, ( $\beta_k$ ) y ( $\lambda_i$ ) son parámetros por estimar y  $\epsilon$  es el término de error. Los términos cuadráticos reflejan que la respuesta del valor de la tierra VT, a cambios en variables climáticas puede ser no lineal. Por ejemplo, a niveles de temperatura bajos, la decisión óptima del agricultor puede ser sembrar trigo, sin embargo, conforme los niveles de temperatura aumentan, la rentabilidad marginal del trigo es decreciente hasta alcanzar un umbral en el que se vuelve negativa. A partir de esto el agricultor puede tomar la decisión de optar por un nuevo cultivo que sea adaptable a temperaturas mayores. De la misma forma puede aplicarse a cultivos sensibles a la precipitación pluvial. Al seguir esta lógica, el enfoque Ricardiano asume que existe por parte de los agricultores un comportamiento adaptativo a lo largo del ciclo productivo intertemporal (Mendelsohn y Nordhaus, 1999). De esta forma, el cambio en el valor de la tierra (VT) debido a un cambio marginal en alguna de las variables climáticas por ejemplo temperatura ( $Tem$ ), está representado por:

$$\frac{\delta VT_i}{\delta Tem} = \beta_1 + 2 * \beta_2 * Tem + \beta_3 * Pre \quad (5)$$

El resultado es análogo para las variables de precipitación. Adicionalmente y si existe la disposición de información, la modelación (5) permite la diferenciación de los impactos del cambio climático a través de distintos perfiles de agricultores, lo que permite determinar diferentes niveles de sensibilidad. El efecto anual de un cambio marginal de la variable climática (temperatura o precipitación) es la suma de los efectos marginales en cada estación del año de dicha variable. El cambio en los beneficios económicos de los agricultores (VT) como resultado del cambio de escenario climático  $C_0$  a  $C_1$  está determinado por:

$$\Delta VT = VT(C_1) - LV(C_0) \quad (6)$$

Una vez estimada la relación entre el valor de la tierra y las variables climáticas, se debe evaluar el modelo Ricardiano en uno y otro escenario climático para obtener el monto monetario por el cual el valor

de la tierra será afectado. Si  $\Delta VT < 0$ , existe evidencias de efectos negativos del cambio climático en la rentabilidad agrícola.

Las principales críticas al modelo Ricardiano radican en el uso de la estática comparada. El resultado de la ecuación (6) se basa en el supuesto de que el resto de las variables explicativas, por ejemplo, sociodemográficas no cambian entre los escenarios  $C_0$  y  $C_1$ . Por ejemplo, se asume, que si existe un cambio en los niveles de formación educativa entre  $t = 0$  y  $t = 1$  no tendrá efectos en la rentabilidad de la tierra. También se ha señalado la falta de inclusión, de los cambios en los precios agrícolas y las medidas de adaptación al cambio climático.

## 2.3 | Cambio Climático

La ONG (2020) describe al cambio climático como la alteración del clima y las temperaturas de la Tierra que afecta a los ecosistemas y origina cambios que directa o indirectamente son producidos por la actividad humana. El aumento excesivo de gases de efecto invernadero contribuye a la variación de la temperatura y al deterioro de la capa de ozono que están constituidos por dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxidos de nitrógeno (NOx) y otros gases fluorados. Estos gases son producidos por diversas actividades del hombre, como el uso de energías eléctricas, la dependencia de las industrias de combustibles fósiles o la contaminación de las zonas urbanas por los transportes, el mal uso de los residuos, los procesos industriales, etc. Así mismo la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016) denomina al cambio climático como la variación global del clima de la Tierra debido a causas naturales, pero principalmente a la acción humana, que se traduce en quema de combustibles fósiles, pérdida de bosques y otras actividades producidas en el ámbito industrial, agrícola y transporte, entre otros, como consecuencia de una retención del calor del Sol en la atmósfera. Esta última característica es conocida como "efecto de invernadero" se produce principalmente por el dióxido de carbono, el óxido nítrico y el metano.

## 2.4 | Relación entre cambio climático y agricultura

Uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial es la agricultura, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones del mundo incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, la producción y el consumo, además de afectar el bienestar de las familias productoras. Ante la vulnerabilidad de las variaciones climáticas y sus posibles efectos en la producción agrícola ha recobrado importancia en los últimos años, direccionando a los encargados de las políticas a tomar medidas para mitigar los potenciales impactos (Viguera et al., 2017).

Para Zhindon et al. (2017) son muchos los efectos del cambio climático en la actividad agrícola, mencionando los siguientes efectos: • Alteraciones o variaciones en los rendimientos y productividad de los cultivos: el aumento o disminución exagerada de las temperaturas tiene un efecto directo sobre las cantidades producidas • Disponibilidad del recurso hídrico: las variaciones climáticas repercuten en la disponibilidad de fuentes de agua, a su vez produciendo alteraciones de las cuencas abastecedoras del recurso. • Aparición de plagas, pestes: la propagación de pestes en la agricultura es un tema que demanda de costos adicionales, provocando un

encarecimiento del producto, además de un producto recargado de sustancias químicas que no necesariamente garantizan una alimentación saludable. • Aumento en la pérdida de fertilidad de los suelos: de acuerdo con los microambientes generados y la demanda del suelo para mantener la producción, se presentan algunos casos donde los suelos tienden a perder su propiedad de restauración vegetativa, pasando a demandar sustancias químicas que contrarrestan la situación a un corto plazo, sin embargo, comprometen la actividad a un largo plazo.

## 2.5 | Evidencia empírica.

Romero (2014), cuantifica monetariamente el impacto del CC sobre los principales cultivos permanentes de la agricultura peruana mediante un análisis desagregado a nivel departamental. La información anual empleada para la estimación econométrica fue obtenida del MINAG (2013), por lo tanto incluye cifras de rendimiento (R), superficie (S), producción (Q) y precios en chacra (P) por cultivo a escala departamental para el período 1991-2011. Asimismo, las variables climáticas T y PR se obtuvieron a partir del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la cual incluye datos de frecuencia anual de temperatura promedio máxima, mínima y precipitación. Los resultados econométricos señalan que todos los cultivos en análisis son estadísticamente explicados por la temperatura y precipitación, excepto la palta y naranja para esta última variable. La explicación a esto puede deberse por que estos cultivos no requieren de una gran precipitación durante todo el año o porque se está evidenciando sistemas de irrigación regulados, donde no hay una dependencia directa con relación a la precipitación.

De acuerdo con Jiménez y Massa (2015) en su trabajo de investigación para el caso de la provincia de Loja, analiza la producción de café en el cantón Espindola, donde a través de un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios, determinan la relación entre la producción de café y las variables climáticas. Los resultados revelan una relación positiva entre la precipitación y la producción de café, y entre la producción y la superficie cosechada de este rubro, pero una relación negativa entre la producción y la temperatura máxima y media.

De igual forma, Cadena (2021), mediante un análisis de mapas de las proyecciones (multianuales) con el uso de escenarios escogidos RCP 4.5 y RCP 8.5 del IPCC de las variables previstas de temperatura y precipitación para el periodo comprendido entre 1981-2050, confirma que, el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación tendrán efectos negativos en las etapas iniciales y finales del cultivo sobre todo por la variabilidad climática, algo que podría reducir de manera rigurosa la producción y la economía de los agricultores. Además, se realizan proyecciones climáticas para el año 2050, las cuales indican un aumento probable de temperatura de entre 0,9°C y 1,1 °C y una disminución en las precipitaciones para los próximos años.

González et al. (2020) determinaron los cambios y efectos que ocasionan las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios, en la provincia de Los Ríos, Ecuador, se elaboraron los mapas de interpolación y de estimaciones de siembra, mediante ArcGis, las variables temperatura y precipitación se analizaron con base en series históricas (1981 al 2015), series actuales (2016 al 2019) y proyecciones (2019 al 2050). Los resultados muestran que la variación media multianual de temperatura es de 25,86 °C y la precipitación de 2202.83 mm; obteniendo una producción de 5225 kg/ha de maíz, 3076.8 kg/ha arroz y 1147 kg/ha de soja; se determinó en las proyecciones climáticas (periodo 2016 al 2050) un incremento de 1,07 °C en la variable temperatura y disminución de la precipitación de 303 mm lo que generará una disminución en los rendimientos de maíz, arroz y la soja en 29 %, 27 % y 24 %, respectivamente.

Fernández y Villavicencio (2020) realizaron un estudio para la provincia de Pichincha, en donde determinaron la influencia del cambio climático en la producción agrícola para el 2014-2017, a través de la estrategia econométrica por Mínimos Cuadrados Ordinarios, los resultados demostraron que los insumos para el cultivo ayudan favorablemente a la agricultura, siendo evidente que el cambio climático si influye en la producción agrícola, en donde se determinó que las variables climáticas como la temperatura y la precipitación son favorables hasta alcanzar un punto óptimo de resistencia de los cultivos, al sobrepasar este punto trae efectos negativos a la producción de los cultivos.

Espinosa (2017) realizó un estudio con un modelo de datos de panel para las veinte y cuatro provincias del Ecuador, donde determina el efecto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos de maíz duro seco, banano, fréjol seco, cacao y café, bajo el enfoque de la función de producción agrícola, usando datos de panel y modelos de efectos fijos y aleatorios. Los resultados indican un impacto parcial para el caso del cacao, mientras que, para el caso del fréjol seco, banano, café y maíz duro seco no se demostró un efecto substancial.

Palacios et al. (2018) a través de metodologías econométricas como mínimos cuadrados ordinarios, vectores autorregresivos y causalidad de Granger. Examinan de manera empírica para Ecuador la relación entre el crecimiento poblacional y las tierras cultivables, durante el periodo 1970 - 2013. La combinación de estas variables con el cambio climático y la contaminación ambiental, evidencian la proximidad de una crisis alimentaria en el tiempo. Los resultados permiten observar una relación inversa y de largo plazo entre las tierras cultivables y la población total. Además, se observa también un efecto significativo de las emisiones de dióxido de carbono, temperatura y precipitación sobre los rendimientos de las tierras de cultivo.

Hossain et al. (2019) en su estudio miden los impactos económicos del cambio climático en la producción de cultivos en Bangladesh. A partir del enfoque ricardiano donde se estimó la relación entre el ingreso neto de los cultivos y las variables climáticas. En el cual se empleó datos climáticos históricos y datos de todas las zonas climáticas de Bangladesh a nivel de hogares agrícolas. Los resultados demostraron que los ingresos netos por cultivos en Bangladesh son sensibles al clima, en particular a la temperatura estacional. En las zonas que tienen suficientes instalaciones de riego se observó un efecto positivo del aumento de temperatura en los ingresos netos de los cultivos. El impacto marginal estimado sugiere que un aumento de 1 mm / mes en las precipitaciones y un aumento de 10 grados centígrados en la temperatura dará lugar a un aumento de alrededor de \$415 dólares en los ingresos netos de los cultivos por hectárea en Bangladesh. Sin embargo, habrá variaciones estacionales y espaciales significativas en los impactos. Los impactos futuros proyectados bajo escenarios de cambio climático por Modelos de Circulación Global indicaron un aumento en los ingresos netos de los cultivos de \$25 a \$84 dólares por hectárea en el país.

Zhang et al. (2017) desarrollaron un estudio titulado "Impactos económicos del cambio climático en la agricultura: la importancia de otras variables climáticas además de la temperatura y la precipitación" investigan la importancia de otras variables climáticas adicionales de temperatura y precipitación como: la duración de la luz solar, la velocidad del viento, la evaporación y la humedad. Utilizando datos agrícolas a nivel de condado en China de 1980 a 2010, los resultados indican que las variables climáticas adicionales, especialmente la velocidad del viento y la humedad, son esenciales para el crecimiento de los cultivos. Por lo tanto, la omisión de esas variables es probable que sesgue los impactos previstos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos. En particular, omitir la velocidad del viento probablemente subestime el costo del cambio climático en los rendimientos de los cultivos, mientras que ignorar la humedad tiende a predecir en exceso probablemente el efecto. También

las proyecciones indica que es probable que el cambio climático reduzca los rendimientos de maíz, trigo y arroz en China en un 45 %, 18 % y 36 % respectivamente, para fines de este siglo.

Ali et al. (2017) en su estudio dan a conocer que Pakistán es vulnerable al cambio climático y que las condiciones climáticas extremas amenazan la seguridad alimentaria. Además, examina los efectos del cambio climático a través de variables climáticas (temperatura mínima, temperatura máxima, sol, lluvia y humedad relativa) en los principales cultivos (caña de azúcar, arroz, trigo, y maíz). Los resultados del estudio demuestran que la temperatura mínima tiene una relación directa y significativa para todos los cultivos, mientras que el efecto de temperatura máxima tiene un efecto inverso en la producción de trigo. Y el efecto de las precipitaciones sobre el rendimiento de un cultivo seleccionado es negativo, a excepción del trigo.

Van y Zwart (2018) dan a conocer el primer estudio que cuantifica los posibles efectos del cambio climático en la producción de arroz en África. Simularon impactos sobre el arroz en sistemas irrigados y sistemas de secano; el uso de variedades de arroz con mayor suma de temperatura como opción de adaptación; los rendimientos de arroz para cuatro escenarios de cambio climático de RCP e identificaron las causas de la disminución del rendimiento. Los resultados sin adaptación indican que el acortamiento del período de crecimiento debido a temperaturas más altas tiene un impacto negativo de 24 % en los rendimientos en 2070 en comparación con el año de referencia 2000. Con adaptación, los rendimientos del arroz de secano aumentarían en 8 % pero siguen sujetos a limitaciones de disponibilidad de agua. Y los rendimientos de arroz de regadío en África Oriental aumentarían 25 % debido a temperaturas más favorables y debido a la fertilización con CO<sub>2</sub>. Las proyecciones en África Occidental de los rendimientos del arroz de regadío en la estación húmeda serían una disminución en un 21 % si adaptación o 7 % con adaptación, en cambio, los rendimientos del arroz de regadío en la estación seca serían una disminución en un 45 % sin adaptación y con la adaptación disminuirían significativamente menos 15 %. En donde la principal causa de esta disminución fue la reducción de la fotosíntesis a temperaturas extremadamente altas.

Munguía y Aguilar (2014) en su estudio estima los efectos del cambio climático en el período de crecimiento de los cultivos en El Salvador para el 2075 a 2099, así como los impactos en el maíz blanco de los cambios proyectados en las temperaturas y precipitaciones de lluvia. Los resultados muestran que la duración del período de crecimiento de los cultivos se reduciría entre 10 y 14 días. También, se proyecta una reducción de la lluvia en los dos picos máximos de junio y septiembre, y una intensificación de la sequía intrastival de julio y agosto. En la zona costera del suroriente del país, los efectos futuros del cambio climático en el maíz blanco reducirían sus rendimientos. Además, indica que las restricciones vinculadas al acceso y uso potencial de la tierra, podrían aumentar los impactos del cambio climático, reduciendo la producción de maíz blanco, aumentando la inseguridad alimentaria y acelerando el abandono de la agricultura y medio rural.

De igual forma Tonconi (2014) en su artículo de investigación cuantifica los efectos del cambio climático sobre la producción de aceituna en Yarada, Región Tacna, Perú, a partir de las estimaciones del rendimiento de la producción de aceituna mediante el análisis de cointegración y el modelo de vector de corrección de errores (VEC), usando datos de información de 1993-2012. Los resultados del modelo econométrico indican que las variables climáticas afectan significativamente en el rendimiento de la producción de aceituna. En el cual, se evidencia que los aumentos de temperatura mejoran el rendimiento de este cultivo, ya que en la actualidad la temperatura máxima promedio aún no ha alcanzado el umbral de quiebre de 24,07 °C; en cambio, sucede lo contrario con el nivel de temperatura mínima, en la que caídas de la temperatura mínima tienen efectos desfavorables sobre la productividad de aceituna puesto que ha so-

brepasado el umbral de 16,24 °C.

Benique (2019) cuantifica el impacto del cambio climático sobre el rendimiento de la producción de la cañihua en los periodos 1996-1997 a 2016-2017 en la región de Puno, Perú. A través del método de la función de regresión lineal múltiple basado en mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados, indican que por cada variación en una unidad de la temperatura máxima la producción de la cañihua aumenta en 3 %, y por cada variación en una unidad de la precipitación máxima y mínima el rendimiento aumenta 0,34 % y disminuye en 2,16 %, respectivamente. Mientras la variable humedad máxima y mínima por cada variación en una unidad influye en el rendimiento en 0,70 %, y en 0,93 %, respectivamente.

Ortega et al. (2018) estima las pérdidas económicas para la producción agrícola de temporal a través de un modelo de costos económicos prospectivo, bajo los escenarios de cambio climático regionalizados a la Región de Micoacán al 2025. Los resultados muestran una pérdida atribuible al cambio climático de 530 millones de pesos o más de 24 millones de dólares para los próximos diez años. Los municipios de Madero y Tacámbaro son los que presentarán mayor incremento en la temperatura de acuerdo con los escenarios proyectados del cambio climático, y principalmente Huetamo es el municipio con mayores pérdidas económicas.

Tubiello y Rosenzweig (2008) indica que el calentamiento global moderado puede beneficiar inicialmente la producción de cultivos en las regiones templadas y dañar las regiones tropicales y semiáridas. Sin embargo, si el calentamiento continúa más allá de la mitad del siglo, la producción en todas las regiones del planeta se verá afectada negativamente, además la vulnerabilidad de los países depende, entre otras cosas, de sus condiciones geográficas y del tipo de cultivos que producen o pueden producir.

En el caso de América Latina, la diversidad en términos agroecológicos y demográficos hace que las expectativas para las distintas regiones sean muy variadas entre sí; se espera que en el sureste de América del Sur la productividad se mantenga o incluso aumente ligeramente para mediados de siglo, mientras que en América Central la productividad podría disminuir en los próximos 15 años poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones más pobres (Field y Barros, 2014).

Cline (2007) citado por (Tonconi, 2015) indica que, si continúan sin reducirse las emisiones de carbono, para el 2080 la concentración de carbono en la atmósfera se duplicará, produciendo un aumento de calentamiento global de 3,3 °C, ello incidirá en una mayor disminución de la productividad agrícola en Latinoamérica, mucho más en los países en desarrollo. De manera similar, Seo y Mendelsohn (2007) predicen efectos del cambio climático sobre la agricultura para el continente africano, basados en una muestra de 2.000 observaciones. Los productores grandes y pequeños perderán hasta el 25 % del valor de su flujo de ingresos para 2060, el porcentaje se incrementa hasta 50 % en el escenario climático más severo correspondiente a 2100.

## 3 | DATOS Y METODOLOGÍA

### 3.1 | Datos

Los datos a utilizarse en este estudio provienen de fuentes secundarias como de la base de datos del Banco Central del Ecuador (BCE) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). La base de datos está formada por tres variables conformadas por: Valor agregado Bruto del sector Agrícola (VAB), temperatura máxima, media, mensual y precipitación, en el periodo 2007 al 2020, a nivel cantonal con periodicidad anual.

Tabla 1. Estadísticos Descriptivos.

Variable		Media	Std. Dev.	Min	Max	Observaciones
Lnvab	overall	9094,839	0,6106101	7741,838	1031,168	N = 84
	between		0,6093836	843,821	9915,691	n = 6
	within		0,2442524	8276,415	9601,045	T = 14
Inmínima	overall	2634,802	0,2465104	2200,552	3039,749	N = 84
	between		0,2633283	2308,878	2997,033	n = 6
	within		0,0478158	2512,185	2713,458	T = 14
Lnmensual	overall	2974,254	0,2093368	2714,695	3271,468	N = 84
	between		0,2257484	2758,506	3242,537	n = 6
	within		0,0290107	2910,654	306,414	T = 14
Lnmáxima	overall	3237,689	0,1844175	2995,732	3505,557	N = 84
	between		0,198192	3045,158	3487,353	n = 6
	within		0,0296993	3188,263	3322,575	T = 14
Lnprecipitación	overall	6671,611	0,5959196	4771,006	7543,962	N = 84
	between		0,3874764	6088,658	7057,693	n = 6
	within		0,4780144	5306,236	7493,604	T = 14
Inmínima2	overall	7002,227	1316,505	4842,431	9240,075	N = 84
	between		1408,085	5333,818	8983,712	n = 6
	within		0,2470324	6327,212	7414,138	T = 14
Inmensual2	overall	8889,488	1257,609	7369,567	107,025	N = 84
	between		1357,231	7610,533	1051,425	n = 6
	within		0,1673999	8538,399	9392,291	T = 14
Inmáxima2	overall	1051,623	1201,364	8974,412	1228,893	N = 84
	between		1292,051	927,481	121,619	n = 6
	within		0,1880221	1021,584	110,386	T = 14
Inprecipitación2	overall	4486,129	7568,202	227,625	5691,135	N = 84
	between		4993,571	3746,614	4999,579	n = 6
	within		6020,592	2853,708	558,689	T = 14

Se puede observar los estadísticos descriptivos para cada variable considerada dentro del modelo econométrico, en donde se presenta información como número de observaciones, la media y desviación estándar, por lo que se evidencia que no existen grandes variaciones en la desviación estándar de los datos de las variables durante el periodo analizado.

Es importante mencionar que para la investigación se seleccionaron los cantones más vulnerables de la provincia de Loja: Loja, Célica, Espíndola, Puyango, Saraguro y Zapotillo, de acuerdo a la investigación de Henry(2009).

## 3.2 | Variables

### 3.2.1 | Valor Agregado Bruto Agrícola

En la Figura 1 se puede observar el comportamiento del Valor Agregado Bruto Agrícola para los cantones de estudio en el periodo 2007-2020. Los cantones que tienen un mayor valor agregado en el sector agrícola son los cantones de Loja y Saraguro representando en promedio 20.848 miles de dólares y 17.439 miles de dólares respectivamente. Le sigue el cantón Célica con un promedio de 8.342 miles de dólares en el vab del sector agrícola, por último los cantones que tienen uno menor representación en el vab son Espíndola y Zapotillo con un promedio de 5.500 mil y 4.700 mil respectivamente.

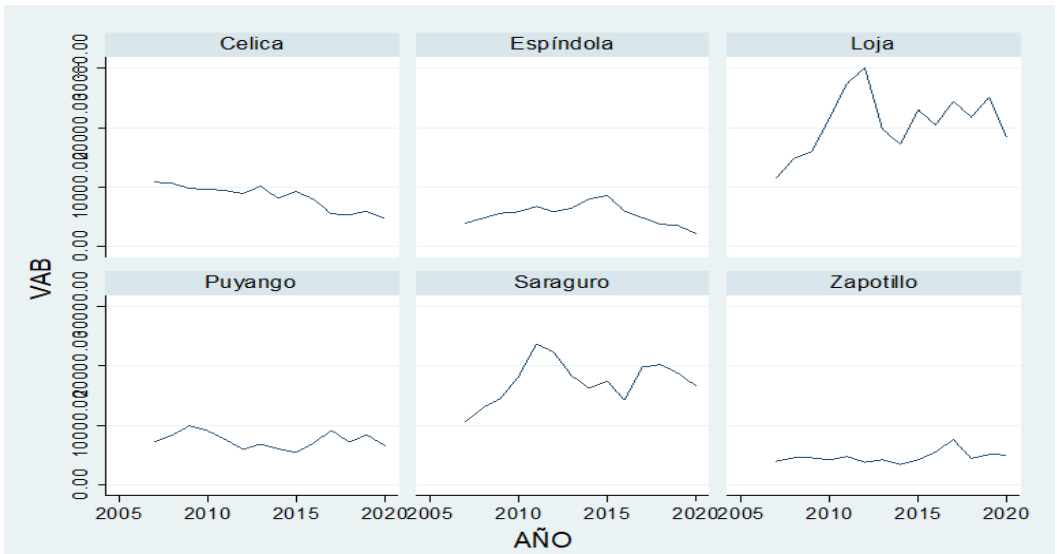


Figura 1. Comportamiento del valor agregado bruto Agrícola para los cantones de estudio.

### 3.2.2 | Temperatura máxima, mínima y mensual (°C).

En la figura 2 se puede observar la evolución anual de la temperatura mínima, mensual y máxima de los cantones incluidos en la

investigación para el periodo 2007-2020. Los cantones tienen en promedio una temperatura mínima, mensual y máxima de 14,37°C, 20°C y 25,90°C, respectivamente. La temperatura durante el periodo de estudio ha sido muy variable, presentando un panorama cíclico, ya sea por las elevadas o muy bajas temperaturas.

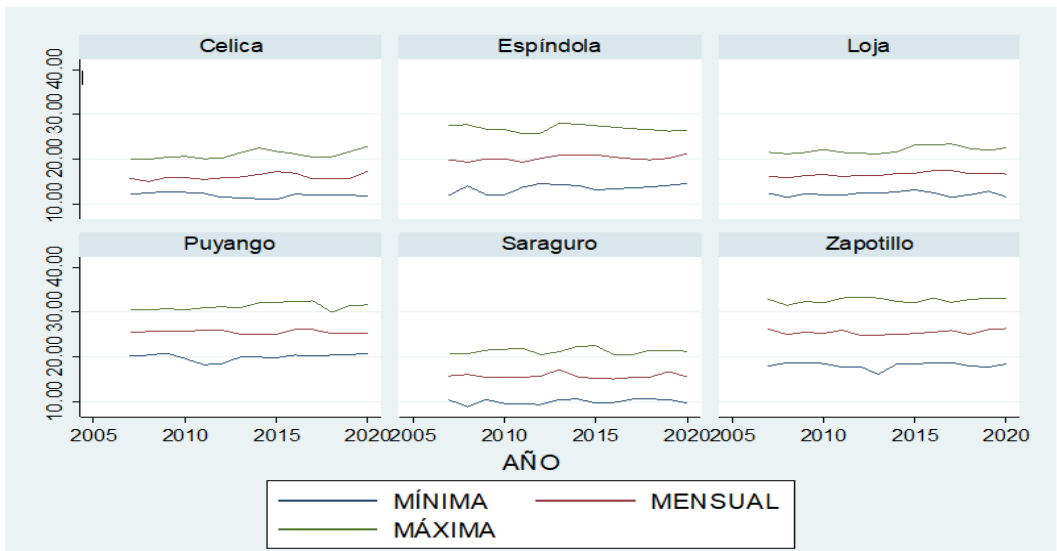


Figura 2. Evolución de la temperatura máxima, mínima y mensual.

### 3.2.3 | Precipitación (mm).

En la figura 3 muestra la evolución de la precipitación anual medida en milímetros cúbicos para el periodo de estudio. Como se puede apreciar las precipitaciones en los cantones de estudio presenta un comportamiento cíclico con picos altos y bajos, la precipitación

en promedio es de 910 mm. La explicación frente a estos fenómenos es el cambio climático, en donde existe una disminución en los ciclos de precipitación y un aumento en la temperatura. Además, que las lluvias son esenciales para la producción agrícola, ya que la escasa presencia trae como consecuencia en los suelos utilizados para los cultivos (Palacios et al., 2018).

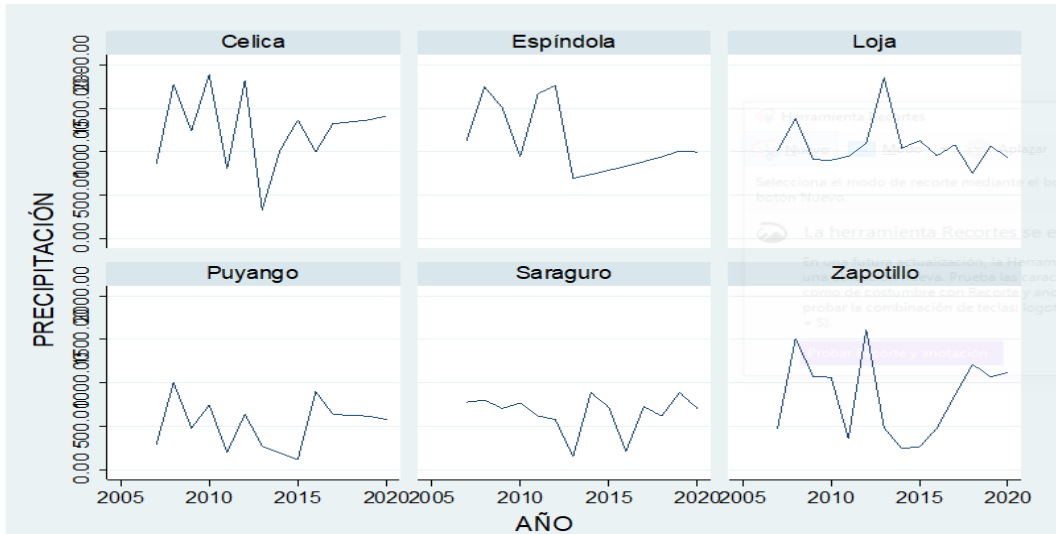


Figura 3. Evolución de la precipitación de la provincia de Loja.

### 3.3 | Metodología

El enfoque de la investigación será correlacional, se realizará un análisis econométrico donde se determine los efectos de la relación entre la variable dependiente: producción agrícola en función de las variables independientes (temperatura máxima, mínima, mensual y precipitación); para finalmente comprender la relación entre el cambio climático y la producción, usando métodos econométricos y estadísticos para determinar dicha relación.

Con el propósito de medir el impacto de las variables climáticas en la producción agrícola, se pretende realizar un modelo econométrico en donde la metodología a utilizar será la de un panel a través de un modelo de efectos fijos, en el cual se encuentran seis cantones de la provincia de Loja y datos en el periodo de 2007-2020.

Para la especificación del modelo econométrico se utilizará la función de producción de Fleischer et al. (2007) en donde se tomarán las variables exógenas (temperatura máxima, mínima, mensual y precipitación ya que solo se quiere ver la influencia de las variables climáticas en la producción agrícola), quedando el modelo econométrico de la siguiente manera:

$$Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tem + \beta_2 Tem^2 + \beta_3 Pre + \beta_4 Pre^2 + \epsilon_{it} \quad (7)$$

Además, es necesario destacar que se utilizan las variables al cuadrado de temperatura ( $Tem^2$ ) y precipitación ( $Pre^2$ ) para ver los

efectos a largo plazo, y para evitar problemas de especificación y de errores de heteroscedasticidad las variables se encuentran expresadas en logaritmos, entonces la ecuación se especifica de la siguiente manera:

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Tem + \beta_2 \ln Tem^2 + \beta_3 \ln Pre + \beta_4 \ln Pre^2 + \epsilon_{it} \quad (8)$$

Donde la variable dependiente ( $\ln Q_{it}$ ) en este caso es el valor agregado bruto agrícola cantonal, ( $\beta_0$ ) es el intercepto de la ecuación, los ( $\beta$ ) son los coeficientes de las variables independientes, ( $Tem$  y  $Pre$ ) son las variables independientes en el modelo en este caso temperatura y precipitación. Finalmente, para la obtención de los resultados, se emplea el test de Hausman el cual nos indica si se trata de un modelo de efectos fijos o variables.

## 4 | RESULTADOS

Al tratarse de datos de panel, se realizó el test de Hausman, con el fin de verificar cual es el mejor modelo a aplicar. Una vez realizado el test se puede evidenciar que el  $\chi^2$  cuadrado es menor al 5% de aceptación, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna de que el mejor modelo es el de efectos aleatorios y se rechaza la hipótesis nula.



Tabla 2. Test de Hausman para la VAB.

	Coeficientes			
	(b) fe	(B) re	(cama y desayuno) Diferencia	sqrt(diag(V_b-V_B)) SE
mínimos	-4,239	-13,69	9,452204	0,9631206
lnmensual	-12,61	-20,58	7,974405	.
lnmaxima	-9,847	36,48	-46,3282	.
lnprecipitacion	0,922	2,302	-1,379875	.
lnminima2	0,856	2,744	-1,888427	0,041522
lnmensual2	2,309	3,183	-0,8737758	.
lnmaxima2	1,488	-5,89	7,377847	.
lnprecipitacion2	-0,072	-0,191	0,118996	.

Probchi2= 0.002

Con respecto a la regresión, los valores encontrados quedan estructurados de la siguiente manera:

$$\ln Q_{it} = -4,074 - 13,69 \ln min - 20,58 \ln men + 36,48 \ln max + 2,302 \ln pre + 2,744 \ln min^2 + 3,183 \ln men^2 - 5,890 \ln max^2 - 0,191 \ln pre^2 + \epsilon_{it}$$

Los resultados de la regresión muestra la relación negativa en el corto plazo entre la producción y la temperatura mínima, es así que ante un aumento del 1% en la temperatura mínima la producción agrícola se verá afectada con una disminución del 13,6%; en cambio los resultados a largo plazo muestran una relación positiva,

es así que ante un aumento del 1% en la temperatura mínima la producción aumentara en promedio en un 2,74%, en este caso la variable lineal no es estadísticamente significativa a comparación de la variable cuadrática que sí es significativa.

Tabla 3. Resultados del modelo

	LnVab		
lnmínima	-13,69 (-1.58)	lnmínima2	2,744* -1,8
lnmensual	-20,58 (-1.06)	lnmensual2	3,183 -0,98
lnmáxima	36,48* -1,88	lnmáxima2	-5,890** (-1.96)
lnprecipitación	2,302** -2,51	lnprecipitación2	-0,191*** (-2.62)
_cons	-4,074		
Observations	84		

\* p &lt; 0.1, \*\* p &lt; 0.05, \*\*\* p &lt; 0.01

De igual forma, en la regresión se muestra la relación inversa en el corto plazo entre la producción y la temperatura mensual, indicando que la producción agrícola disminuye cerca del 20% ante un cambio del 1% en la temperatura mensual; mientras que en el largo plazo los resultados muestran una relación positiva, es decir la producción disminuye en un 3,18% ante un cambio porcentual del 1%, siendo estas variables no significativas bajo los niveles de significancia. En cambio, los resultados de la regresión muestran la relación directa entre la producción agrícola y la temperatura máxima a corto plazo, es así que ante un aumento del 1% en la temperatura máxima, la producción se verá afectada con un aumento en promedio del 36%; a su vez se presenta una relación indirecta a largo plazo, si la temperatura aumenta en 1% la producción agrícola

va a disminuir en 5,89%, en este caso las variables si son estadísticamente significativas lo que indica que si tienen un impacto en la producción.

De igual forma, para la variable precipitación, en la regresión se muestra la relación positiva entre la producción y la precipitación en el corto plazo, por ende, si la precipitación aumenta en 1% la producción aumentara 2,3%; mientras que en el largo plazo la relación es negativa, la producción se verá afectada con una disminución cerca del 0,2% ante un aumento del 1% en la precipitación. Siendo la precipitación una variable estadísticamente significativa indicando que sí tiene influencia en el periodo de estudio.

En base a los resultados se puede observar que para el caso de

las variables climáticas lineales como Inmínima y Inmensual no tienen un efecto significativo sobre la producción agrícola de los seis cantones de la provincia de Loja, a diferencia de las otras variables lineales como Inmáxima e Inprecipitación que son significativas al 10% y 5% respectivamente. Esto se puede atribuir a que la mayoría de los años del periodo de estudio los datos de temperatura mínima y temperatura mensual son cercanos al óptimo para el crecimiento del VAB en el sector agrícola por lo que las variaciones climáticas observadas no han tenido una fuerte repercusión en su crecimiento, en cambio, la temperatura máxima y la precipitación se puede decir que hay un gran número de observaciones que ya han sobrepasado el valor máximo que optimiza la tasa de crecimiento del VAB cantonal, por lo que las variaciones de estas variables observadas el periodo de estudio ha tenido una fuerte repercusión. Además de los resultados obtenidos en la investigación, se determinó en el modelo econométrico que para el caso de los seis cantones de la provincia de Loja el cambio climático con respecto a la temperatura y precipitación, los signos de las variables son los esperados para el caso de temperatura máxima y precipitación. Es decir, los términos lineales son positivos y los cuadráticos que muestra los efectos en la función de producción a largo plazo, son negativos. Pero esto no se da para las variables de temperatura mínima y mensual que el efecto es el contrario. Según la teoría se espera que las variables climáticas respondan con un coeficiente positivo mientras que estas variables al cuadrado respondan con un coeficiente negativo, ya que estos coeficientes capturan el incremento de las variables climáticas. Por ejemplo, es buena la temperatura hasta cierto punto, hasta que alcance su punto óptimo, a partir de esta se vuelve negativo afectando a la producción agrícola. Sin embargo, se puede dar el caso contrario de que el coeficiente de la temperatura sea negativo y que sea positivo en el coeficiente de la misma variable al cuadrado, estos coeficientes hacen referencia de que ya se está dando una afectación de la variable climática a la producción agrícola sin necesidad de capturar su crecimiento

## 5 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio analiza la producción agrícola a partir de la variación del clima obteniendo como principal resultado que la variación de la temperatura a largo plazo afecta negativamente en la producción en 5,89%, así mismo la precipitación disminuye la producción en 0,191%. Con respecto a la evidencia empírica, según Ortiz (2012) se prevé que para el año 2100 habrá un calentamiento continuo de 4.5 y 5°C en la región de los andes tropicales, afectando el ciclo hidrológico, disminuyendo la disponibilidad de agua para el riego, así como la extensión del periodo de desarrollo de los cultivos. Además, las estimaciones sugieren que la productividad de la agricultura podría descender entre un 12% y 50% como resultado de los cambios del clima. Y para Ecuador se estima que para el 2080 las pérdidas provocadas por los menores rendimientos podrían alcanzar el 20% en el caso del cacao y el café, y el 40% en el caso de la banana y la caña de azúcar. En cambio, en otro estudio por Jiménez Noboa et al. (2012), se estimó que para el 2020 la provincia de Loja presentará una pérdida de 442 dólares en el maíz, debido a los incrementos esperados por efecto de las variaciones climáticas. Entonces, al ser la provincia de Loja parte de los Andes, se prevé que en el futuro tenga grandes pérdidas en la producción agrícola y en consecuencia en los productos principales como el maíz y la caña de azúcar.

Con respecto a la evidencia empírica, en el cantón Espíndola de la Provincia de Loja los resultados difieren un poco, en este caso se hizo una investigación para el café en el periodo 2002-2013 donde se evidenció que el cambio climático con respecto a la temperatura máxima, mínima, mensual y precipitación no muestran impactos estadísticamente significativos para la producción de café,

todo ello se debe en base a la ubicación donde se cultiva el café, el cual presenta condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de la planta (Jiménez y Massa, 2015). Para el caso de la provincia de Loja, Espíndola es uno de los cantones de investigación, por lo que actualmente la producción de este cantón si se vería afectado por las temperaturas máximas y la precipitación.

Así mismo es relevante mencionar que la provincia de Loja posee características climáticas similares a las provincias de Pichincha y Los Ríos en cuanto a temperatura y precipitación y altitud. En un estudio similar realizado en la provincia de Pichincha los resultados demostraron que la relación de las variables climáticas sobre los niveles de producción, para algunos productos es significativo y para otros no, pero a largo plazo todos los cultivos se verán afectados por el clima, ya que con el tiempo la temperatura tiende a incrementar y los cultivos no soportarán estas temperaturas extremas (Fernández y Villavicencio, 2020).

De igual forma en la provincia de Los Ríos, prevé para el 2050 que la temperatura se incrementará en 1,07 °C, indudablemente afectará al rendimiento de los cultivos transitorios, pues la productividad de los cultivos va a disminuir, y la seguridad alimentaria se verá afectada por los cambios de las condiciones climáticas, por lo cual es necesario encontrar nuevas medidas en manejo, insumos, fertilizantes, semillas, entre otros que sean resilientes con el cambio climático (González et al., 2020).

Tomando en cuenta la evidencia empírica para el Ecuador, Espinosa (2017), a través de su estudio con datos de panel para los diferentes cultivos, demuestra que en el caso del maíz duro seco y cacao si se observa un impacto significativo de que las temperaturas máximas afectan de manera negativa en el rendimiento, en cambio para el café, frejol, y banano no se observa un impacto substancial de las variables climáticas sobre el rendimiento de los cultivos. Pero de acuerdo a la evidencia empírica, a pesar de que las variables climáticas no tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de los cultivos, a largo plazo, el cambio climático puede representar una gran amenaza a la seguridad alimentaria mundial y sobre todo a para los países en vías de desarrollo; en comparación con la provincia de Loja en donde el clima si tiene un efecto significativo sobre la producción agrícola y puede verse afectada en el largo plazo por el cambio climático, es necesario tomar medidas que mitiguen el problema.

## 6 | CONCLUSIONES

El análisis realizado en este estudio, demuestra que la temperatura máxima y la precipitación son estadísticamente significativas, las variables climáticas muestran una tendencia positiva en el corto plazo y una tendencia negativa en el largo plazo, es decir, al elevarse en 1% la temperatura máxima, la producción se verá afectada con un aumento en promedio del 36%, en cambio a largo plazo la producción va a disminuir en 5,89%; por la elevación de las precipitaciones en 1% la producción aumentará 2,3%, mientras que en el largo plazo la producción se verá afectada con una disminución cerca del 0,2

Así mismo, el constante incremento que se prevé que va a tener la temperatura en años futuros, sumado a esto la disminución de la precipitación, lamentablemente conllevarán a decrementos en la producción y ello se traduciría en pérdidas económicas que podrían representar magnitudes importantes.

En lo que refiere a política agrícola a nivel nacional se la deberá encaminar hacia la incorporación de buenas prácticas agrícolas, considerando aspectos que condicionan y limitan la producción; de igual manera será necesario aumentar la inversión en la tecnificación agrícola para poder mejorar la productividad ya que es una fuente importante de ingresos para los agricultores, así como el in-

corporamiento por parte de todos los agricultores de estudios genéticos y análisis de usos del suelo, si se toman medidas de adaptación y mitigación adecuadas se mejorará la resiliencia de este sector.

## Referencias bibliográficas

- [1] Altmann, P. (2016). Buen Vivir como propuesta política integral: Dimensiones del Sumak Kawsay. *Mundos Plurales-Revista Latinoamericana de Políticas y Acción Pública*, 3(1), 55-74.
- [2] Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Abdullah, Ilyas, A., y Din, I. U. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from pakistan. *Foods*, 6(6), 1-19. <https://doi.org/10.3390/foods6060039>
- [3] BCE. (2020). Cuentas Nacionales Regionales. <https://bit.ly/3verZ4x>
- [4] Benique, E. (2019). Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*) en la Región - Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2), 100-110. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.454>
- [5] Cadena, F. (2021). Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (*Chenopodium quinua*), en la provincia de Chimborazo [Tesis de maestría]. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador.
- [6] Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997-2014. *Comuni@cción*, 7(2), 38-47.
- [7] CEPAL. (2016). Acerca de Cambio climático. Comisión Económica Para América Latina y El Caribe. <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>
- [8] Editorial Etecé. (2022, Julio 14). Agricultura - Concepto, tipos y fines. Concepto. <https://concepto.de/agricultura/>
- [9] Espinosa, A. (2017). Impacto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos de maíz duro seco, banano, fréjol seco, cacao y café: Un análisis provincial, periodo 2000-2012 [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Particular de Loja.
- [10] Fernández, Y., y Villavicencio, W. (2020). La producción agrícola y la influencia del cambio climático en la provincia de Pichincha, periodo 2014-2017. Universidad Central del Ecuador.
- [11] Field, C., y Barros, V. (2014). Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects. In C. Field y V.
- [12] Barros (Eds.), Cambridge University Press. <https://n9.cl/j3i7l>
- [13] Fleischer, A., Lichtman, I., y Mendelsohn, R. (2007). Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful? World Bank, 1-22. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4135>
- [14] Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., y Ferrer Carbonell, J. (2014). Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático: Una visión desde América Latina.
- [15] González, B., Barragán, R., Simba, L., y Rivero, M. (2020). Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Centro Agrícola*, 47(4), 54-64. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- [16] Henry, G. (2009). Estrategias locales para la mitigación de los efectos del cambio climático a través del fomento de los servicios ambientales en la provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja.
- [17] Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de Investigación (5ta ed). McGraw-Hill. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- [18] Hossain, M. S., Qian, L., Arshad, M., Shahid, S., Fahad, S., y Akhter, J. (2019). Climate change and crop farming in Bangladesh: an analysis of economic impacts. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(3), 424-440. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2018-0030>
- [19] Jiménez, A., y Massa, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, 40(40), 117-137.
- [20] Jiménez Noboa, S., Castro, L., Yopez, J., y Wittmer, C. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. [www.fundacioncarolina.es](http://www.fundacioncarolina.es)
- [21] Mendelsohn, R., y Nordhaus, W. (1999). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis: Reply. *American Economic Review*, 89(4), 1046-1048. <https://doi.org/10.1257/aer.89.4.1046>
- [22] Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A., y Serna, B. (2010). Guatemala: efectos del cambio climático sobre la agricultura (No. P01-277).
- [23] Munguia, Y., y Aguilar, M. (2014). Efectos e impactos del cambio climático en el maíz blanco en El Salvador. *Variabilidad y Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático En América Latina y El Caribe*, 73-88.
- [24] ONG Manos Unidas. (2020). ¿Qué es el cambio climático? Manos Unidas. <https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico>

- [25] Ortega, A., Ortiz, C., y Ortega, P. (2018). Proyección del efecto de cambio climático en la producción agrícola de temporal de la región tierra caliente de Michoacán al 2025. 408-427.
- [26] Ortiz, R. (2012). El cambio climático y la producción agrícola. <http://www.iadb.org>
- [27] Palacios, M., Massa, P., y Martínez, V. (2018). Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la América andina: un análisis empírico para Ecuador. *Investigación Operacional*, 39(2), 234-249.
- [28] Seo, S., y Mendelsohn, R. (2007). Climate change impacts on animal husbandry in Africa: A Ricardian analysis. World Bank, 1-48. <http://hdl.handle.net/10986/7423>
- [29] Sharma, V., Kaur, J., y Sharma, S. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria: potential for sustainable agriculture. <https://orcid.org/0000-0003-1781-1056>
- [30] Tonconi, J. (2015). Producción agrícola alimentaria y cambio climático un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia (Arica)*, 33(2), 119-136.
- [31] Tonconi, J. Q. (2014). Efectos del cambio climático sobre la producción de aceituna en Yarada, Región Tacna. *Idesia (Arica)*, 32(2), 29-35.
- [32] Tubiello, F. N., y Rosenzweig, C. (2008). Developing climate change impact metrics for agriculture. *Integrated Assessment Journal*, 8(1), 165-184.
- [33] Van Oort, P. A. J., y Zwart, S. J. (2018). Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Global Change Biology*, 24(3), 1029-1045. <https://doi.org/10.1111/gcb.13967>
- [34] Viguera, B., Martínez, R., Donatti, C., Harvey, C., y Alpízar, F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. [www.conservation.org/cascade-espanol](http://www.conservation.org/cascade-espanol)
- [35] Zhang, P., Zhang, J., y Chen, M. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 8-31. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.12.001>
- [36] Zhindon, D., Massa, P., y Bonilla, J. (2017). Relación del cambio climático con la producción agrícola en la Provincia del Azuay. *INNOVA Research Journal*, 2(9.1), 55-64. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n9.1.2017.508>