



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ECONOMÍA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN
DE PAPA EN 5 PROVINCIAS ANDINAS DEL ECUADOR, PERÍODO 2008-2018**

Trabajo de Titulación para Optar al Título de Economista

AUTOR:

Chimborazo Balvoa, Segundo Isidoro

TUTOR:

Econ. Wilman Gustavo Carrillo Pulgar

Riobamba, Ecuador 2023

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Segundo Isidoro Chimborazo Balvoa con C.C. 030271239-3, declaro ser responsable directo de las ideas y resultados evidentes en el presente trabajo de investigación, los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Segundo Isidoro Chimborazo Balvoa
AUTOR
C.C. 030271239-3



Dictamen de Conformidad del Proyecto Escrito de Investigación

Facultad: Ciencias Políticas y Administrativas

Carrera: Economía

1. Datos Informativos Docente Tutor y Miembros del Tribunal

Tutor: Wilman Gustavo Carrillo Pulgar **Cedula:** 0602147225

Miembro Tribunal: Econ. María Eugenia Borja **Cedula:** 0201127057

Miembro Tribunal: Ms. Patricio Juelas Carrillo **Cedula:** 1707621106

2. Datos Informativos del Estudiante

Apellidos: Chimborazo Balvoa

Nombres: Segundo Isidoro

C.I/ Pasaporte: 0302712393

Título del Proyecto de Investigación: Efectos del cambio climático en el rendimiento de la producción de papa en 5 provincias andinas del Ecuador, período 2008-2018

Dominio Científico: Desarrollo Territorial- Productivo y Habidad Sustentable para mejorar la Calidad de Vida.

Línea de Investigación: Ciencias Sociales y del Comportamiento

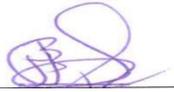
Calificaciones

Tribunal	Nombres y Apellidos	Calificación	Calificación
		(letras)	(números)
Tutor	Econ. Wilman Gustavo Carrillo Pulgar	Diez	10
Miembro Tribunal	Econ. María Eugenia Borja	Diez	10
Miembro Tribunal	Ms. Patricio Juelas Carrillo	Nueve	9
Calificación Promedio		Nueve coma sesenta y siete	9,67

Fundamentando en las observaciones realizadas y el contenido presentado, SI (X)/NO () es favorable el dictamen del Proyecto escrito de investigación, obteniendo una calificación de: (Nueve coma sesenta y siete) sobre 10 puntos.



Econ. Wilman Gustavo Carrillo Pulgar
Tutor



Econ. Maria Eugenia Borja
Miembro del Tribunal 1



Ms. Patricio Juelas Carrillo
Miembro del Tribunal 2

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado, primero a Dios por darme la oportunidad y la sabiduría, para cumplir uno de mis sueños más anhelados, y los seres que mas amo a mis Padres Isidoro y Juana, así como también a mis hermanos y hermanas, quienes me brindaron su confianza, amor y su apoyo incondicional en todo momento para concluir con éxito mi carrera profesional.

.

AGRADECIMIENTO

A Dios, sin el nada sería posible, un agradecimiento profundo a mis padres, hermanos y hermanas quienes fueron el pilar fundamental para la culminación de mi carrera profesional, gracias por el sacrificio y esfuerzo realizado día tras día. A mi familia que de una o otra forma me han apoyado con sus consejos para seguir adelante con mis estudios.

De Igual manera agradezco a mi hermana Isabel, quien ha sido mi gran apoyo y motivación en mi vida, quien me ha enseñado que en la vida los sueños se pueden alcanzar con mucho esfuerzo.

A mi Tutor, Econ. Wilman Carrillo, que gracias a su guía y sus conocimientos me ha ayudado y ha encaminado a lo largo de mi proyecto de investigación a que se desarrolle de la mejor manera, a mis docentes, a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme y abrirme las puertas para forjarme como un gran profesional.

Gracias a todos

Segundo

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Capítulo I	16
1. Marco Referencial.....	16
1.1. Tema de Investigación	16
1.2. Planteamiento del tema de Investigación	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Hipótesis.....	17
1.5. Operacionalización de las variables	18
1.6. Variables.....	18
1.6.1. Variable Independiente:	18
1.6.2. Variable Dependiente:	18
Capitulo II	19
2. Marco Teórico	19
2.1. Antecedentes investigativos	19
2.2. Enfoque de la función de Producción	20
2.3. Fundamentación teórica	21
2.3.1. El cambio climático	21
2.3.2. Efecto invernadero	22
2.3.3. Causas del Cambio Climático	22
2.3.4. El clima	23
2.3.5. Temperatura	23
2.3.6. Precipitación	23

2.3.7.	Origen y evolución del cambio climático en la agricultura	23
2.3.8.	Impacto del cambio climático en la producción de alimentos	24
2.3.9.	Factores de vulnerabilidad del sector agropecuario	24
2.4.	Producción de papa	25
2.4.1.	Papa.....	25
2.4.2.	Incrementar la producción de la papa	25
2.4.3.	Condiciones para su cultivo	25
2.5.	Importancia de la producción de papa en la región Andina del Ecuador.....	30
2.5.1.	Caso Carchi.....	30
2.5.2.	Caso Pichincha.....	30
2.5.3.	Caso Cotopaxi.....	30
2.5.4.	Caso Tungurahua	31
2.5.5.	Caso Chimborazo.....	31
Capitulo III.....		32
3.	Metodología	32
3.1.	Método	32
3.1.1.	Método inductivo	32
3.2.	Tipo de Investigación	32
3.2.1.	Cuantitativa.....	32
3.2.2.	Correlacional.....	32
3.2.3.	Explicativa	32
3.2.4.	Diseño de la Investigación	32
3.3.	Población y Muestra.....	33
3.3.1.	Población.....	33
3.3.2.	Muestra	33
3.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5.	Descripción de las variables de la Investigación Para la investigación se determinaron las siguientes variables en función de la conceptualización de estas:	33
3.5.1.	Variable independiente	33
3.5.2.	Variable dependiente	34
3.6.	Modelo Econométrico	34
Capitulo IV.....		36
4.1.	Análisis de Resultados	36

4.2.	Situación del cambio climático en el rendimiento de la producción de papa	36
4.3.	Análisis Descriptivo	36
4.4.	Estimación del Modelo Econométrico	39
4.5.	Análisis del Modelo Econométrico	39
4.6.	Prueba de Hipótesis	45
4.6.1.	Hipótesis General	45
	Discusión	46
	Conclusiones y Recomendaciones	48
	Conclusiones	48
	Recomendaciones	49
	Referencias	50
	Anexos	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	18
Tabla 2. Requerimiento de temperatura en el cultivo de papa de acuerdo con su etapa de desarrollo.....	26
Tabla 3. Estudios Realizados sobre el cambio climático y Rendimiento de la producción agrícola.....	27
Tabla 4. Rendimiento de la producción de papa de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 (Ton/H).....	36
Tabla 5. Precipitación media de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 Milímetros(mm).....	37
Tabla 6. Temperatura media de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 grados Celsius (°C)	38
Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables.....	39
Tabla 8. Resumen estadístico descriptivo de las variables de regresión	40
Tabla 9. Regresión de panel de datos con variable dependiente logaritmo de rendimiento de producción de papa.	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Función de producción con variables climáticas	21
Gráfico 2. Distribución del rendimiento con respecto de las precipitaciones (a) y la temperatura (b).....	44

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los efectos del cambio climático en el rendimiento de la producción de papa en 5 provincias andinas del Ecuador, periodo 2008-2018. Para la cual se aplicó un modelo microeconómico de la función de producción agrícola, con la finalidad de validar la hipótesis. Para la contrastación se usó la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Los indicadores generados fueron procesados a través de un análisis de datos de panel.

La investigación se encuentra dividida en tres capítulos. El Capítulo I, hace énfasis a la fundamentación teórica sobre función de producción agrícola y el comportamiento de este frente al cambio climático, el capítulo II, da a conocer sobre la metodología de la investigación, el diseño, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información obtenida, finalmente el capítulo III, compete a los resultados obtenidos muestran que los efectos de las variables que explican el cambio climático sobre el rendimiento de la producción de papa, fue positiva hasta un determinado punto máximo, después de la cual el efecto se convierte negativo. Después de la contrastación se encontró que los niveles de temperatura y precipitaciones que maximizan el rendimiento de producción son igual a 15,2 °C y 4.33 (considerando que está en logaritmos que es equivalente a 77 mm) respectivamente, en donde el grafico de dicha relación tiene la forma de U invertida (cóncava).

Palabras Clave: Cambio climático, rendimiento, producción, temperatura, precipitaciones

ABSTRACT

The present research aims to determine climate change's effects on potato production yields in 5 Andean provinces of Ecuador, period 2008-2018. A microeconomic model of the agricultural production function was applied to validate the hypothesis. The database of the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) and the Ministry of Agriculture and Livestock (MAG) was used for the testing. The indicators generated were processed through a panel data analysis.

The research is divided into three chapters. Chapter I emphasizes the theoretical foundation of the function of agricultural production and its behavior in the face of climate change; Chapter II describes the research methodology, the design, the population and sample, the techniques and instruments used to collect and process the information obtained; finally, Chapter III deals with the results obtained, which show that the effects of the variables that explain climate change on potato production yields were positive up to a certain maximum point, after which the effect becomes negative. After the contestation, it was found that the temperature and precipitation levels that maximize the production yield are equal to 15.2 °C and 4.33 (considering that it is in logarithms which is equivalent to 77 mm), respectively, where the graph of this relationship has the shape of an inverted U (concave).

Key words: Climate change, yield, yield, production, temperature, precipitation.



Lic. Eduardo Barreno Freire

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604936211

INTRODUCCIÓN

Durante la última década el entorno agrícola del Ecuador se ha visto afectado por los cambios climáticos; temperatura, precipitaciones atmosféricas, como efecto ha disminuido el rendimiento de la producción de papa en la región andina. Existe un amplio consenso en que el cambio climático representa una gran amenaza para la producción agrícola (Alexandratos & Bruinsma, 2012; Field, 2014). Diferentes trabajos empíricos indican que la productividad de muchos cultivos en todo el mundo ha disminuido notablemente como consecuencia del aumento de las temperaturas.

El cultivo de papa es un factor socioeconómico importante de las comunidades andinas del Ecuador, no solo porque es el principal alimento, sino también porque es una fuente de ingresos para las comunidades rurales (Ronco et al., 2009; Basantes et al., 2020). En el Ecuador actualmente la superficie utilizada para la producción de papa es de 32.742 hectáreas, donde Carchi, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo abarcan el 89% de la producción papa (MAG, 2019).

En Ecuador este cultivo se encuentra establecido dentro de los de mayor importancia para la economía campesina. Cientos de familias dependen en sus ingresos de este cultivo. Además, es posible asegurar que la papa es piedra angular en la seguridad alimentaria en la Sierra del país (Devaux, 2011).

El cambio climático es un fenómeno global, que se manifiesta como un aumento de la temperatura promedio y cambios en los patrones de precipitación debido a problemas causados por el uso excesivo de materiales ricos en carbono y azufre, llamado efecto invernadero que, de forma lenta y progresiva, causando inestabilidad del medio ambiente (Lobell,2014).

La producción agrícola ha, contribuido al cambio climático; aproximadamente, el 15% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero son ocasionadas por la agricultura. Un 11% es ocasionado por la deforestación, con el propósito de convertir los bosques en tierras agrícolas. Las emisiones de (CO₂) derivadas de la agricultura son 2 ocasionadas por el uso de combustibles fósiles empleadas para la labranza y por la quema de residuos de cultivos (Wenger, 2008).

Por otro lado, el rendimiento agrícola es la proporción del rendimiento total de un determinado cultivo, cosechado por hectárea de tierra, que normalmente se mide en toneladas métricas (Tm), donde el mismo depende exclusivamente de las variaciones del clima (Challinor et al.,2014).

La presente investigación se realizará con el propósito de determinar la relación entre el cambio climático y rendimiento de la producción de papa, aplicado en 5 provincias andinas el Ecuador, para la cual se analizará el comportamiento de las variables: Tasa de rendimiento de la producción de papa, temperaturas y precipitaciones atmosféricas durante el periodo 2008-2018 en las provincias escogidas, mediante el desarrollo de un modelo econométrico con datos de panel para dar cumplimiento con los objetivos de la investigación.

Capítulo I

1. Marco Referencial

1.1. Tema de Investigación

En esta investigación pretender determinar los efectos del cambio climático sobre el rendimiento de la producción de papa en el periodo 2008-2018, aplicado en la región andina del Ecuador, basado en el enfoque neoclásico de la función de producción.

1.2. Planteamiento del tema de Investigación

El Ecuador es un país considerado vulnerable a los efectos adversos del cambio climático debido a la ubicación geográfica, clima y condiciones socioeconómicas, evidenciando la presencia de eventos climáticos extremos como sequías y heladas y, en otros casos, el exceso de precipitaciones, por lo tanto, el cambio climático ha variado significativamente en el territorio nacional repercutiendo de forma directa en la producción agrícola, trayendo dificultades tanto para productores como consumidores, afectando directamente al PIB agrícola del país (BCE,2018).

Según Fisher et al. (2012) el cambio climático ha sido considerado un gran problema para el sector agrícola y el impacto económico que ha causado. La presencia de variaciones climáticas no es lineal en los rendimientos agrícolas, por lo tanto, a largo plazo las variaciones del clima pueden ser favorables como desfavorables; aunque a corto plazo para ciertos productos son favorables, a la larga atrae problemas, dependiendo del área geográfica (Pérez, 2006). Es decir que, en el largo plazo el sector agrícola se ve afectado a los cambios de climáticos, los mismo que han generado grandes pérdidas económicas para el agricultor.

Martín y Jerez (2017) afirman que “En América latina y el Caribe el rendimiento de la producción de papa depende netamente de las condiciones climáticas” (p.5), por lo tanto; la producción y rendimiento de la papa está basado en las variaciones de temperatura y precipitaciones atmosféricas. Es así que en la región andina del Ecuador se ha visto reflejado que los productores enfrentan dificultades para la producción de este alimento, el principal factor negativo que tienen es el clima desfavorable, con presencia de heladas, escasez de agua lluvia y plagas, representando el 51% de los factores negativos que enfrenta el agricultor (BCE, Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario., 2018).

Al considerar los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola en su conjunto, en este trabajo se pretende establecer la relación entre el cambio climático y el rendimiento de papa, considerando a la temperatura, precipitaciones atmosféricas como variables independientes y la tasa de rendimiento de la producción de papa como variable dependiente

(Mendelsohn & Seo, 2007). Para ello, se aplicará un modelo econométrico de datos de panel, para las 5 provincias andinas del Ecuador, basado en el cuestionamiento:

¿Qué efecto ha causado el cambio climático en el rendimiento de la producción de papa en las 5 provincias andinas del Ecuador, periodo 2008-2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del cambio climático en el rendimiento de la producción de papa (*Solanum Tuberosum*) en 5 provincias andinas del Ecuador, periodo 2008-2018

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento del rendimiento de la producción de papa a lo largo del periodo de estudio.
- Analizar el comportamiento del cambio climático a lo largo del periodo de estudio.
- Demostrar cuantitativamente la relación existente entre el cambio climático y el rendimiento de la producción papa en el periodo de estudio, mediante la aplicación de un modelo econométrico de regresión cuadrática.

1.4.Hipótesis

El cambio climático tiene efectos positivos, hasta un punto máximo, después del cual, sus efectos son negativos, sobre el rendimiento de la producción de papa en las provincias andinas del Ecuador.

1.5.Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

	Concepto	Indicador	Unidad de media	Fuente
Variable Independiente				
Temperatura atmosférica	Hace referencia a la temperatura media del ambiente	Temperatura media	Grados Celsius(°C)	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
Precipitación	Se refiere a la caída de agua desde la atmósfera a la superficie de la tierra	Precipitación media	Milímetros (mm)	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
Variable dependiente				
Rendimiento de la producción de papa	Cantidad de toneladas que produce la superficie cultivable	Rendimiento media	Toneladas métricas por hectárea (Tm/ha)	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Fuente: INAMHI, MAG (2018).

Elaboración Propia

1.6.Variables

1.6.1. Variable Independiente:

Cambio climático

1.6.2. Variable Dependiente:

Rendimiento de la producción de papa.

Capítulo II

2. Marco Teórico

Esta investigación se basa en la teoría función de la producción, como principal referencia teórica de las variables relacionadas de la investigación, basada en el modelo original.

2.1. Antecedentes investigativos

Con relación al tema que se plantea investigar en el presente estudio, se tomaron en consideración los diferentes aportes de autores, tales como:

Carrasco (2016) en su investigación de tema: “Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 - 2014”, realizado en Perú, cuyo principal objetivo fue determinar los efectos del CC en la producción y rendimiento de quinua a partir de una función de producción que los relaciona con las variables climáticas; temperatura y precipitación, ya que, En el altiplano peruano, los eventos climáticos adversos son muy frecuentes y afectan a las actividades productivas como agricultura y ganadería, además estas son las que proveen las principales fuentes de ingreso a muchas familias. Por el carácter de subsistencia de sus economías, la producción de cultivos debe garantizar su seguridad alimentaria y del ganado con que cuentan, en este contexto los resultados fueron que, las variables climáticas si afectan la producción y rendimiento de quinua, estos explican más del 60% y 35 % respectivamente.

Su principal aporte radica en que, según el pronóstico para los próximos años, ante el hecho inminente de CC a nivel mundial, posiblemente tendremos efectos negativos no solamente en este producto, sino en la agricultura en su conjunto, con riesgos desde la disminución de la producción y calidad de los alimentos, ingresos más bajos y alza de precios, entre muchas otros. Por ello se debe tener en cuenta la implementación de medidas de adaptación y mitigación para el sector agrícola (Carrasco, 2016, p. 10).

Albiño (2019) en su investigación de tema: “Influencia del cambio climático en la producción de los cultivos de cacao en el cantón Shushufindi”, realizada en Ecuador, cuyo principal objetivo fue establecer la influencia del cambio climático sobre los sistemas de producción, ya que, resulta imprescindible indagar la influencia actual del cambio climático sobre los sistemas de producción de cacao y la resiliencia que estos sistemas presentan en base a parámetros biológicos, físicos, sociales, económicos, políticos, prácticas de manejo y tecnológicos, donde los principales resultados mencionan que, los sistemas de producción de cacao AF de Shushufindi presentaron una mayor resiliencia que los sistemas de producción de

cacao de MN en 10 de los 11 criterios analizados sin embargo, existen puntos claves en los que se tiene que mejorar si se pretende incrementar la resiliencia presentada actualmente.

El principal aporte del autor a la presente investigación es que, dado el bajo nivel de involucramiento en temáticas de cambio climático y agroecología, es urgente la difusión de temas afines entre los sistemas de producción, los cuales les permitan tener herramientas y alternativas importantes para el productor (Albiño, 2019), razón por la cual se desarrolla el presente estudio.

Lemos (2018) en su investigación de tema: “el impacto económico de la agricultura y el efecto del cambio climático en el cantón Babahoyo”, realizada en Ecuador, cuyo principal objetivo fue realizar un estudio sobre el impacto económico que sufre el sector agrícola por los efectos climáticos ocurridos en el Cantón Babahoyo en el período 2013 –2015, ya que, en los últimos años ha captado un nivel de atención sin precedentes que ha impulsado una movilización internacional para concertar acciones destinadas a su mitigación, mayores dinamismos en materia de innovación tecnológica y búsqueda de eficiencia para lograr sendas de desarrollo con baja emisión de carbono, y ha suscitado una seria preocupación por las consecuencias negativas que este fenómeno podría tener sobre el desarrollo económico y social de los países donde se encontró que, en la Provincia de Los Ríos, que alcanzaría a 151 \$/ha., a pesar de no ser el que mayor variación experimenta (Cantón Cañar), pero debido a su mayor rendimiento por hectárea, sería el que experimente este mayor beneficio. Los otros dos cantones que le siguen en importancia serían el Cantón Montalvo (145 \$/ha.) de la misma provincia, y el cantón General Antonio Elizalde de la provincia de Guayas (145\$/ha.).

El principal aporte del autor a la presente investigación es que, el crecimiento económico gira en torno al desarrollo humano, la tierra, otros recursos naturales, y la tecnología los cuales han constituido un papel importante para la iniciativa empresarial en las diferentes áreas a desarrollar, lo cual se tomará en cuenta en el desarrollo del presente estudio.

2.2.Enfoque de la función de Producción

En términos generales, Varían (1994) indica que, una función de producción es una herramienta analítica que permite relacionar un número de factores requeridos (X) y cómo se combinan para producir un producto determinado (Q).

$$Q = f(x) \quad (1)$$

Una definición más detallada se encontró en Fleischer, Lichtman y Mendelsohn (2007), estos autores señalan que una función de producción agrícola (Q) puede expresarse como una combinación de variables endógenas, exógenas, dichas variables determinan la capacidad de

producción que puede el agricultor. Además, la variable endógena (X) puede incluir trabajo, capital y otros insumos. Mientras que las exógenas (C) contiene variables climáticas. En lo que a ellos respecta, Características del agricultor (Z) en la cual se incluye el capital humano.

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

El enfoque de la función de producción agrícola fue propuesto por Fleischer et al. (2007) que permite la medición de impactos en diferentes cultivos, proporciona escenarios climáticos confiables para la relación entre niveles o rendimientos (Q) para diferentes productos y variables climáticas (C). También, ayuda a determinar los valores máximos a partir de los cuales las condiciones climáticas pueden volverse perjudiciales. De tal forma la función es cuadrática teniendo una forma cóncava.

Si se considera a (Z) dentro de (X), se tendría un modelo más resumido.

$$Q = f(X, C) \quad (3)$$

La función se expresaría en forma de ecuación cuadrática de la siguiente forma:

$$Q = X + \beta_1(C) + \beta_2(C)^2 \quad (4)$$

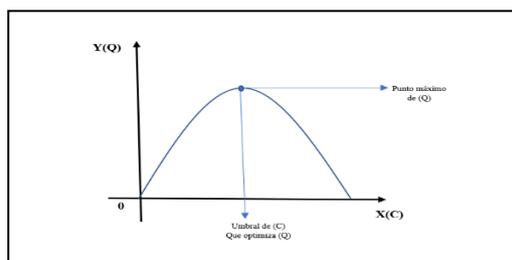
Donde:

β : son los parámetros

Dicha función tiene relación cóncava, por tal razón los punto o umbrales de las variables climáticas que optimiza (Q) se expresa de la siguiente forma.

$$\frac{\partial Q}{\partial C} = \beta_1 + 2 \beta_2(C) = 0$$

Gráfico 1. Función de producción con variables climáticas



Fuente: Clemente y Dipas 2016
Elaboración propia

2.3.Fundamentación teórica

2.3.1. El cambio climático

Existe un gran desconocimiento de lo cual es el calentamiento global realmente, bien por exceso de información, inexactitud en las fuentes o por desinformación interesada, lo cual da

origen a una secuencia de mitos erróneos sobre el calentamiento global. En el presente se aborda a partir de un criterio objetivo y científico qué es el calentamiento global (Maslin, 2019).

Se necesita poner en claro los conceptos que, si bien permanecen estrechamente involucrados, a menudo se toman erróneamente como sinónimos: el calentamiento global y el cambio climático. Hay una fundamental diferencia, el cambio climático es la causa del calentamiento global, o sea, el crecimiento de la temperatura del mundo causado por las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero derivadas de la actividad del hombre, permanecen ocasionando variaciones en el clima que de forma natural no se producirían. Hay tener en cuenta que, la Tierra ya se ha calentado y enfriado en otros casos de manera natural, pero lo cierto es, que dichos ciclos constantemente habían sido muchísimo más lentos, necesitando millones de años, en lo que ahora y como resultado de la actividad humana, se ha alcanzado niveles que en otras épocas trajeron consigo extinciones en apenas doscientos años (Pallmall, 2021).

2.3.2. Efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero absorben de forma efectiva la radiación infrarroja emitida por el área de la Tierra, por las nubes y la atmósfera gracias a los mismos gases. La atmósfera emite radiación en todas direcciones, incluida la descendente hacia el área de la Tierra. De esta manera, los gases de efecto invernadero atrapan el calor en el sistema superficie-tropósfera. A esto se le llama efecto invernadero (IDEAM, 2018).

La radiación atmosférica está bastante ligada a la temperatura del grado al cual se emite. En la tropósfera, generalmente, la temperatura decrece con la altitud. Por cierto, la radiación infrarroja que se emite hacia el espacio se origina a una altitud cuya temperatura es, de media, -19°C en equilibrio con la radiación solar entrante neta, en lo que el área de la Tierra se conserva a una temperatura media mucho más grande alrededor de los $+14^{\circ}\text{C}$ (Oroza, 2017).

Un crecimiento en la concentración de los gases de efecto invernadero lleva a una más grande opacidad de la atmósfera y, por consiguiente, a una radiación positiva hacia el espacio a partir de una más grande altitud y a una menor temperatura. Esto crea un forzamiento radiactivo, un desequilibrio que únicamente podría ser compensado por un crecimiento en la temperatura del sistema superficie-tropósfera. Este es el efecto invernadero imputado (OMM, 2019).

2.3.3. Causas del Cambio Climático

La primordial causa del calentamiento global es el cambio climático y tiene diversas secuelas negativas en los sistemas físicos, biológicos y humanos, entre otros efectos. El

impacto invernadero es un proceso natural que posibilita a la Tierra conservar las condiciones elementales para albergar vida: la atmósfera retiene parte del calor del Sol; sin el impacto invernadero, la temperatura media del mundo podría ser de 18°C bajo cero (Gálvez, 2016).

La atmósfera está compuesta por diferentes gases que, en la proporción correcta, cumplen su cometido. El problema está una vez que las ocupaciones de las personas incrementan la emisión de gases de impacto invernadero a la atmósfera y ésta retiene más calor del primordial, ocasionando que la temperatura media del mundo incremente y se haga lo cual popularmente llamamos cambio climático (Oroza,2017).

2.3.4. El clima

El clima se define como un conjunto de estados atmosféricos durante un período de tiempo en una determinada región, es decir, el clima se llama por lo tanto un período lo suficientemente largo, teniendo en cuenta los cambios cíclicos y aperiódicos que ocurren, así como el desarrollo normal en la época meteorológica del año, en un lugar, región, continente, hemisferios o planetas, he aquí por qué el clima afecta la actividad humana (Almorrox, 2011).

2.3.5. Temperatura

La temperatura atmosférica es un indicador de la cantidad de calor almacenada en el aire. La temperatura del aire se suele medir en grados Celsius (° C) y para ello, se utiliza un instrumento llamado termómetro. La temperatura depende de varios factores, por ejemplo, la tendencia de la luz solar. También depende del tipo de sustrato (rocas que absorben energía, hielo que refleja la energía), dirección y fuerza del viento, latitud, altura sobre el nivel del mar, cerca de cuerpos de agua, entre otros lugares (Katchan, 2017).

La temperatura es una medida del calor o la energía térmica de las partículas en un objeto, la materia, tal como la medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto, y por lo tanto no depende de su tamaño (Hermans, 2011).

2.3.6. Precipitación

Por precipitación se entiende al producto de la condensación del vapor de agua que se coloca en la superficie de la Tierra, la precipitación que se produce en la superficie de la tierra se produce de diferentes maneras las cuales son: lluvia, llovizna, lluvia congelada, nieve, granizo (Pérez, 2010).

2.3.7. Origen y evolución del cambio climático en la agricultura

Desde la Revolución preindustrial, las actividades humanas a través de actividades como las que desarrollan energía, entendiéndose como el suministro y uso de combustibles fósiles

para la generación de energía y la silvicultura, la cual, es el uso de la tierra, han intensificado el efecto invernadero natural al aumentar el contenido de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Esto aumenta la probabilidad de absorber energía de onda larga (térmica) de la Tierra, y claramente el calentamiento global avanza (Gómez, 2021).

El sector agropecuario juega un papel destacado en la economía ecuatoriana, desde hace ya varios años, con una participación promedio del PIB de 14.2%, la segunda producción más alta después del petróleo, y una tasa de crecimiento real promedio de 2.7% anual durante el mismo período (BCE, 2010).

Otro factor importante que hace de la agricultura un sector importante de la economía ecuatoriana es su aporte como insumo a otras actividades económicas y constituye un eslabón importante en las cadenas productivas como el comercio, el transporte, los servicios y la agroindustria. Sin embargo, durante este período de análisis, hubo algunos años en los que la tasa de crecimiento del PIB agrícola fue negativa. Esta zona es significativamente menos activa debido a la susceptibilidad a los factores climáticos y meteorológicos (Lemos, 2018).

2.3.8. Impacto del cambio climático en la producción de alimentos

La aceleración del cambio climático, junto con el aumento de la población y los ingresos mundiales, amenaza la seguridad alimentaria mundial. La agricultura es muy vulnerable al cambio climático. El aumento de temperatura eventualmente reduce el rendimiento de los cultivos deseados, además de provocar la reproducción de malezas y plagas. Los cambios en las precipitaciones aumentan el riesgo de malas cosechas a corto plazo y reducen los rendimientos a largo plazo. Aunque algunos cultivos en algunas regiones del mundo pueden beneficiarse, en general se espera que los efectos del cambio climático sean negativos en la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial. (FAO, 2009).

2.3.9. Factores de vulnerabilidad del sector agropecuario

En función del tema de investigación, los factores de vulnerabilidad para el sector agropecuario, acorde a Taboada (2020) expresa que:

Las principales amenazas climáticas surgen de la ocurrencia de estreses térmicos e hídricos para cultivos y ganado, pérdidas de cultivos y hacienda por los procesos erosivos, sequías e inundaciones y la mayor diseminación de plagas y enfermedades (p. 4).

Sin embargo, en respuesta a las amenazas se han planteado diferentes acciones para buscar la adaptación del cambio climático, donde este acorde al mismo autor menciona:

- **Medidas protectoras**, donde se establece la prevención de erosión del suelo, restauraciones del ecosistema y mejores técnicas en captación del agua.
- **Agricultura climáticamente inteligente ACI**, la cual ya se aplica en diferentes regiones de América Latina, ya que esta se basa en tres pilares básicos, que son: fomentar la sostenibilidad de la productividad, desarrollar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases efecto invernadero.
- **Sistemas de alerta temprana climática**, la cual se establece como medidas de planificación para mitigar eventos climáticos extremos, como las granizadas, sequías prolongadas, olas de calor, etc.
- **Cambios de zonas de siembra**, donde son los agricultores que buscan suelos donde ejecutar la actividad agropecuaria, que presente una temperatura adecuada y escasa posibilidad de plagas.

2.4. Producción de papa

2.4.1. Papa

Las papas son un alimento versátil rico en carbohidratos conocido en todo el mundo y que se prepara y se suministra de muchas formas. Una vez cosechado fresco, es 80% agua y 20% seco. 60% a 80% de esta materia seca es almidón (Moyano, 2014). La papa tiene una porción moderada de hierro, y contenido de vitamina C fomenta la absorción de este mineral (CNPPRM, 2018).

2.4.2. Incrementar la producción de la papa

Cabe destacar que, para potenciar el rendimiento de producción de papas, el tubérculo necesita una cantidad considerable de potasio este es el elemento más consumido en el proceso de cultivo de la papa y, junto con el nitrógeno, se requiere en mayores cantidades para obtener altos rendimientos. La necesidad de fósforo, calcio y magnesio es menor. La remoción varía de un campo a otro y depende de la producción; sin embargo, el cultivo de papas puede consumir un 50% más de potasio que de nitrógeno (Yara, 2017).

2.4.3. Condiciones para su cultivo

Las condiciones de cultivo varían de unas especies y variedades a otras, sin embargo, generalmente prefiere suelos ricos en humus, sueltos y arenosos.

Cabe destacar que el requerimiento de agua por ciclo de producción varía entre 50 y 80 mm, dependiendo de las condiciones de temperatura, capacidad de almacenamiento del suelo y

variedad. La mayor demanda existe en las etapas de germinación y crecimiento de los tubérculos (Rubio et al., 2000).

Tabla 2. Requerimiento de temperatura en el cultivo de papa de acuerdo con su etapa de desarrollo

Etapa	Temperatura
En el Ambiente	
Dos semanas después de la siembra	13 °C
Desarrollo foliar	12 a 14 °C
Elongación de tallo y Floración	18 °C
Formación de Tubérculo	16 a 20 °C
En el suelo	
Crecimiento foliar	21 a 23 °C
Formación de tubérculos	15 a 23°C

Fuente: Rubio et al. 2000
Elaboración Propia

Tabla 3. Estudios Realizados sobre el cambio climático y Rendimiento de la producción agrícola

Autor	Objetivo General	Metodología	Variables	Resultados
Montana et al. (2020)	Evaluar el impacto de las anomalías climáticas mensuales (intraestacionales) en el rendimiento anual de los cultivos de cultivos regionales (algodón, maní, batata) y principales (maíz, soja)	Esta investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo y no experimental, ya que se utilizaron técnicas e instrumentos estadístico (encuesta).	Cambio climático Rendimientos de Cultivos Producción	Las variables dieron una explicación que el cambio en el clima durante ciertas temporadas es positivo donde se obtiene buenos resultados por ha y así mismo negativas para los cultivos de estudio.
Singh et al. (2017)	Evaluar la influencia de factores climáticos y no climáticos en el rendimiento, la producción y área cultivada de cultivos comerciales.	En esta investigación tiene enfoque cuantitativo utilizando la técnica de análisis de impacto marginal. En base al modelo de función de producción Cobb-Douglas aplicado a datos de panel.	Redimiendo (ha). Área sembrada Área de riego Cambio climático.	Los resultados empíricos indican que todos los factores climáticos tienen una asociación negativa y estadísticamente significativa con los cultivos de estudio.
Shimoda, S. and Kanno, H. & Hirota, T. (2018)	Determinar cómo las variaciones climáticas recientes impulsan el rendimiento de la papa y comprender las causas de esta tendencia del rendimiento	El alcance de esta investigación es de tipo correlacional, en base a un enfoque cuantitativo, en donde los datos no son manipulados, bajo un modelo de series de tiempo.	Cambio climático Uso de la tierra Rendimiento de papa.	la variación del clima ha provocado que los rendimientos de papa caigan por debajo de la producción esperada en comparación a los demás países.

Raymundo et al. (2018)	Comprender los impactos potenciales del cambio climático en la producción de papa es fundamental para la seguridad alimentaria mundial en el futuro.	Esta investigación está basada en un tipo no experimental-aplicada, en donde los datos se utilizan según se dan de fuentes secundarias, tiene un enfoque cuantitativo aplicado un modelo SUBSTOR-Potato es un modelo basado en procesos que simula el desarrollo, crecimiento y rendimiento en pasos de tiempo diarios.	Cambio climático Áreas totales de cultivo	En las áreas cultivadas el rendimiento d papa seca simulados osciló entre 1 y 18,5 t / ha. Los rendimientos más altos se da las regiones templadas, mientras que los rendimientos son bajos en las zonas trópicos y subtrópicos.
Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta, & Serna (2010)	Analizar algunos de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario de Nicaragua.	Metodología bajo un enfoque ricardiano, basado en la función de producción, esta investigación es descriptiva, en la cual aplica el método inductivo.	Cambio climático Áreas de cultivo Agrícola.	Las variables climáticas acarrearán efectos negativos sobre la producción agropecuaria, las mismas que incurren en sus rendimientos en las áreas de cultivo.
Qiang Li & Suiqui Zhang (2020)	Analizar las tendencias de los factores climáticos durante el período de cultivo de la papa en el noroeste de China	Esta investigación se emplea el método inductivo, bajo un enfoque cuantitativo en donde se utilizó regresión lineal para cuantificar la relación entre el rendimiento de la papa y los factores climáticos.	Cambio climático Cultivo de papa(ha).	Los resultados mostraron que el rendimiento y el área de siembra de papa aumentaron marcadamente, con fluctuaciones interanuales, Los factores meteorológicos clave que limitan el rendimiento fueron la temperatura, la precipitación y el rango de temperatura diurna, que varía en las diferentes provincias.

Velandia & Gelvez (2014)	Establecer los efectos del cambio climático sobre la producción de papa en el municipio de Villapinzón (Cundinamarca), utilizando el enfoque Ricardiano	Está basado en el enfoque Ricardiano, el cual permite cuantificar los efectos del cambio climático asumiendo que el valor del suelo va a depender de su productividad, y de la capacidad de adaptación de los productores	Valor del suelo/Ha Cambio climático.	Los efectos están ligados a la disponibilidad de agua, y además se encontró que los efectos asociados a aumentos de temperatura en la producción de papa van a ser positivos, ya que el precio de la tierra tenderá a incrementarse.
--------------------------	---	---	--------------------------------------	--

Elaboración Propia

2.5.Importancia de la producción de papa en la región Andina del Ecuador

En la región Andina del Ecuador la producción de papa es principal fuente alimenticia de la mayor parte de la población, además este producto es considerado una de las principales fuentes de ingresos de la sierra ecuatoriana, cabe destacar que este tubérculo es preferido por los consumidores de un color rojo-rosado (Cuesta et al., 2021). por lo que a continuación se revisara brevemente la evidencia empírica de algunas provincias relevantes en la producción de papa a nivel nacional.

2.5.1. Caso Carchi

La producción de papa se concentra en la provincia del Carchi con el 27,3%, En esta provincia se comercializan y distribuye regularmente cuatro variedades de papa: Súper chola con una producción media de 20,48 Toneladas por Hectárea (Tm/ha) única blanca y única pera, de raíces colombiano, con una producción promedio de 31,85 Toneladas por Hectárea (Tm/ha), la Capiro idónea por su mayor resistencia al almacenaje produce 25,03 Toneladas por Hectárea (Tm/ha). El precio fluctúa entre los \$15 y \$17, (Jiménez, 2016).

2.5.2. Caso Pichincha

La producción se concentra en la provincia del Pichincha con el 25,82%, cabe destacar que el cultivo de la papa se da principalmente en la parte sur y centro de la provincia, además es la segunda provincia mayor productora del tubérculo, dicho producto es considerado la segunda fuente de ingresos más importantes dentro de la provincia después del maíz, tiene un producción que fluctúan entre los 22,75 y 27,3 Toneladas por Hectárea(Tm/ha) Agrocalidad (2018), con respecto al precio el quintal bordea entre los \$12 hasta \$30 respectivamente, este precio depende mucho de la variedad de papa que se cultiva.

2.5.3. Caso Cotopaxi

La producción se concentra en la provincia del Cotopaxi con el 14,6%, cabe mencionar que Cotopaxi cuenta con un aproximado de 5 mil hectáreas dedicadas a los cultivos de papas, en

donde 8 mil productores se dedican a esta actividad. En donde el precio por quintal de papas fluctúa entre los \$ 10 y \$30 aproximadamente esto depende de la temporada y de la variedad de papas que se cultiva en la provincia (Productor,2019).

2.5.4. Caso Tungurahua

Según fuentes del MAG, Tungurahua es la tercera provincia con mayor producción de papa en toda la región sierra ecuatoriana, la misma que cuenta con una producción anual de 52,31 toneladas, con un rendimiento de 15,74 Toneladas por hectárea (Tm/ha), la provincia tiene una superficie cultivable de papa de 3323 hectáreas (2017). En la cual la papa más producida en esta localidad es la super chola, además se suman otras variedades las cuales son muy rentables para las familias, los precios fluctúan entre los \$ 9 y \$ 25 en promedio.

2.5.5. Caso Chimborazo

La producción se concentra en la provincia del Chimborazo con el 15,9%, cabe destacar que Chimborazo posee la mayor parte de superficie dedicada a la producción de papa a nivel nacional con 14500 hectáreas, sin embargo, pero sus rendimientos son relativamente bajos (11 Tn/ha-1) (MAG,2017) en comparación al resto de provincias productoras de papa, su precio varía entre los \$7 y \$18, esto depende mucho de la temporada de cosechas.

Capítulo III

3. Metodología

3.1. Método

3.1.1. Método inductivo

Se empleó el método inductivo, debido a que la investigación intentó llegar a generalizaciones a partir de observaciones sistemáticas de la realidad estudiada (Sampieri, 2014).

3.2. Tipo de Investigación

3.2.1. Cuantitativa

La presente investigación se basa en el enfoque cuantitativo, debido a la información obtenida fue procesada mediante un modelo econométrico empírico, basado en un diseño no experimental-aplicada, donde las variables de estudio no fueron manipuladas, sino que fueron estudiadas según se dan naturalmente, para poder probar la hipótesis en el contexto de la región andina del Ecuador.

3.2.2. Correlacional

Esta investigación además es de tipo correlacional, porque mediante la aplicación de modelos econométricos, identificaremos si existe relación entre las variables: El cambio climático y el rendimiento de la producción de papa

3.2.3. Explicativa

La investigación es de nivel explicativa, puesto que se busca determinar los efectos del cambio climático (variable independiente) sobre el rendimiento de la producción de papa (variable dependiente).

3.2.4. Diseño de la Investigación

3.2.4.1 Investigación No Experimental

No se realizará ninguna manipulación en las variables, se utilizará un diseño de tipo panel, puesto que se busca analizar la relación entre las variables en un momento determinado de tiempo.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población como objeto de estudio comprende todo el conjunto de datos estadísticos correspondiente al rendimiento de la producción de papa y el cambio climático reflejado en las temperaturas y precipitaciones atmosféricas respectivamente.

3.3.2. Muestra

Se toma como muestra los productores de papas en la región andina del Ecuador a las provincias de: Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo en el periodo 2008-2018, por lo cual se dispone de información en base a fuentes secundarias proporcionadas por el Ministerio de agricultura y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, que permitirá explicar su comportamiento y relación.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La Técnica utilizada es el análisis datos, y revisión bibliográfica mediante la recopilación de información en fuentes secundarias, es decir documentos escritos y documentos electrónicos (páginas web).

3.5. Descripción de las variables de la Investigación Para la investigación se

determinaron las siguientes variables en función de la conceptualización de estas:

3.5.1. Variable independiente

3.5.1.1 El cambio climático

Temperatura (T_{it}): Hace referencia a la temperatura media del ambiente y para efecto del presente estudio se mide en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Precipitación (P_{it}): Se refiere a la caída de agua desde la atmósfera a la superficie de la tierra y la cual es medida en milímetros (mm).

Los datos de estas variables se obtendrán de dos fuentes secundarias como son: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

3.5.2. Variable dependiente

El rendimiento de la producción de papa (Q_{it}): Hace referencia al valor total en términos de cantidad en Tolendas por hectárea (Tn/ha).

Los datos de estas variables se obtendrán de dos fuentes secundarias como son: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

3.6. Modelo Econométrico

Para el desarrollo empírico del modelo econométrico se partirá desde el enfoque de una función de producción agrícola, se puede expresar como una función de insumos exógenos y endógenos (Fleischer et al. Al 2007). Las variables de entrada exógenas incluyen el clima y las variables endógenas incluyen la producción agrícola (Rendimiento, suelo, producción), debido a que el uso de estos ha resultado eficiente en trabajos desarrollados en análisis de datos de panel (Clemente y Dipas 2016).

$$Q_{it} = f(C_t) \quad (1)$$

Donde Q_{it} representa la producción agrícola o el rendimiento por hectárea de un producto. Dónde, C_t son variables climáticas en el tiempo (temperatura, precipitación).

$$Q_{it} = f(T_t, P_t) \quad (2)$$

Donde:

Q_{it} : Rendimiento de producción de papa

T_t : Temperatura

P_t : Precipitación atmosférica

Según Clemente y Dipas (2016) las variables climáticas, consideradas como exógenas, cumplen un papel importante al determinar el rendimiento de los cultivos. Las plantas se desarrollan dependiendo de su exposición a la humedad y temperatura durante su etapa de crecimiento.

Siguiendo la metodología de Clemente y Dipas (2016) el ejercicio econométrico se desarrolló y con objeto de realizar la estimación econométrica para el objetivo de estudio la ecuación en su forma funcional cuadrática a estimar se representa de la siguiente forma.

$$Q_{it} = X + \beta_1(T_{it}) + \beta_2(T_{it})^2 + \beta_3(P_{it}) + \beta_4(P_{it})^2 \quad (3)$$

De acuerdo con su forma funcional cuadrática se expresa econométricamente de forma general como:

Modelo econométrico:

$$Q_{it} = \beta_0 + \beta_1(T_{it}) + \beta_2(T_{it})^2 + \beta_3(P_{it}) + \beta_4(P_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde:

Q_{it} = Rendimiento de producción de papa.

β_0 = Otras variables que influyen sobre el rendimiento producción de papa.

T_{it} = temperatura.

P_{it} = Precipitación.

β = parámetros de la función de producción.

i = observaciones recogidas.

t = observaciones recogidas en el tiempo.

ε = Error de observación (termino de perturbación)

Sin embargo, considerando trabajos empíricos desarrollados previamente se estima el uso de un autorregresivo (AR) en la cual el cual permite capturar todos los cambios de la producción de papa sin necesidad de mencionarlos explícitamente, de hecho, esto ayuda a no tener necesidad de hacer uso de otras variables (Clemente y Dipas 2016).

Capítulo IV

4. Resultados

4.1. Análisis de Resultados

4.2. Situación del cambio climático en el rendimiento de la producción de papa

Las provincias que conforma la región andina del Ecuador a experimentado cambios considerables dentro de su producción agrícola en los últimos años, se ha visto reflejado el cambio climático como su principal problema dentro del sector agrícola, siendo así que la producción de papa ha sido un producto seriamente afectado por el cambio brusco de temperatura y al mismo tiempo el exceso de lluvias en algunos sectores de la serranía ecuatoriana, en la cual sus rendimiento se ha visto disminuido, lo que conlleva a muchos productores a dejar de sembrar el tubérculo.

4.3. Análisis Descriptivo

Partiremos evaluando el comportamiento de las variables de estudio, de tal manera que nos brinde un determinado nivel de relación entre sí.

Tabla 4. Rendimiento de la producción de papa de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 (Toneladas por hectárea Tm/ha)

Rendimiento de la Producción de Papa (Toneladas por hectárea Tm/ha)					
Años	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi	Pichincha	Tungurahua
2008	11,79	3,06	5,41	8,13	14,30
2009	12,51	3,46	4,55	8,76	12,34
2010	27,27	3,82	6,56	12,17	11,70
2011	16,14	4,32	5,86	9,98	11,56
2012	17,94	5,06	9,73	7,20	7,33
2013	15,44	5,44	8,70	9,35	6,54
2014	22,37	13,75	7,93	11,31	14,05
2015	21,70	11,15	9,78	14,63	18,87
2016	21,14	15,18	12,01	14,21	13,26
2017	17,26	11,04	10,86	20,10	16,00
2018	21,68	7,10	10,56	10,90	13,35

Fuente: según datos del MAG (2008-2018)

Elaboración propia

En la tabla se puede evidenciar el rendimiento de la producción de papa en el Ecuador, siendo el más representativo la provincia de Carchi, puesto que cuenta notablemente con rendimiento de 18,48 toneladas por hectárea, seguido por Pichincha con un rendimiento de 17,74 toneladas por hectárea, Chimborazo con 16,86 toneladas por hectárea, Cotopaxi 11,92 Tm/ha y Tungurahua 10,76 toneladas por hectárea. Sin embargo, es relevante establecer que las 5 provincias han presentado fluctuaciones considerables de estos valores durante los años que componen la presente investigación, a la vez que, la mayoría de los casos se demuestra que no todas las provincias tienen la misma condición para la producción del tubérculo, razón por la cual el Ministerio de agricultura ha venido promoviendo capacitaciones para mejorar la producción, mediante la entrega de fertilizantes, semillas certificadas de alta calidad genética y mejoramiento en su sistema de riego este último ha sido su principal problema que se presenta al agricultor en épocas de verano INEC(2027).

Tabla 5. Precipitación media de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 Milímetros(mm)

Precipitaciones (Milímetros mm)					
Año	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi	Pichincha	Tungurahua
2008	66,78	71,09	94,99	87,29	88,03
2009	46,09	74,68	98,81	71,83	59,08
2010	64,02	75,88	88,6	87,43	79,18
2011	74,05	56,96	98,6	88,2	70,37
2012	51,38	61,58	85	69,96	63,7
2013	60,63	57,38	86,57	63,32	67,16
2014	68,23	51,67	80,66	76,17	66,76
2015	56,95	63,08	79,01	55,51	65,77
2016	70,73	61,59	75,87	71,25	73,75
2017	86,1	76,87	97,38	84,29	73,54
2018	72,13	72,62	93,83	76,31	74,07

Fuente: según datos del INAMHI (2008-2018)

Elaboración propia

En el caso de las precipitaciones en el Ecuador según el INAMIHI, en la tabla se puede observar que las precipitaciones en la región sierra ha sido levemente, siendo el caso de Carchi

el promedio de precipitaciones ha sido de 65,19 mm, mientras que Chimborazo presenta una precipitación de 65,76 mm, Cotopaxi cuenta con 89,03 mm , Pichincha tiene un promedio 75,60 mm de agua lluvia por año y por ultimo Tungurahua 71,04 mm, cabe destacar que el óptimo de precipitaciones que necesita la producción de papa oscila entre 80 mm-50 mm respectivamente, en donde Cotopaxi refleja un serio problema por las intensas lluvias lo que conlleva al bajo rendimiento de su cultivo,

Tabla 6. Temperatura media de las 5 provincias andinas del Ecuador periodo 2008-2018 grados Celsius (°C)

Temperatura (Grados Celsius °C)					
Año	Carchi	Chimborazo	Cotopaxi	Pichincha	Tungurahua
2008	15,07	13,62	13,94	14,18	13,96
2009	15,62	14,14	14,46	15,04	14,10
2010	15,61	13,41	14,55	14,94	14,38
2011	16,05	13,04	14,2	14,44	14,23
2012	16,47	14,97	14,23	14,87	14,10
2013	16,31	15,98	14,47	15,09	14,23
2014	14,31	14,29	15,84	14,8	13,89
2015	14,37	14,66	16,47	15,39	14,43
2016	14,65	13,95	15,97	15,31	13,8
2017	16,66	12,93	15,66	15,52	13,47
2018	15,81	15,90	16,70	15,69	15,75

Fuente: según datos del INAMHI (2008-2018)

Elaboración propia

En la tabla se puede observar la temperatura de las 5 provincias en las cuales, para el cultivo de papa la mayor limitante ha sido la temperatura ya que si son inferiores a 10 °C y mayor a 30°C afectan al cultivo, mientras la temperatura idónea para alta producción va de 16 a 23 °C, siendo el caso que Carchi ha presentado variaciones en su temperatura que ha oscilado entre 14,37 a 16,66 °C lo que ha marcado un problema mínimo de tal manera los productores ha recurrido a fungicidas para mitigar el cambio sustancial del clima, por otro lado Chimborazo ha presentado mayor problema en la producción de papa debido a que su temperatura ha

variado drásticamente es así que oscilan entre 13,04 a 15,98 °C, Cotopaxi de igual forma presenta problema en su cambios de temperatura, por lo que oscilan entre los 13,94 a 16,70 °C respectivamente, Pichincha de igual forma ha tenido cambios leves en su temperatura, pero cabe destacar que su temperatura oscilan entre 14,80 a 15,75 °C, lo que contrae problemas para el desarrollo y rendimiento del tubérculo y por ultimo Tungurahua ha presentado 13,47 a 15,75 °C de igual forma ha presentado problemas con la temperatura idónea para su cultivo, debido a que la papa es un cultivo termo periódica.

4.4. Estimación del Modelo Econométrico

Para medir cuantitativamente el impacto del cambio climático sobre el rendimiento de producción papas se utilizó un modelo econométrico de regresión cuadrática con datos paneles, el mismo que forman un conjunto de datos ordenados en el tiempo para un mismo grupo de individuos en nuestro caso para las provincias de nuestro país, donde la mayor ventaja de este tipo de datos es que nos permite observar las relaciones que existen entre las variables.

4.5. Análisis del Modelo Econométrico

De acuerdo con el modelo econométrico aplicado datos de panel se parte de la recopilación de 11 datos de cada provincia que forman parte de los productores de papas desde el año 2008, hasta el año 2018, por lo tanto, los datos de panel corresponden a 55 observaciones.

Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables

	Precipitaciones	Temperatura	Rendimiento
Media	73.32	14.83	11.75
Mediana	72.62	14.65	11.31
Maximo	98.81	16.70	27.27
Mínimo	46.09	12.93	3.06
Std. Dev.	12.65	0.94	5.41

Elaboración propia

En la tabla descriptiva se puede notar tanto las precipitaciones, como el rendimiento con alta desviación estándar, esto quiere decir que se tiene un nivel de cambio alto en el periodo de

tiempo, lo cual es coherente dado que estas dos variables tienen un comportamiento estacional y no de una forma continua, por ello a fin de minimizar esa variabilidad es necesario suavizar la serie utilizando logaritmos para ambas variables; Por el contrario, la temperatura presenta una baja variabilidad. Después de dichas consideraciones e incluyendo los efectos fijos temporales (ϑt), y de panel (ϑi). Se tiene un modelo de la siguiente forma

$$\text{Log}(Q_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Q_{it-1}) + \beta_2(T_{it}) + \beta_3(T_{it})^2 + \beta_4 \text{Log}(P_{it}) + \beta_5 \text{Log}(P_{it})^2 + \vartheta_t + \vartheta_i + \vartheta_{it} \quad (5)$$

Después de estimar el modelo en base a la data disponible, esta se compara con otras estimaciones ver tabla 8.

Tabla 8. Resumen estadístico descriptivo de las variables de regresión

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Constante	2.269336 (1.954098)	-21.64999 (-1.226419)	-177.20 (-1.454531)	-160.1925 (-1.276941)	-32.12403 (-2.089459)
T	0.036233 (0.527798)	3.453902 (1.444804)			4.871493 (2.291915)
P	-0.006177 (-1.026481)	-0.042373 (-1.207880)	-0.042641 (-1.218543)		
T^2		-0.115353 (-1.428481)			-0.16392 (-2.327341)
P^2		0.000239 (0.972298)	0.000238 (0.972259)		
Log(T)			134.2407 (1.481148)	135.1432 (1.494432)	
Log(P)				-8.87699 (-0.816957)	1.05034 (1.508764)
Log(T)^2			-24.8315 (-1.474191)	-25.00214 (-1.487669)	-0.12709 (-3.037782)
Log(P)^2				0.980031 (0.754973)	
Log(Q-1)					0.311571 (3.841046)
R^2	0.78834	0.80550	0.806447	0.80693	0.864836
R^2 Ajustado	0.69922	0.70826	0.709671	0.710395	0.79303

Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos la estimación favorable es el modelo 5, el mismo que da conocer con mayor explicación ya que el R^2 y R^2 ajustado son los más significativos en relación con los demás modelos estimados, a continuación, en la tabla se refleja los resultados más detallados del modelo elegido.

Tabla 9. Regresión de panel de datos con variable dependiente logaritmo de rendimiento de producción de papa.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG (RENDIMIENTO (-1))	0.311571	0.081116	3.841046	0.0005
LOG(PRECIPITACIONES)	1.05034	11.95525	1.508764	0.0015
LOG(PRECIPITACIONES)^2	-0.12709	0.041836	-3.037782	0.0047
TEMPERATURA	4.871493	2.125512	2.291915	0.0286
(TEMPERATURA)^2	-0.16392	0.070432	-2.327341	0.0264
C	-32.12403	15.37433	-2.089459	0.0044
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Period fixed (dummy variables)				
R-squared	0.863635	Mean dependent var	2.384093	
Adjusted R-squared	0.791192	S.D. dependent var	0.486826	
S.E. of regression	0.222458	Akaike info criterion	0.105556	
Sum squared resid	1.583602	Schwarz criterion	0.793885	
Log likelihood	15.36109	Hannan-Quinn criter.	0.367676	
F-statistic	11.92147	Durbin-Watson stat	2.135955	
Prob(F-statistic)	0			

Elaboración propia

Cabe destacar que dentro de la regresión se hizo ajustes temporales y de corte transversal para ajustar el nivel de significancia global. Por un lado, la distinción de la calidad del terreno agrícola de cada provincia y el nivel de altitud de cada una de ellas, un pilar fundamental para el cambio del nivel de temperatura y precipitaciones puede ser reflejado por el ajuste del corte transversal (ϑi). Por otro lado, la diferencia de tiempo está claramente ajustada por efectos fijos cíclicos (ϑt), ya que los cambios en la siembra y los períodos de siembra ocurren consecutivamente en meses específicos.

De acuerdo con el modelo de la regresión utilizado, los valores encontrados quedan de la siguiente forma:

$$\text{Log}(Q_{it}) = -32.12 + 0,31\text{Log}(Q_{it-1}) + 4.87(T_{it}) - 0,16(T_{it})^2 + 1.05\text{log}(P_{it}) - 0,12\text{log}(P_{it})^2 + \vartheta_t + \vartheta_i + \vartheta_{it} \quad (6)$$

En este sentido, se puede observar que la consistencia global del modelo está garantizada, es decir, todas las variables se interpretan juntas afectan significativamente a la variable dependiente. Esto se puede hacer en lecturas y probabilidades del indicador estadístico R^2 estadístico F. Ambas estadísticas muestran el valor de correlación entre los dos variable independiente y variable dependiente, y es el valor de R^2 igual a 86% es decir, que el regresor explicó 86% el comportamiento de la variable dependiente. Luego se confirma por el valor de probabilidad del estadístico F, cuyo valor es 0, esto significa que hay un 0% de probabilidad que todas las variables tengan parámetros iguales a cero, de tal forma que un parámetro igual a cero es un indicador de no significancia de una variable con respecto a otra. Por lo tanto, podemos decir que todas las variables expuestas son significantes.

Por consiguiente, se observa la significancia de cada una de las variables que tienen sobre la variable dependiente, este se obtiene a partir de la observación del estadístico t, el cual indica que si es menor a 0.10, 0.05 o 0.01 tiene una significancia de 10%, 5% y 1% respectivamente. De acuerdo con los valores observados nos indican que todas las variables tienen una significancia del 1%, excepto las variables temperatura, quien posee una significancia del 5%. Por último, para ver los cambios marginales dentro del modelo econométrico, hacemos el uso de la derivación parcial, con el objetivo de encontrar el punto de inflexión donde los valores de las pendientes cambian y por tal razón las relaciones entre las variables. Siendo el caso la derivación de la función de regresión con respecto a la temperatura y al logaritmo de la precipitación respectivamente:

$$\text{Log}(Q_{it}) = -32.12 + 0,31\text{Log}(Q_{it-1}) + 4.87(T_{it}) - 0,16(T_{it})^2 + 1.05\log(P_{it}) - 0,12\log(P_{it})^2 + \vartheta_t + \vartheta_i + \vartheta_{it} \quad (7)$$

$$\frac{d\text{Log}(Q_{it})}{dx(T_{it})} = 4.87(T_{it}) - 0,16(T_{it})^2 = 0$$

$$\frac{d\text{Log}(Q_{it})}{dx(T_{it})} = 4.87 - 0,32(T_{it}) = 0$$

$$4.87 - 0,32(T_{it}) = 0$$

$$T_{it} = \frac{4.87}{0.32}$$

$$T_{it} = 15.21$$

$$\frac{d\text{Log}(Q_{it})}{dx(\log P_{it})} = 1.05(P_{it}) - 0,12(P_{it})^2 = 0$$

$$\frac{d\text{Log}(Q_{it})}{dx(\log P_{it})} = 1.05 - 0,24(P_{it}) = 0$$

$$1.05 - 0,24(P_{it}) = 0$$

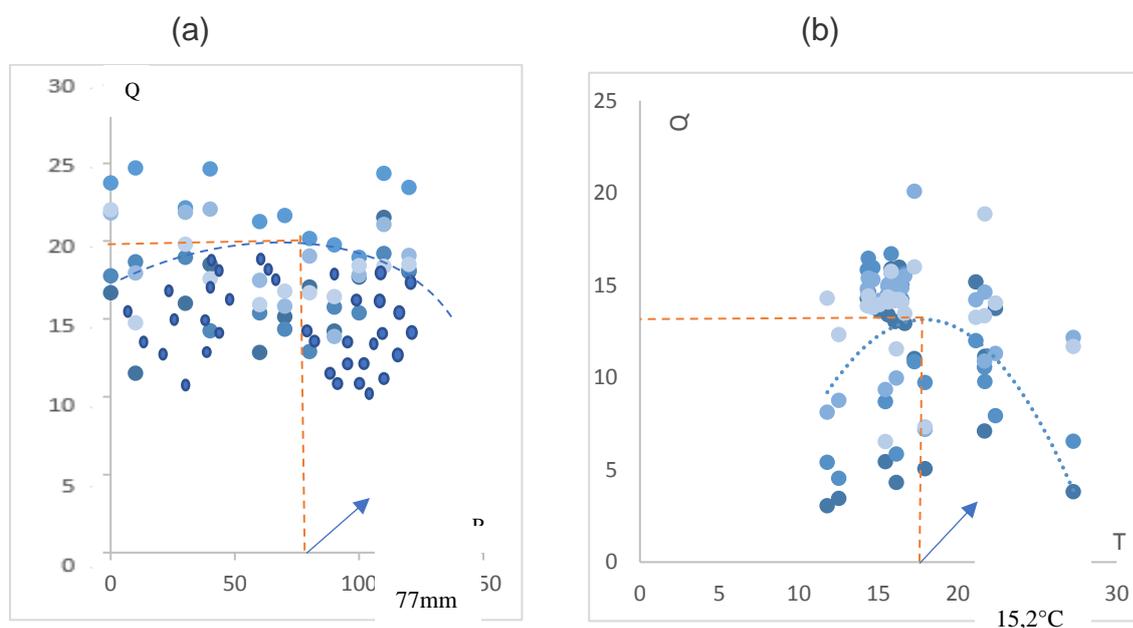
$$P_{it} = \frac{1.05}{0.24}$$

$$P_{it} = 4.33$$

A partir de los resultados obtenidos se observa que los niveles de temperatura y precipitaciones que maximizan el rendimiento de producción son igual a 15,2 °C y 4.33 (considerando que está en logaritmos que es equivalente a 77 mm) respectivamente. Esto implica que por encima de estos niveles la relación de ambas variables pasa de positiva a negativa y siendo mucho más intensiva en el caso de las precipitaciones.

Ahora teniendo en consideración los niveles promedio de las variables independientes 14.83°C para la temperatura y 73.32 mm para las precipitaciones, se puede considerar que hay un gran número de observaciones en las que el valor de la relación es positivo para la temperatura y negativa para la variable precipitaciones, tal como se muestra en el gráfico 2.

Gráfico 2. Distribución del rendimiento con respecto de las precipitaciones (a) y la temperatura (b).



Elaboración propia

Se puede observar que en los dos gráficos la mayoría de los casos dentro del periodo de estudio, la relación existente es positiva tanto para la temperatura y precipitaciones con respecto a al rendimiento de la producción de papa en la región andina del Ecuador, sin embargo, se puede decir que el rendimiento de papa y las variables climáticas tiene una relación cóncava en ambos casos, además se estable según las concentraciones de las observaciones en el gráfico en las dos variables están a lado opuesto de los puntos máximos establecidos, esto quiere decir que en la región andina del Ecuador para el periodo 2008-2018, las variables climáticas tanto la temperatura como las precipitaciones, muestran que ya ha alcanzado el umbral máximo que optimiza el rendimiento de la producción papa respectivamente.

4.6. Prueba de Hipótesis

4.6.1. Hipótesis General

De acuerdo con la hipótesis nos indica: el cambio climático tiene efectos positivos, hasta el punto máximo, sin embargo, a partir de ese punto sus efectos son negativos sobre el rendimiento de la producción de papa en la región andina del Ecuador: 2008-2018. De tal forma ha quedado contrastada, la relación entre el rendimiento de la producción de papa y el cambio climático en la región tiene forma de “U” invertida, cabe destacar que al inicio tiene una relación positiva hasta el punto máximo, a partir de ello el rendimiento de papa empieza a decrecer.

Para la corroboración de este se sustentan en los valores estadísticos R^2 y la probabilidad del F estadístico, los mismos que muestran valores aceptables, con un 86% de explicación del R^2 y 0% de probabilidad de que todas las variables tengan parámetros iguales a cero.

Discusión

De acuerdo con la contrastación obtenida en la investigación se ha encontrado que el rendimiento de papa y el cambio climático tiene una relación de “U” invertida, las mismas que sus umbrales tanto de temperatura y las precipitaciones atmosféricas que maximizan la variable dependiente son 15.22°C y 77 mm respectivamente. Hay que recalcar que dentro del Ecuador no se han realizado estudios similares a esta investigación y por ende no se puede realizar una comparación significativa a nivel nacional con el cambio climático en el sistema agrícola.

En el caso de Ecuador los productores ecuatorianos de papa, han sufrido una serie de fluctuaciones en el rendimiento del tubérculo, ya que con el transcurso del tiempo que se ha realizado el estudio, se ha reflejado que el productor ha tenido que adaptarse a los cambios climáticos, siendo así han presentado pérdidas económicas debido al aumento y disminución de temperaturas y precipitaciones, tanto en las épocas de invierno y verano, en donde el productor ha tenido que implementar soluciones mediante la aplicación de funguicidas y plaguicidas para el desarrollo adecuado del tubérculo, además en ciertas provincias la falta de agua ha generado serios problemas para la producción de papa, por lo que entidades estatales han tratado de mitigar mediante la implementación de canales de riego, de tal forma que el productor pueda tener una solución adecuada para la escases de agua, para así el productor tenga unos buenos resultados en las cosechas de la papa en la región andina del Ecuador.

Cabe destacar que un caso similar encontrada por Albiño (2019) se da en la producción de cacao en Shushufindi en las mismas que los productores han presentado pérdidas económicas debido , sin embargo, los sistemas con bajos rendimientos se evidencio por el aumento y la disminución de la temperatura media las mismas que el óptimo para la floración del cacao su temperatura debe estar oscilando entre los 22 -30 °C, por lo tanto en el cantón en cierto meses del año ha presentado un gran problema por la baja temperatura llegando así hasta 20°C lo que

contrajo que en época de floración no sea la adecuada, adicionalmente se da el incremento de plagas y malezas constante dentro del campo de producción, resaltar también que con respecto a las precipitaciones, es decir cuánto de agua necesita la planta de cacao para su producción el mismo que oscila entre 1200-2500 mm, por lo que los productores han pedido a las diferentes entidades del estado les ayude con capacitaciones y asesoramiento para poder solventar en algo los diferentes cambios de clima que se ha suscitado en la localidad, ya que la producción de cacao es la mayor fuente de ingreso y generador de empleo en el cantón.

De igual forma Lemos (2018), en su investigación hace una comparación del cambio climático en la agricultura en el cantón Babahoyo, destaca que el acelerado ritmo del cambio climático y el crecimiento poblacional, amenaza la seguridad alimentaria de todos, en Babahoyo efectivamente se ha evidenciado que el aumento de la temperatura ha afectado al sector agrícola con el aumento de proliferaciones de malas hierbas y pestes, además el aumento de lluvias en el cantón han provocado el fracaso de los rendimientos de los productos de corto plazo(arroz, maíz etc.), así mismo a largo plazo (café,cacao,banano,etc.)

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del cambio climático, utilizando como variables dependientes la temperatura y la precipitación en relación del rendimiento de la Producción de papa. Estos efectos han sido determinados a partir del punto de inflexión Temperatura 15,21 °C y 77 mm Precipitación; con lo cual se identifica una relación cuadrática de forma cóncava.
- Además, se puede concluir que el rendimiento de la producción de papa se vería altamente afectada por el cambio climático ante el incremento de temperatura y/o precipitaciones, adicional se debe considerar que dicha actividad capta el 30% de la PEA en la región andina del Ecuador, lo que conlleva que haya impactos sobre el mercado tanto de bienes, trabajo y financiero.
- El cambio climático sobre el rendimiento de producción papa se ve reflejado que en algunos casos son diferentes, es decir el cambio de clima ha sido favorable en tres provincias: Carchi, Pichincha y Chimborazo de la sierra ecuatoriana, en donde la superficie de producción y rendimiento ha aumentado un 7 % respectivamente, es decir hay un relación directa en corto y mediano plazo, mientras que en las provincias: Tungurahua y Cotopaxi la relación es inversa, debido a la pérdida de superficie y el aumento considerable de las temperaturas en un 1,2° C ha provocado bajos rendimientos para el sector papero de las localidades, sin embargo a largo plazo dicho sector va reflejar consecuencias negativas debido a los puntos de inflexión encontrados donde el rendimiento se verá afectado considerablemente en las 5 provincias andinas del Ecuador.

Recomendaciones

- Este estudio recomienda que sea tomada como referencia para decisiones de políticas de adaptación y/o mitigación del cambio climático en el sector agrícola, reduciendo así el impacto adverso de este fenómeno en la agricultura para los niveles de producción de varios cultivos.
- Dado que, para el caso de la temperatura y precipitaciones han alcanzado y excedido el umbral que maximiza el rendimiento de la producción de papa, se sugiere que se tomen y adopten medidas para mitigar el impacto negativo, actualmente dado que la mayoría de los estudios realizados han concluido que habrá un aumento significativo en la temperatura, si no se toman las medidas adecuadas el problema se incrementara considerablemente.
- Promover iniciativas por parte del estado para revertir el problema del cambio climático en el corto, mediano y largo plazo puesto que es un problema global y no se cuenta con la tecnología necesaria, es decir que se generen mayores capacidades técnicas e investigativas sobre productos agrícolas más resistentes a las constantes variaciones ambientales, de tal forma que sean propuestas para mantener un rendimiento adecuado de la producción de papa para los agricultores de nuestro país.

Referencias

- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2015/2030: The 2012. Revision. ESA Working Paper, No. 12 -03.
- Almorox, J. (2011). Definiciones: Climatología. Clima. Retrieved 05 08, 2017, from Universidad Politécnica de Madrid:
<http://ocw.upm.es/ingenieriaagroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/introduccion/definiciones-climatologia-clima>
- Basantes, F., S. J., Illescas, L. M., & Hernández, L. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador. *e-Agronegocios*, 6(2), 103-120.
- BCE, B. C. (2018). Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario.
- 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
- Clemente, F., Dipas, E. (2016). Efectos del cambio climático sobre la tasa de crecimiento de la producción de papa en el Valle del Mantaro: 2000–2014.
- CEPAL. (2014). Cambio climático, agricultura y pobreza en América Latina: Una aproximación empírica. Santiago de Chile: CEPAL
- Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., Howden, S. M., Smith, D. R., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287-291.
- CNPPRM, C. N. (2018). Mitos y realidades de la papa. Obtenido de <https://www.conpapa.org.mx/index.php/blog/item/9-mitos-y-realidades-de-la-papa>

- Cuesta X., Unda J., and Yáñez Z. 2018. Potato preferences in the Ecuadorian Highlands. In: Abstract book 10th WPC-XXVIII ALAP 2018 Congress: Biodiversity, Food security and Business. Inst. Nacional de Inovación Agraria, Cusco, Perú. 164 p.
- Devaux, A. (2011). La papa y la seguridad alimentaria en la región andina: situación actual y desafíos para la innovación. Cuarto Congreso Ecuatoriano de la Papa. Guaranda
- Field, C. (. (2014). Cambio climático 2014 – Impactos, adaptación y vulnerabilidad: Aspectos regionales. . Prensa de la Universidad de Cambridge.
- Fleischer, A., Lichtman, I., & Mendelsohn, R. (2008). Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?. *Ecological economics*, 65(3), 508-515.
- Fisher, A., Hanemann, W., Roberts, M., & Schlenker, W. (2012). Los impactos económicos del cambio climático: evidencia de la producción agrícola y fluctuaciones aleatorias en el clima: comentario. . *American Economic Review* , 102 (7), 3749-60.
- Gálvez, M. (2016). IPCC: forzadores climáticos de corta duración impulsan la contaminación del aire. Obtenido de Futuro verde: https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwia88H-udHyAhXCnYYKHe31BKgYABAAGgJ2dQ&ae=2&ohost=www.google.com&cid=CAESQOD2Zg68GtvhT5YkDyZ50tRq-GTwBE3o-WiBXblP1YHnD7fwcqXDC7rOl8SEIETjiQYeI6ou7vqIW8GAeSGE3Bc&sig=AOD64_2ELIBps9NJrBNho42rmwYrgbXv
- Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., Ferrer, J., & Reyes, O. (2014). Cambio climático, agricultura y pobreza en América Latina: Una aproximación empírica.

- Gulemes, E., & Nieto, L. (04 de 2015). Algunas reflexiones sobre el enfoque mixto de la investigación pedagógica en el contexto cubano. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202015000100004#:~:text=Luego%20de%20declarar%20las%20bondades,un%20planteamiento%2C%20y%20justifica%20la
- Hermans, L. (2011, 08-8). Calor y Temperatura. Retrieved 05-11, 2017, from <http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/index.html>
- IDEAM, I. d. (2018). Cambio Climático. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- IPCC. (2013): Cambio Climático 2013: Bases Físicas: Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas Frecuentes. Ginebra. IPCC.
- Katchan, I. (2017). Observatorio climático.
- López Feldman, A. J., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496.
- Lobell, D. B. (2014). Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions. *Global Food Security*, 3(2), 72-76
- MAG, M. d. (2019). Registro de Productores de Papa en cinco provincias de la Sierra. . *Boletín anual*.
- MAG. (2017) Ficha del cultivo de papa: Tungurahua. MAG. Ecuador
- Martín, R., & Jerez, E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. . *Cultivos Tropicales*, 38(1), 75-80.

- Maslin, M. (septiembre de 2019). *5 mitos sobre el cambio climático (y cómo la ciencia los desacredita)*. Obtenido de BBC News: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49796247>
- Mendelsohn, R., & Seo, N. (2007). Changing farm types and irrigation as an adaptation to climate change in Latin American agriculture. *The World Bank*.
- Moyano, M. A. (2014). *Fermentación en estado sólido (fes) de la papa (Solanum Tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia : <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2545>
- Mora, J., Ordaz, J. L., Acosta, A., Serna Hidalgo, B., & Ramírez, D. (2010). Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura.
- OMM, O. m. (2019). *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>
- Oroza, S. A. (2017). Cambio de clima en el planeta tierra. Obtenido de Universitat de les Illes Balears: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/cambio-de-clima-en-el-planeta-tierra/>
- Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., Serna Hidalgo, B., & Ramírez, D. (2010). Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura.
- Pallmall, A. O. (2021). *El cambio climático, una amenaza global*. Obtenido de Torrossa Online Digital Bookstore: torrossa.com/it/resources/an/4943905
- Pérez, M. E. (2006). Fluctuaciones climáticas y variabilidad temporal del clima en el norte argentino–1931/2005. *Geográfica digital*, 3(6), 1-27

- Raymundo, R., Asseng, S., Robertson, R., Petsakos, A., Hoogenboom, G., Quiroz, R., ... & Wolf, J. (2018). Climate change impact on global potato production. *European Journal of Agronomy*, 100, 87-98.
- Ronco, A., Arias, A., Oswald, R., Esprella, A., Rivera, F., Yumisaca, J., & Andrade, P. (2009). Tecnologías sostenibles y su uso en la producción de papa en la región altoandina. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 15(1), 20-37.
- Rubio, C. O. A., Rangel, G. J., Flores, L. R., Magallanes, G. J. V., Díaz, H. C., Zavala, Q. T., ... & Paredes, T. A. (2000). Manual para la producción de papa en las sierras y valles altos del centro de México. SAGARINIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Libro Técnico, (1).
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación* (6 Edición ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Sanchez, J. Hidrogeología. usal. Dpto. Geología Univ. Salamanca,[Online]. Available: <http://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>.
- Shimoda, S., Kanno, H., & Hirota, T. (2018). Time series analysis of temperature and rainfall-based weather aggregation reveals significant correlations between climate turning points and potato (*Solanum tuberosum* L) yield trends in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 147-155.
- Singh, A. K., Narayanan, K. G. S., & Sharma, P. (2017). Effect of climatic factors on cash crop farming in India: An application of Cobb-Douglas production function model. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 13(2), 175-210.
- Tito, R. Vasconcelos, L.y Feeley, K. (2017). Global Climate Change Increases Risk of Crop Yield Losses and Food Insecurity in the Tropical Andes. *Biology of global change*, 24 (2), e592 – e602

- Tonconi Quispe, J. (2015). Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia (Arica)*, 33(2), 119-136.
- Wenger, R. (2008). La papa y le cambio climatico. *InfoResource*, 5-10.
- Wheeler, T. y Braun, J. (2013). Impactos del cambio climático en la seguridad alimentaria mundial. *Ciencia*, 341 (6145), 508-513
- Xiao, G. J., Qiu, Z. J., Zhang, F. J., Ma, F., Yao, Y. B., Zhang, Q., & Wang, R. Y. (2015). Influence of increased temperature on the potato yield and quality in a semiarid district of Northwest China. *Acta Ecol Sin*, 35, 1-12.
- Yara. (2017). *Nutrición vegetal*. Obtenido de Knowledge grows: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/rendimiento-de-la-papa/>

Anexos

Anexo 1. Resultados de la regresión

Modelo 1

Dependent Variable: LOG(RENDIMIENTO)				
Method: Panel Least Squares				
Date: 05/24/22 Time: 18:49				
Sample: 2008 2018				
Periods included: 11				
Cross-sections included: 5				
Total panel (balanced) observations: 55				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRECIPITACIONES	-0.006177	0.006018	-1.026481	0.3112
TEMPERATURA	0.036233	0.068649	0.527798	0.6007
C	2.269336	1.161322	1.954098	0.0581
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Period fixed (dummy variables)				
R-squared	0.788343	Mean dependent var		2.349716
Adjusted R-squared	0.699224	S.D. dependent var		0.505536
S.E. of regression	0.277251	Akaike info criterion		0.520648
Sum squared resid	2.920989	Schwarz criterion		1.141096
Log likelihood	2.682179	Hannan-Quinn criter.		0.760580
F-statistic	8.845982	Durbin-Watson stat		1.181836
Prob(F-statistic)	0.000000			

Modelo 2

Dependent Variable: LOG(RENDIMIENTO)				
Method: Panel Least Squares				
Date: 05/24/22 Time: 18:53				
Sample: 2008 2018				
Periods included: 11				
Cross-sections included: 5				
Total panel (balanced) observations: 55				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRECIPITACIONES	-0.042373	0.035081	-1.207880	0.2350
TEMPERATURA	3.453902	2.390568	1.444804	0.1572
PRECIPITACIONES^2	0.000239	0.000246	0.972298	0.3374
TEMPERATURA^2	-0.115353	0.080752	-1.428481	0.1618
C	-21.64999	17.65302	-1.226419	0.2280
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Period fixed (dummy variables)				
R-squared	0.805503	Mean dependent var		2.349716
Adjusted R-squared	0.708255	S.D. dependent var		0.505536
S.E. of regression	0.273057	Akaike info criterion		0.508824
Sum squared resid	2.684169	Schwarz criterion		1.202267
Log likelihood	5.007336	Hannan-Quinn criter.		0.776984
F-statistic	8.282941	Durbin-Watson stat		1.252137
Prob(F-statistic)	0.000000			

Modelo 3

Dependent Variable: LOG(RENDIMIENTO)				
Method: Panel Least Squares				
Date: 05/24/22 Time: 18:57				
Sample: 2008 2018				
Periods included: 11				
Cross-sections included: 5				
Total panel (balanced) observations: 55				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRECIPITACIONES	-0.042641	0.034994	-1.218543	0.2309
LOG(TEMPERATURA)	134.2407	90.63283	1.481148	0.1473
PRECIPITACIONES^2	0.000238	0.000245	0.972259	0.3374
LOG(TEMPERATURA)^2	-24.83150	16.84415	-1.474191	0.1491
C	-177.2036	121.8287	-1.454531	0.1545
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Period fixed (dummy variables)				
R-squared	0.806447	Mean dependent var		2.349716
Adjusted R-squared	0.709671	S.D. dependent var		0.505536
S.E. of regression	0.272394	Akaike info criterion		0.503958
Sum squared resid	2.671138	Schwarz criterion		1.197400
Log likelihood	5.141165	Hannan-Quinn criter.		0.772117
F-statistic	8.333105	Durbin-Watson stat		1.256669
Prob(F-statistic)	0.000000			

Modelo 4

Dependent Variable: LOG(RENDIMIENTO)				
Method: Panel Least Squares				
Date: 05/24/22 Time: 19:00				
Sample: 2008 2018				
Periods included: 11				
Cross-sections included: 5				
Total panel (balanced) observations: 55				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PRECIPITACIONES)	-8.876990	10.86592	-0.816957	0.4193
LOG(TEMPERATURA)	135.1432	90.43115	1.494432	0.1438
LOG(PRECIPITACIONES)^2	0.980031	1.298100	0.754973	0.4552
LOG(TEMPERATURA)^2	-25.00214	16.80626	-1.487669	0.1455
C	-160.1925	125.4502	-1.276941	0.2098
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Period fixed (dummy variables)				
R-squared	0.806930	Mean dependent var		2.349716
Adjusted R-squared	0.710395	S.D. dependent var		0.505536
S.E. of regression	0.272054	Akaike info criterion		0.501461
Sum squared resid	2.664478	Schwarz criterion		1.194904
Log likelihood	5.209817	Hannan-Quinn criter.		0.769621
F-statistic	8.358933	Durbin-Watson stat		1.281814
Prob(F-statistic)	0.000000			

Anexo 2. Base de datos de las variables de estudio

PROVINCIA	PRECIPITACIONES	TEMPERATURA	RENDIMIENTO
Carchi	66.78	15.07	11.79
Carchi	46.09	15.62	12.51
Carchi	64.02	15.61	27.27
Carchi	74.05	16.05	16.14
Carchi	51.38	15.47	17.94
Carchi	60.63	15.31	15.44
Carchi	68.23	14.31	22.37
Carchi	56.95	14.37	21.7
Carchi	70.73	14.65	21.14
Carchi	86.1	16	17.26
Carchi	72.13	15.81	21.68
Chimborazo	71.09	14.62	3.06
Chimborazo	74.68	14.14	3.46
Chimborazo	75.88	13.41	3.82
Chimborazo	56.96	13.04	4.32
Chimborazo	61.58	14.97	5.06
Chimborazo	57.38	15.98	5.44
Chimborazo	51.67	14.29	13.75
Chimborazo	63.08	14.66	11.15
Chimborazo	61.59	13.95	15.18
Chimborazo	76.87	13.93	11.04
Chimborazo	72.62	15.9	7.1
Cotopaxi	94.99	13.94	5.41
Cotopaxi	98.81	14.46	4.55
Cotopaxi	88.6	14.55	6.56
Cotopaxi	98.6	14.2	5.86
Cotopaxi	85	14.23	9.73
Cotopaxi	86.56	14.47	8.699
Cotopaxi	80.66	15.84	7.93
Cotopaxi	79.01	14.77	9.77
Cotopaxi	75.87	15.97	12.01
Cotopaxi	97.38	15.66	10.86
Cotopaxi	93.83	15.7	10.56
Pichincha	87.2	14.18	8.130
Pichincha	71.83	15.04	8.76
Pichincha	87.43	14.94	12.17
Pichincha	88.2	14.44	9.98
Pichincha	69.9	14.87	7.2
Pichincha	63.32	15.09	9.35
Pichincha	76.17	14.8	11.31
Pichincha	55.51	15.39	14.63
Pichincha	71.25	14.31	14.21
Pichincha	84.29	15.52	20.1
Pichincha	76.31	14.69	10.9
Tungurahua	88.03	13.96	14.3
Tungurahua	59.08	14.1	12.34
Tungurahua	79.18	14.38	11.7
Tungurahua	70.37	14.23	11.56
Tungurahua	63.7	14.1	7.33
Tungurahua	67.16	14.23	6.54
Tungurahua	66.76	13.89	14.05

Tungurahua	65.77	14.43	18.87
Tungurahua	73.75	13.8	13.26
Tungurahua	73.54	13.47	16
Tungurahua	74.06	14.75	13.35