



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA



**“EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DEL CAFÉ ORGÁNICO EN LOS VALLES DE
SANDIA: PERIODO 1968-2016”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. WILLY QUISPE CAÑAZACA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ECONOMISTA**

PROMOCIÓN 2017-I

PUNO - PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mis padres Valentin Quispe Mamani y Maruja Cañazaca Apaza que hicieron posible que culmine esta etapa de mi vida, quien me dio vida, educación, apoyo y consejos. Ya que son el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han transmitido todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, perseverancia, mi empeño y todo ello de una manera desinteresada.

A mis hermanos que han sido mi ejemplo y lucha para alcanzar mis metas. Y mis amigos por el apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme a lo largo de esta vida siempre llenándome de gozo, alegría y salud.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Económica, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales hacia mi persona.

Al director de la presente tesis. Dr. Roberto Arpi Mayta, por el asesoramiento en todo el proceso de realización de la presente tesis.

A mi familia, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas porque muchas de estas páginas estarían vacías sino hubiera sido por su constante apoyo en la conclusión de esta meta de mi carrera profesional tan importante.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas cercanos y familiares que me ayudaron a ser una mejor persona en mi vida profesional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

- 1.1. Planteamiento del problema..... 13
1.2. Objetivo de la investigación 16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

- 2.1. Antecedentes de la investigación 17
2.2. Marco Teórico..... 22
 2.2.1. Marco Legal 22
2.3. Café y variables climáticas 23
 2.3.1. Condiciones climáticos y fenología del café 23
 2.3.2. Impactos y efectos del cambio climático en el café..... 26
 2.3.3. Producción de café y el medio ambiente 27
 2.3.4. Normas de producción y el medio ambiente 29
2.4. Ventajas Comparativas y Competitivas en los Productores Cafetaleros en los
 Valles de Sandia..... 30
2.5. Enfoques de Función de Producción 32
2.6. Función de producción..... 35
2.7. Marco conceptual..... 39
 2.7.1. Cambio climático..... 39
 2.7.2. Clima 40
 2.7.3. Temperatura 40
 2.7.4. Precipitación 41
 2.7.5. Café 41



2.7.6. Producción del café orgánico.....	42
2.8. Hipótesis de la investigación	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.5. Tipo de investigación.....	44
3.6. Enfoque de investigación.....	44
3.7. Método Analítico.	44
3.8. Diseño de investigación.	44
3.9. Alcance de la investigación.	44
3.10. Método de investigación por objetivos específicos	45
3.11. Ubicación del área de estudio	45
3.12. Población	46
3.13. Muestra.	46
3.14. Materiales.....	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5. Análisis del comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA.....	52
4.6. Análisis del comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación pluvial y humedad relativa del centro meteorológico Tambopata perteneciente a los valles de Sandia.	56
4.7. Análisis del efecto de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitaciones y humedad relativa en la producción del café orgánico de los valles de Sandia.	59
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO	78

Línea: Políticas Publicas

Sub línea: Potencialidad de los mercados de productores y sostenibilidad de los RRNN.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de febrero de 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Función de producción con variables climáticas.	37
Figura 2.	Ubicación geográfica del área de estudio	46
Figura 3.	Evolución del comportamiento de la producción de café del total de cooperativas de CECOVASA.....	53
Figura 4.	Evolución de la producción de café de las Cooperativas Charuyo y San Jorge 1968-2016.....	54
Figura 5.	Evolución de la producción de café de las cooperativas agraria cafetalera Inambari y San Isidro.	55
Figura 6.	Evolución de la producción de café de las cooperativas San Ignacio y Unión Azata 1968-2016.	56
Figura 7.	Evolución de la temperatura máxima del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.....	57
Figura 8.	Evolución de la temperatura mínima del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.....	57
Figura 9.	Evolución de la Precipitación Pluvial del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.....	58
Figura 10.	Evolución de la Humedad Relativa con registro del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.....	59
Figura 11.	Temperatura máxima óptima para una mejor producción del café.	61
Figura 12.	Temperatura mínima óptima para una máxima producción del café en los valles de Sandia.	63
Figura 13.	Precipitación pluvial óptimo para una máxima producción de café en los valles de Sandia.	65
Figura 14.	Humedad relativa óptima para una máxima producción de café en los valles de Sandia.	66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales ventajas y desventajas del Enfoque estructural.....	32
Tabla 2. Principales ventajas y desventajas del Enfoque Espacial o Ricardiano.....	34
Tabla 3. Operalización de Variables	48
Tabla 4. Producción y Temperatura máxima.....	59
Tabla 5. Producción y Temperatura mínima.....	61
Tabla 6. Producción y Precipitación Pluvial.....	63
Tabla 7. Producción y Humedad Relativa.	65
Tabla 8. Estimación de las Variables climáticas.....	68



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CC	Cambio Climático
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
ORG.	Orgánico
FT.	Fair Trade
CONV.	Convencional.
IPCC.	Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
AIC	Akaike info criterion
ADF	Dickey - Fuller Aumentado
PP	Phillips Perron
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
MCO	Mínimos Cuadrados Ordinarios.
CECOVASA	Central de Cooperativas de los Valles de Sandia



RESUMEN

El cambio climático representa una amenaza mundial exclusivamente a la agricultura, surge la interrogante, por sus múltiples impactos en los sectores productivos; el nuevo informe sobre el Calentamiento global de 1,5 °C hace hincapié en limitar la temperatura a un valor de 1,5 °C y esto generaría enormes beneficios en el desarrollo de una economía sostenible (IPPC). El objetivo es analizar el efecto del cambio climático (temperatura, precipitación y humedad relativa) sobre la producción del café orgánico. Para ello, se utilizó el enfoque de la función de producción mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para explicar la producción del café bajo condiciones del cambio climático. Una vez estimados los parámetros de la función de producción, se analizó bajo umbrales de temperatura; los resultados muestran que existe una relación cóncava entre la temperatura máxima y la producción de café orgánico, es decir, que ante un incremento de la temperatura máxima por encima de su valor óptimo dará lugar a un nivel de producción más bajo y por ende, los ingresos de los agricultores cafetaleros son perjudicados, además los resultados del modelo econométrico indican que la variable temperatura máxima es el que más influyó en la producción a un nivel de significancia del 10%. Los umbrales de temperaturas ó puntos de inflexión encontrados para cada variable son: temperatura máxima 27.4 °C, temperatura mínima 16.4°C, precipitación de 124.17mm y humedad relativa de 88.35%. El comportamiento de los factores climáticos muestra tendencias crecientes a lo largo de los años de estudio y el efecto hacia la producción son negativos.

Palabras claves:

Cambio climático, función de Producción, variables climáticas, producción de café, umbral óptimo de temperatura.



ABSTRACT

Climate change represents a global threat exclusively to agriculture, the question arises, due to its multiple impacts on the productive sectors; The new report on Global Warming of 1.5 ° C emphasizes limiting warming to a value of 1.5 ° C and this would generate huge benefits in the development of a sustainable economy (IPPC). The objective is to analyze the effect of climate change (temperature, precipitation and relative humidity) on organic coffee production. To do this, the production function approach was used by means of the Ordinary Least Squares (OLS) method to explain coffee production under climate change conditions. Once the parameters of the production function have been estimated, it is analyzed under temperature thresholds; The results show that there is a concave relationship between the maximum temperature and the production of organic coffee, that is to say, that when the maximum temperature increases above its optimal value, it will lead to a lower production level and therefore, the Income of coffee farmers is harmed, and the results of the econometric model indicate that the maximum temperature variable is the one that most influences production at a significance level of 10%. The temperature thresholds or inflection points found for each variable are: maximum temperature 27.4 ° C, minimum temperature 16.4 ° C, precipitation of 124.17mm and relative humidity of 88.35%. The behavior of climatic factors shows increasing trends over the years of study and the effect towards production is negative.

key words: Climate change, production function, climate variables, coffee production, optimal temperature threshold



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El café en los Valles de Sandía es un cultivo de gran importancia económica y social; sin embargo, el cambio climático ha causado preocupación entre los productores cafetaleros, debido a que las variables climáticas presentan cambios bruscos como: aumento y disminución de temperatura progresivamente en los últimos años; como consecuencia están siendo severamente afectadas sobre el cultivo del café específicamente en sus rendimientos de producción.

Estudios realizados informa que aun tomando en cuenta el cambio tecnológico de las últimas décadas, no se ha logrado reducir el nivel de dependencia que tiene la agricultura de las condiciones climáticas; los factores medioambientales continúan siendo un insumo determinante de la producción agrícola. Por tal razón Cline (2007), asegura que es un gran error pensar que los avances tecnológicos lograrán mitigar el impacto del cambio climático sobre la agricultura; resultados similares a los que encuentra Carrasco (2016), afirma que los próximos años, ante el hecho inminente del cambio climático a nivel mundial, posiblemente tendremos efectos negativos no solamente en la producción de quinua , sino en la agricultura en su conjunto en la región Puno, con riesgos desde la disminución de la producción y calidad de los alimentos, ingresos más bajos y alza de precios, entre otros.

Según Jones y Thornton (2003), los efectos del Cambio Climático pueden ser más graves especialmente para las economías campesinas o para los agricultores de subsistencia ubicados en ambientes frágiles que por lo general se ubican en países en vías de desarrollo, donde ocurren grandes cambios en productividad de un cultivo. Hay preocupación por áreas donde la agricultura de subsistencia es la norma, porque la



disminución de tan solo una tonelada de productividad podría llevar a grandes desequilibrios en la vida rural.

Tres países suministran casi el 60% de la producción mundial de café: Brasil, Vietnam y Colombia; Perú ocupa el onceavo rango con 2,88 millones en quintales de café; en el ámbito regional la producción cafetalera está considerado como el segundo producto más cultivado con 5 770 TM en el año 2016.

Los productores pertenecientes a CECOVASA exporta más del 75% de la producción cafetalera de los valles de Tambopata e Inambari, lo que representa el 2% de la producción nacional, además, el 70% de familias se dedican a la agricultura y específicamente una cantidad de 5000 familias son agricultores cafetaleros.

Con base en lo anterior, el propósito de esta investigación es estudiar los efectos que tienen el cambio climático sobre la producción de café en los valles de Sandia. Para lo cual se evalúa de forma individual el papel que tiene cada variable explicativa como son: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación pluvial y humedad relativa con respecto a la variable explicada que es la producción de café.

El trabajo se divide en cinco partes. En primera instancia se establecen los antecedentes de distintos autores que realizaron estudios con una función de producción con el enfoque estructural principalmente con el cambio climático. En segundo lugar, se muestra una clasificación de los modelos teóricos utilizados por los diferentes autores, de donde se establecen principalmente: el Modelo Estructural y el Espacial o Ricardiano. En tercer lugar, se expone la metodología del modelo mencionado. Seguido de la discusión y conclusiones.



1.1 Planteamiento del problema

En el contexto internacional como en el caso de Brasil es el país mayor productor y exportador mundial de café. Este país dispone de amplias zonas que reúnen condiciones óptimas para el cultivo de café. En este país se producen y procesan los diferentes tipos de café, en mayor escala comercial del mundo concentrada en un solo país, de modo que es importante citar expresamente el detalle de la situación de la caficultura brasileña en su condición más actualizada: “El café es cultivado en 300 mil explotaciones de once estados federados brasileños y en 1850 municipios, con una superficie cultivada de 2,1 millones de hectáreas. Y en la cosecha del 2015/2016 se registró una reducción notable, la cosecha 2014-2015 la producción cafetalera de Brasil ascendió a 45,639 millones de sacos de 60 kilos, sin embargo, se registró un descenso en la producción del 2015-2016 el volumen producido fue de 43,235 unidades (Brenes et al, 2016).

El aumento en la incidencia de la roya de café, la caída en los precios internacionales de café, desde 2011 hasta finales del 2013 que desincentivó la producción y contribuyeron a una merma en la producción de café en Centroamérica. En el Salvador en términos de producción total, ésta pasó a una disminución de cosecha de café de 4.3 millones de quintales oro uva en la cosecha 1992-1993 a 1.73 millones en el ciclo 2012-2013 y 723 mil quintales en la cosecha 2013-2014, de acuerdo con datos del Consejo Salvadoreño del café (Cea, M. et al, 2014 y Garza, J. 2012), En términos de porcentajes, la producción disminuyó en un 57 % entre las cosechas 2010/2011 y 2013/2014. En Honduras, país que había llegado a su producción más alta en la historia en 2011/2012, la producción de café disminuyó en un 23% hacia 2012/2013. Guatemala experimentó una disminución de 18% entre 2011/2012 y 2013/2014, y Nicaragua, el país menos afectado en términos de producción global, experimentó una disminución de 11% entre 2011/2012 y 2013/2014. (PROME CAFÉ, 2016).



En el contexto nacional el café es cultivado en 210 distritos rurales ubicados en 47 provincias de 10 departamentos. La superficie cultivada es de aproximadamente 230,000 hectáreas distribuidas en tres zonas y la región más apropiada y que produce café de alta calidad localizada al extremo central oriental de la Cordillera de los Andes, conocida como zona de la selva con clima de región tropical. Las cosechas registradas en el año 2015 y 2016 tuvo registros de reducción en la producción en comparación el año 2015. Según MINAGRI, en el Perú el impacto del cambio climático tuvo una gran repercusión, principalmente, en la producción de los cultivos agrícolas, como es el caso del café.

Según, Plan Nacional de Acción del Café y Ministerio de Agricultura y Riego informa sobre la problemática del café en el Perú ,que en los últimos años las plagas tienen una elevada incidencia en los cultivos de café y están mostrando una mayor repercusión sobre los niveles de productividad debido principalmente a la reducción de la efectividad de los métodos de control, producto de los efectos del cambio climático, así como a la predominancia de plantaciones antiguas que no han sido renovadas por varias décadas en casi todas las regiones productoras tornándolas más susceptibles de ser atacadas por plagas y finalmente el efecto devastador que dejó el ataque de la roya amarilla en el año 2013, cuando impactó en casi la mitad del área total cultivada con café en el país y desapareció 80 mil hectáreas (la quinta parte) que aún se encuentran en proceso de recuperación.

En el ámbito regional, la provincia de Sandia es considerada como una de las principales provincias productoras de café orgánico a nivel nacional y departamental, con un significativo aporte de cuota en el mercado internacional. En los últimos años la producción de este cultivo presentó una disminución sustancial; Jimmy Larico Sucaticona, gerente general de la Central de Cooperativas de los Valles de Sandia



(CECOVASA), considera la situación como difícil y crítica ya que en el año 2005 la producción de café alcanzó una máxima producción de 118 026.42 quintales al año, sin embargo, en el año 2013 esta cifra se redujo, con un descenso en la producción hasta llegar a 8 092.54 quintales para este periodo. En estas condiciones se ha registrado una disminución porcentual muy notorio de 93.14% en relación al año 2005.

Por lo que se considera necesario investigar cómo afecta el cambio climático en la producción de café en los valles de Sandia, en base a las siguientes interrogantes:

Pregunta general de la investigación:

- ¿Cuál es el efecto del cambio climático en la producción del café orgánico en los valles de Sandia: periodo 1968-2016?

Pregunta específico de la investigación:

- ¿Cuál es el comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA 1968-2016?
- ¿Cuál es el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitaciones y humedad relativa del centro meteorológico Tambopata pertenecientes a los valles de Sandia: 1968-2016?
- ¿Cuál es el efecto de la temperatura máxima en la producción del café orgánico de los valles de Sandia: 1968-2016?
- ¿Cuál es el efecto de la temperatura mínima en la producción del café orgánico de los valles de Sandia: 1968-2016?
- ¿Cuál es el efecto de la precipitación pluvial en la producción del café orgánico de los valles de Sandia:1968-2016?
- ¿Cuál es el efecto de la humedad relativa en la producción del café orgánico de los valles de Sandia:1968-2016?



1.2 Objetivo de la investigación

Objetivo general de la investigación:

- Analizar el efecto del cambio climático en la producción del café orgánico en los valles de Sandia: periodo 1968-2016.

Objetivos específicos de la investigación:

- Analizar el comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA 1968-2016.
- Analizar el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y humedad relativa del centro meteorológico Tambopata perteneciente a los valles de Sandia: 1968-2016.
- Analizar el efecto de la temperatura máxima en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- Analizar el efecto de la temperatura mínima en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- Analizar el efecto de la precipitación pluvial en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- Analizar el efecto de la humedad relativa en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Bunn, Läderach, Ovalle y Kirschke (2014) en su estudio realizado sobre perfil de cambio climático de la producción mundial de café Arábica y Robusta afirma que el café es altamente sensible al cambio climático. Dado que las plantaciones de café tienen una vida útil de unos treinta años, los resultados obtenidos muestran que las temperaturas más altas pueden reducir los rendimientos de Café arábica, mientras el Café robusta podría sufrir por un aumento de la variabilidad de las temperaturas intra-estacionales. Afirma que el cambio climático reducirá el área global adecuada para el cultivo del café en un 50% a través de escenarios de emisión, Además afirma que los impactos a futuro serán más críticos en latitudes y altitudes bajas donde sufrirán disminución en la producción de café; los países líderes en producción que son Brasil y Vietnam experimentarían reducciones significativas en áreas disponibles para el café; Algunas regiones del este de África y Asia pueden ser más adecuadas para el cultivo, pero solo en zonas boscosas.

Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Serna (2010) examina en su estudio el efecto del cambio climático sobre la agricultura de Belice, para lo cual usa un modelo de función de producción con enfoque estructural a fin de determinar los umbrales para cada cultivo específico mediante la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) usando 46 datos anuales del periodo de 1961-2006; Los resultados revelan que existen severas repercusiones en el sector primario de Belice. Concretamente el análisis de las funciones de producción sectoriales muestra los efectos negativos que tiene el cambio climático en el sector agropecuario a consecuencia de las variaciones en la temperatura y en la



precipitación. Las pérdidas acumuladas al año 2100 en el sector agropecuario en su conjunto son alrededor de 35% del PIB de 2007. Asimismo, identificó que la variación en las precipitaciones ocasiona las mayores pérdidas económicas. Las estimaciones también revelan que debido a la importancia que representa en la economía los cultivos del maíz, el frijol, la caña de azúcar y la naranja son los más afectados por el cambio climático.

Jimenez y Massa (2016) en su estudio examina el efecto de las variables climáticas sobre la producción de café en la provincia de Loja, en Ecuador; considera variables climáticas como precipitación y temperatura media, mínima y máxima, con base en una función de producción, aplicando Mínimos Cuadrados Ordinarios, para determinar la relación entre la producción de café y las variables climáticas. Los resultados muestran la existencia de una relación directa entre la precipitación y la producción de café, y entre la producción y la superficie cosechada de este rubro, pero inversa entre la producción y la temperatura máxima y media.

Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta, & Serna (2010), en este estudio, buscan analizar los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario en Nicaragua, así como sus efectos económicos utilizando dos escenarios climáticos y distintos horizontes temporales; las estimaciones lo realizaron con el Método de MCO. Sus resultados indican que estos tres cultivos son gravemente afectados, repercutiendo de manera importante en la economía del país. El modelo de función de producción expone que las variaciones en las variables climáticas acarrearán efectos negativos sobre la producción agropecuaria. Las pérdidas económicas proyectadas al año 2100 representan alrededor de 22% del PIB de 2007. Asimismo, y de acuerdo con los resultados, en el caso del maíz al año 2100 las pérdidas oscilarán entre 3% y 5% del PIB, para el caso del frijol,



las pérdidas representan entre 1% y 3% del PIB y en el caso del café los costos económicos acumulados hacia 2100 se predicen en alrededor de 6% del PIB.

Mora, Ramírez, Ordaz, Acosta y Serna (2010) analizan los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario en Panamá, así como sus efectos económicos utilizando dos escenarios climáticos y distintos horizontes temporales; para lo cual usaron un modelo de función de producción a fin de determinar los umbrales para cada producto, las estimaciones lo realizan con el Método de MCO. los índices de producción obtenidos a partir de la división del sector en tres categorías: agropecuaria; los resultados obtenidos por el autor afirman que las variables climáticas sobrepasaron el punto de inflexión y son afectados de manera negativa los cultivos tropicales. Por otra parte, nuestras modelaciones generadas a partir de los índices de producción ofrecen clara evidencia de que la precipitación pluvial, en principio, podría ser benéfica debido a que los incrementos en dicha variable permitirían generar mayores niveles de producción.

Ugarte (2016) realiza un análisis sobre el impacto del cambio climático en la producción agrícola en Nicaragua sobre cultivos específicos, realizando una estimación con una función de producción empírica donde la producción de un determinado cultivo depende de ciertos insumos ambientales como la precipitación y la temperatura. La estimación lo realiza incluyendo efectos fijos a nivel de departamento con datos anuales, para cuatro cultivos: frijol, arroz, maíz y café. Los resultados muestran que ante un aumento de 1% en el nivel de precipitación en época no lluviosa, los quintales producidos de café disminuyen en 0.163%. Sucede lo contrario en época lluviosa, ante el mismo aumento en precipitación, los quintales cosechados en café aumentan en promedio en 0.56% y los resultados encontrados en otros cultivos los más afectados por el cambio climático son el maíz, el arroz, y en una menor medida el café y el frijol.



Bustamante, Pérez, Rivera, Martín y Viñals (2015) analiza en la región oriental de Cuba donde su objetivo fue evaluar el efecto de las precipitaciones sobre el rendimiento del café. El autor realiza regresiones entre los rendimientos y las precipitaciones anuales. Utilizaron diferentes modelos matemáticos, seleccionándose el de mayor coeficiente de determinación (R^2). Los resultados muestran una fuerte relación entre las precipitaciones anuales y los rendimientos máximos estables, en ambas localidades y ciclos ($R^2 > 90\%$). Con precipitaciones en el rango entre 1400 y 1600 mm en "Tercer Frente" y "La Alcarraza", obtuvo resultados de 1,30 t ha⁻¹ de café oro año⁻¹; mientras que valores de lluvias anuales entre 1750 y 1900 mm permitieron alcanzar rendimientos anuales entre 1,4 a 1,8 t ha⁻¹ de café oro. A un aumento de las precipitaciones ascendieron a 2000 mm en ambos sitios, se obtuvieron 2 t ha⁻¹ de café oro año.

Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna (2010) cuantifica los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola en Costa Rica; para lo cual hace uso en conjunto de los dos modelos a fin de obtener resultados robustos metodológicamente; una función de producción con enfoque estructural a fin de determinar los umbrales para cada producto y el modelo espacial Ricardiano a fin de poder ver los efectos sobre el valor de la tierra en diversos escenarios. Los resultados muestran que el cambio climático tiene efectos adversos sobre la producción de algunos cultivos que sobrepasaron la temperatura óptima que permite lograr los mayores rendimientos en la producción de maíz, frijol y café y tenderían a reducir la producción de estos tres cultivos.

Rivera y Alvarado (2013) analiza el impacto del cambio climático sobre los ingresos del café convencional en el Perú con un análisis de panel balanceado para el periodo 1991-2010. Para ello, utiliza el enfoque de la función de producción, en base a un modelo econométrico de datos panel. Los resultados muestran que existe una relación



de convexidad entre la temperatura máxima y la producción de café convencional, es decir, que ante un incremento de la temperatura máxima por encima de su valor óptimo dará lugar a un nivel de producción más alto y, por ende, los ingresos de los agricultores cafetaleros no se verán perjudicados. Estos resultados evidencian que seguir cultivando café convencional a largo plazo será rentable para los agricultores de la zona en estudio, el cual aporta el 1.08% al valor bruto de la producción del sector agrícola.

Torres (2010) en su estudio realizado hace un análisis económico del cambio climático en la agricultura de la Región Piura, donde busca cuantificar el impacto del cambio climático sobre los principales productos agroexportables en Piura, tales como son el mango, limón, plátano y café para ello usa un modelo de función de producción y encuentra que los productos son explicados en un 50% por las variables climáticas y afirma que las variables de temperatura sí afectan el rendimiento del mango y plátano. A medida que aumenta la temperatura mínima el rendimiento de estos productos aumenta, sin embargo estos aumentos en el rendimiento son cada vez menores e incluso llevarían a una disminución en el rendimiento si los aumentos en la temperatura mínima sobrepasan el umbral u óptimo correspondiente, en su trabajo encuentra la temperatura mínima y máxima que optimizan la producción para cada producto siendo para el mango de 19.71 °C y 32.21 °C, el plátano de 17.8 °C y 18.0°C, el limón 20.76°C y 31.03°C y para el café de 13.26 °C y 24.79 °C ; así mismo en base a las estimaciones del modelo propuesto se cuantifica que las pérdidas en el rendimiento de los cultivos en el año 2030 son de 7,48% para el mango. El plátano en promedio en 38.51%; pero en el caso del café un mayor aumento de la temperatura a este cultivo le beneficia hasta en un 41.1%; en el caso del limón ocurre también un aumento en el rendimiento de 52.74%.



2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco Legal

- **Ley N° 30983.- Ley que modifica la Ley 29196, Ley de Promoción de la Producción Orgánica ó Ecológica, a fin de desarrollar la certificación de productos orgánicos producidos por pequeños productores.**

Bajo esta ley los agricultores en la provincia de Sandia en la zona cafetalera pusieron en práctica lo que es la promoción de la producción orgánica y ecológica desde los años 2004 por la empresa CECOVASA, donde los socios de esta empresa son incentivados especialmente por los precios más altos por quintal de café, es así donde cada caficultor prefiere producir café orgánico que los genera mayores ingresos económicos y mejorar la calidad de vida, en comparación con la producción de café convencional.

- **D.S. N° 061-2006-AG – Establece el Registro Nacional de Organismos de Certificación de la Producción Orgánica**

En el ámbito de la certificación los productores cafetaleros de los Valles de Sandia exportan café al mercado internacional bajo una certificación como son: CERES PERÚ, CONTROL UNIÓN, IMO CERT BOLIVIA ya que esta certificación garantiza los estándares de producción y calidad de grano de café según el reglamento técnico para productos orgánicos.

- **D.S. N° 044-2006-AG – Aprueba el Reglamento Técnico para la Producción de Productos Orgánicos**

Los productores y exportadores del valle de Sandia en el departamento de Puno a través de CECOVASA, vienen comercializando con éxito el café en la línea de producción orgánica. Actualmente cuentan con certificaciones importantes y los



sellos de garantía como: NATURLAND , OCIA INTERNACIONAL y FAIR TRADE.

2.3 Café y variables climáticas

2.3.1 Condiciones climáticos y fenología del café

Para el cultivo del café arábica ó robusta, al igual que para cualquier otro, existen características climáticas y edáficas bien definidas, las cuales en cuanto más se aproximen a las condiciones ideales requeridas, en sus diferentes fases fenológicas, mayor posibilidad tendrá de expresar todo su potencial genético, lo que se traducirá en mayor producción.

- **Temperatura**

Según MINAGRI los rangos de temperatura media anual señalados como óptimos para el café arábica, están entre 17 °C y 23°C ó rangos más estrechos, ubicándose entre 18.3°C y 21,1°C. Además, Alvarado y Rojas (2007) indica que los rangos óptimos están entre 17°C y 23°C. Jaramillo y Guzmán (1984) mencionan un promedio óptimo de 21°C. El IHCAFE (2001) alude que los rangos óptimos de temperatura para el café son entre 20°C y 25°C. La FAO (2011) citado por Haggar y Schepp (2011) menciona que la temperatura óptima mínima para Coffea arábica es de 14°C y la máxima de 28°C.

- **Precipitación**

Es un factor climático muy importante que tiene un efecto significativo en la floración, producción y en su época de maduración.

El resultado de investigaciones por varios autores (Fournier O., Luis A., Carvajal y José F) indica que una precipitación anual optima esta entre 1600 y 1800 para C. arábica y que el mínimo absoluto para esta especie se ubica cerca de 1000 mm. Precipitaciones



superiores a los 3000 mm deben considerarse como inapropiadas para el cultivo económico del café.

Una buena distribución de la lluvia y la existencia de un período seco bien definido. Favorecen el cultivo del cafeto, puesto que con ello se logra un buen desarrollo radical y el crecimiento de las ramas que han brotado durante el período lluvioso.

Según, Peña, Ramírez, Valencia y Jaramillo (2012) aseguran que la sobresaturación del suelo, asociada en gran medida, a altas precipitaciones o un gran número de días con presencia de lluvia, limita el desarrollo del sistema radical, dando como resultado una planta con síntomas de deficiencias nutricionales, desarrollo deficiente de brotes, defoliación, paloteo, baja producción, baja calidad de los frutos y, bajo condiciones extremas, hasta la muerte de la planta. De otro lado, el déficit de agua en el suelo, asociado a bajos niveles de precipitación y pocos días con lluvia, puede causar daños en la cosecha de café, especialmente si ésta coincide con la época de floración o de llenado de fruto. Los daños más comunes son los granos flotantes o pasillas, los granos parcialmente formados, el grano negro y los granos pequeños.

- **Humedad relativa**

Las condiciones de humedad del aire no son consideradas como una variable determinante en el cultivo de café. Sin embargo, se señala que un promedio de humedad relativa de 70% a 90% es adecuada para el *Coffea arábica*. puesto que se ha establecido que valores mayores al 90% pueden estimular el ataque de enfermedades fungosas (Alvarado y Rojas, 2007).



- **Hinchazón de yemas:** Las yemas florales, están localizadas en los nudos de las ramas laterales, muestran un hinchamiento, producto de su alargamiento en forma de estaquillas, y luego cambian de color verde a blanco. Las temperaturas óptimas para esta fase son de 18°C a 22°C y temperaturas que se registren < 15°C se consideran un punto crítico.
- **Botón floral:** Las yemas florales se abren apreciándose los botones florales. De cada yema floral por lo general se forman 4 botones florales. La temperatura óptima para esta fase es de 18 °C a 22°C y temperaturas < 15°C y 25°C > son considerados puntos críticos para esta fase.
- **Floración:** Apertura de los botones florales con pétalos blancos. La temperatura óptima para esta fase es de 18 °C a 24°C y temperaturas que sean < 15°C y 28°C > son considerados críticos para la floración.
- **Fructificación:** Se inicia con el cuajado de los frutos, donde alcanzan un diámetro de 3 a 5 mm. Estos frutos continúan creciendo hasta tornarse duros y de color verde. Al final de esta fase se aprecia una semilla, completamente formada, de pulpa blanca. La temperatura óptima para esta fase es de 18 °C a 24°C y temperaturas que son < 15°C y 28°C > son considerados críticos para esta fase.
- **Maduración:** Los granos son suaves nuevamente y han cambiado de color verde a verde amarillento, para finalmente tornarse ya sea rojo vinoso o amarillo brillante, según el cultivar. La pulpa entre las semillas y la cáscara es dulce. Las temperaturas óptimas para esta fase son consideradas desde 18 °C a 24°C y temperaturas que sean < 15°C y 28°C > son considerados críticos para esta fase.

Tabla 4 Fases fenológicas del café y temperaturas óptimas para la producción.

Parte aérea	Hinchazón de Yemas	Botón Floral	Floración	fructificación	Maduración
Temperatura Óptima	18°C a 22°C	18°C a 22°C	18°C a 24°C	18°C a 24°C	18°C a 24°C
Temperatura Crítica	< 15°C	< 15°C a 25°C >	< 15°C a 28°C >	< 15°C a 28°C >	< 15°C a 28°C >
Humedad óptima	> 75%	> 75%	> 75%	> 75%	> 75%
Déficit hídrico	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible

Fuente: SENAMHI

Elaboración: DEEIA/DGPA/MINAGRI

2.3.2 Impactos y efectos del cambio climático en el café

Viguera, et al (2017, p 10) señala que el café, tanto robusta como arábica, son sensibles a las condiciones ambientales, principalmente a luz, temperatura, lluvia y humedad en todas las etapas de crecimiento y producción de grano. Por lo tanto, cambios en el clima y eventos extremos tienen impactos importantes en la productividad y calidad de la cosecha en el cafetal, llegando a reducir la actividad e incluso a provocar la muerte de las plantas. Indirectamente, los cambios en el clima incrementan la incidencia de plagas, enfermedades, la degradación de suelos y reducen la provisión de servicios ambientales como control de plagas y polinización.

El rendimiento y algunas fases del café en particular son sensibles a la variabilidad de la temperatura y precipitación anual e intra-anual (mes por mes) y a los eventos extremos.

Impactos que se esperan con las nuevas condiciones climáticas son:

- Aceleración del desarrollo y maduración del fruto y degradación de la calidad del grano con temperaturas por encima del rango óptimo (21° C).
- Reducción de la capacidad fotosintética a partir de 24° C, que resulta en un menor rendimiento de la planta.



- Reducción de la formación de yemas florales (y posteriores frutos) a temperaturas superiores a 28-30°C.
- Daño severo a plantas, menor crecimiento, hojas amarillas, tumores en la semilla y abortos florales por encima de 30°C.
- Floración errática (loca) o continua por falta de estacionalidad de la lluvia y defectos en el desarrollo de la flor (flores estrellas), que reduce la producción y la rentabilidad económica. Las yemas florales requieren 2-3 meses secos (idealmente menos de 50 mm mensuales) y menos de 13 horas de luz para generar una floración uniforme.
- Purga de frutos, afección de raíces y deslave del terreno por efecto de lluvias extremas. Cuando llueve durante la fase de desarrollo, las plantas tienden a generar demasiado tejido vegetativo a expensas de flores y frutos.
- Problemas en el llenado de grano (grano vano y grano negro) por una canícula prolongada entre las semanas 15 y 25 del desarrollo del grano.
- Mayor impacto de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) a mayores temperaturas medias.
- Descenso de la productividad por reducción de agua disponible, a causa de una mayor aridez y el incremento de evapotranspiración debido a altas temperaturas.
- Defoliación, caída de flores, frutos y quiebre de plantas por vientos fuertes.
- Algunos de los impactos serán positivos, como la mejora de la germinación de las semillas que tienen su óptimo de temperatura a 30-32 °C.

2.3.3 Producción de café y el medio ambiente

Los productores cafetaleros tienen una visión de desarrollo sostenible por tal conservan las especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción como, por



ejemplo: loros, monos, puma, gallito de las rocas, etc. por ser una de las normas del desarrollo sostenible.

En CECOVASA el procesamiento húmedo lo realiza cada productor, siguiendo las normas de la certificación orgánica y entregando el café despulpado y seco. Por ello, todos tienen despulpadoras, pozas y canales de correteo; la pulpa no se desecha, sino que se deposita en composteras. Las exigentes normas de certificación orgánica impiden que el café sea secado en el suelo, por lo que todos los productores del programa de cafés especiales son capacitados y supervisados para la elaboración de tarimas artesanales para extender el café. El mismo almacén doméstico es supervisado; todos los sacos, de yute para evitar la contaminación de los sacos de polietileno, reposan también en tarimas o palieres, separados del piso. Todas las instalaciones (el almacén, el área de beneficio y secado, la compostera, etc.), impecables, marcadas con carteles (Remi M. 2007)

- a) **Protección de cuencas hidrográficas, y cauces de agua_.** Los agricultores cafetaleros de los valles de Sandia protegen las cuencas hidrográficas del río Tambopata e Inambari al no hacer uso de agroquímicos.
- b) **Conservación de bosques_.** Cada socio agricultor cafetalero conserva los bosques en el aspecto que no realizan la tala total de los árboles en la plantación de nuevos cultivos de café para así obtener un beneficio de sombra en temporadas de verano donde las lluvias son muy escasas y además hacer una producción de café bajo sombra y obtener granos de café de mayor tamaño.
- c) **Reforestación.** - Mediante algunos proyectos realizados por los municipios de San Juan del oro y San Pedro de Putina Punco realizan entrega de árboles maderables y de sombra como: pino, eucaliptos, pino chuncho, laurel, cedro y entre otros con el objetivo de la reforestación de árboles realizando plantaciones en medio de las plantaciones de los cafetales.



- d) **Manejo de desechos** -. Los productores en el tema del manejo de los desechos ya sean orgánicos o inorgánicos hacen el uso de 3 tipos de composteras para depositar los desechos separándolo lo orgánico, plásticos, vidrios y metales, cada uno en su respectivo lugar, para así, evitar la contaminación del suelo, las descomposiciones de los desechos orgánicos son usados más adelante como abono para huertos o en plantaciones de café.
- e) **Manejo de aguas mieles y cereza.** Son almacenados en una compostera cada uno en sus respectivos lugares.
- f) **Agua** -. Los agricultores cafetaleros de los valles de Sandia usan la lluvia como riego ya que no existe un sistema de riego tecnificado para combatir las sequias en épocas de verano.

2.3.4 Normas de producción y el medio ambiente

Según la Plataforma SCAN (2016), los criterios que influyen en la sostenibilidad del café son:

- a) manejo de los ecosistemas
- b) manejo productivo
- c) cosecha selectiva.
- d) Beneficio y secado.
- e) carácter distintivo
- f) organización social
- g) asistencia técnica de calidad
- h) análisis físico-químico.



Un café sostenible implica la gestión de un sistema de producción en un entorno de paisaje cafetalero que mantenga la provisión de servicios ecosistémicos, promueva la competitividad y la calidad y sostenga de manera solidaria e inclusiva un tejido social que busque, con el café, desarrollar un plan de vida digno.

2.4 Ventajas Comparativas y Competitivas en los Productores Cafetaleros en los Valles de Sandia

En el contexto internacional cada vez es mayor la importancia de la producción del café de buena calidad y que cumplan ciertos criterios básicos de sustentabilidad: la protección al medio ambiente y la justicia social (Giovannucci, 2001, p.7). El café orgánico peruano y el café Sandino cumple con estos dos requisitos pudiendo sacar así una ventaja competitiva en relación con los demás países productores de café.

Para competir con uno de los mayores productores de café como Brasil, donde los costes de producción son reducidos gracias a la mecanización, Perú solo puede jugar la carta de la calidad. Por los tamaños y las cuestas de las parcelas, por la imposibilidad de mecanización y por los enclavamientos típicos de la zona andina, las perspectivas de desarrollo dependen de los mercados especializados: el café de alta gama, el café ecológico, el café justo. De ahí el desarrollo de las certificaciones durante los años 1990. Hoy el Perú es el primer exportador mundial de café ecológico con más de 90 000 hectáreas certificadas, Laviolette et al. (2015).

El café orgánico que producen los cafetaleros de los valles de Sandia, brinda al consumidor mayor garantía de calidad y salud, por lo que cuenta con distintas certificaciones internacionales que garantizan su proceso de cultivo y calidad.



El café orgánico certificado da al consumidor una garantía de lo que está adquiriendo un producto que fue cultivado libre de químicos y pesticidas y que de alguna manera estas características del producto ayudan a la salud y bienestar del consumidor.

La producción de café orgánico en la provincia de Sandia es casi al 100% café Arábico y las variedades que se cultivan son: (Típica, Caturra, Catimor, Pache y Bourbon) que tienen mejor calidad en las siguientes características: Acidez, Aroma, Cuerpo, Sabor, Dulzura, Resabio, Balance, en comparación con el café de variedad robusta que son cultivadas en otros países en mayor cantidad y con menor calidad.

Una ventaja comparativa en relación con los productores nacionales en el Perú, la Central de Cooperativas Agrarias y Cafetaleras de los Valles de Sandia – CECOVASA. Hoy es reconocida por tener uno de los mejores cafés a nivel mundial, ese reconocimiento es el fruto del trabajo y la unión de 10 cooperativas, los productores de la provincia de Sandia son 4 distritos: San Pedro de Putina Punco, San Juan del Oro, Yanahuaya y Alto Inambari. Con una base social de aproximadamente 5,000 familias aymaras y quechuas que juntos afrontan los retos que el mercado les plantea. Hoy venden un producto responsable con el suelo, las plantas, los bosques y la calidad de vida de los trabajadores. Son dueños de la marca “Tunki” que, en el 2010, fue reconocido como el mejor café del mundo, durante la Feria Internacional de la Asociación Americana de Cafés de Calidad – SCAA. Además, CECOVASA ha sido 7 veces campeona nacional en concursos de cafés de calidad (<http://www.cecovasa.com.pe>). (CECOVASA, 2018). Y esta calidad es obtenida por la producción en menor cantidad por cada productor en la zona, según informes de CECOVASA, más del 85% de socios productores de café de distintas Cooperativas de la zona solo poseen de 0 a 4 hectáreas de cultivos, es decir a menor cantidad de tamaño de cultivo los productores cafetaleros llevan un mejor proceso de calidad cumpliendo con todas las normas y estándares de calidad que exigen las empresas

internacionales certificadoras. Los productores cuentan con constantes capacitaciones e inspecciones a cada finca por parte de técnicos especialistas en el cultivo del café.

2.5 Enfoques de Función de Producción

2.5.1. Enfoque estructural

El enfoque estructural utiliza modelos interdisciplinarios para simular cambios en cultivos específicos. Estima la respuesta de los cultivos ante escenarios climáticos en que se especifican como: promedios anuales por décadas o datos con una frecuencia diaria para un cierto conjunto de atributos climáticos, más comúnmente, la temperatura y la precipitación. Una vez obtenidos los efectos estimados, se incorporan en modelos económicos del sector agrícola para simular cambios en la oferta de los cultivos y los precios del mercado. Con este enfoque los agricultores y consumidores minimizan impactos o maximizan su bienestar, sujeto a las restricciones climáticas impuestas en el modelo (Schimmelpfennig et al, 1996).

Este enfoque Combina estudios fenológicos con respuestas económicas de los agricultores a través de una función de producción. A continuación, se muestra la tabla de ventajas y desventajas:

Tabla 1
Principales ventajas y desventajas del Enfoque estructural

Ventajas	Desventajas
Los productores maximizan su bienestar y minimiza el impacto	Se requieren múltiples inferencias para grandes áreas de sistema de producción
Obtención de información fenológica detallada y con respuestas económicas	Supone las acciones de adaptación y estrategias de mitigación
Muestran resultados reales de la relación rendimientos ó producción – condiciones climáticas	No toma en cuenta el sistema social

Fuente: elaboración realizada por Ramirez et al. (2014) en base a la información de Adams (1998), Easterling et al (1993) y Darwin et al (1995).



2.5.2. Enfoque espacial

Los modelos que se inscriben dentro del enfoque espacial buscan estimar los efectos del cambio climático en la agricultura con base en las diferencias observadas en los valores de la tierra, la producción agrícola y otros impactos climáticos relacionados entre regiones, utilizando métodos estadísticos o de programación para analizar cambios en los patrones espaciales de la producción (Molua y otros, 2007). Los análisis de este enfoque se basan en modelos Ricardianos, modelos de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés), modelos de Sistemas de Información Geográfica, entre otros.

A diferencia del modelo mencionado anteriormente en el enfoque estructural, los modelos espaciales asumen que los ajustes biológicos, físicos y económicos impuestos por el cambio climático a plantas, cultivos y agricultores se realizarán de manera automática. Esto elimina la necesidad de modelar las conductas adaptativas de plantas, cultivos y agricultores. Sin embargo, estos modelos sólo consideran aquellas variables de conductas adaptativas que se refieren al largo plazo y no a las relacionadas con impactos de ajuste en el corto y mediano plazo (Ordaz, et al, 2008).

Dentro de los modelos de este enfoque, el Modelo Ricardiano ha adquirido especial notoriedad. Este modelo se basa en la teoría de mercados competitivos, el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos esperados derivado del uso eficiente de la tierra. Por medio de técnicas de regresión, este modelo estima los efectos de variaciones en el clima y factores económicos y no económicos en el valor de la tierra agrícola, con información desagregada a cierto detalle.

Este enfoque es apropiado para estimaciones de corte transversal, mediante encuestas a los agricultores de diferentes regiones que explican cómo el Cambio

Climático afecta el valor de las tierras agrícolas (Mendelsohn, 1994; Mendelsohn y Nordhaus, 1996; Mendelsohn y Neumann, 1999).

Hernández et al (2014) uno de los principales desventajas del enfoque espacial ó modelo Ricardiano es el hecho de que el tamaño de malla o la extensión de la superficie de estudio para medir la afectación climática debe ser por lo menos 200 x 200 km, por lo cual este tipo de herramientas no se puede utilizar para regiones de menor tamaño o incluso igual a la muestra (pequeñas ciudades, poblaciones, rancherías, granjas o incluso municipios), y “dependen” de la calidad, cantidad y disponibilidad de datos de panel para realizar la medición de la unidad o región deseada. Esto significa que el uso o selección de un modelo depende estrictamente del alcance de la investigación y principalmente de la disponibilidad de datos de la región y del producto agrícola seleccionado.

Tabla 2

Principales ventajas y desventajas del Enfoque Espacial o Ricardiano.

Ventajas	Desventajas
Estima el impacto al CC en unidades altamente desagregadas.	Dependen de la calidad y cantidad y disponibilidad de datos panel.
Elimina la necesidad de modelar la adaptación de plantas.	Asumen ajustes biológicos, físicos y económicos por los productores ante los efectos del CC.
Remite responder al CC obteniendo una mayor renta de la tierra	Solo considera conductas adaptativas del largo plazo.
Utiliza modelos de medición de variabilidad climática con métodos estadísticamente estrictos (CGE, SIG).	Utiliza métodos de medición de variabilidad climática de gran malla (200km x 200km).

Fuente: elaboración realizada por Ramirez et. al. (2014) en base a la información de Adams (1998), Easterling et al (1993) y Darwin et al (1995).

En base a los enfoques desarrollados y la evidencia empírica revisada y teniendo en cuenta la característica fundamental del cultivo en estudio que es el café, para ver su

comportamiento en el tiempo; es indicado utilizar el modelo de producción con enfoque estructural.

2.6. Función de producción

Modelo económico de adopción en producción agrícola

Para el cumplimiento del objetivo de esta investigación es importante abordar la teoría económica, con dos supuestos fundamentales primero los agricultores se ven enfrentados en un mercado donde no se tiene acción sobre el nivel de precios y segundo los agricultores se afrontan a limitaciones de tipo tecnológico para la producción, por lo que dependen en su mayor porcentaje de variables climáticas para incrementar sus ingresos, por tanto, el objetivo del agente productor consiste en maximizar sus beneficios.

Lo que lleva a plantear la función de producción, que es una relación técnica que muestra como los factores de producción (tierra, trabajo y capital) son transformados y sus posibilidades técnicas.

En la que las variables climáticas inciden en el valor económico del uso de la tierra, ya que, al existir cambios drásticos en estas variables, harán que los productores se sientan inducidos a hacer cambios en el uso del suelo afectando la seguridad alimentaria.

La función de producción expresa la máxima cantidad de producción que se puede producir con una cantidad determinada de factores de producción entendido como todo elemento que interviene en el proceso de producción, esta función se puede expresar como:

$$Y = f (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$



Adam Smith (1776) considera que la función de producción no depende sólo de los factores productivos, sino además de los recursos naturales y de las instituciones que intervienen en el sistema económico.

En términos generales, la teoría económica muestra que una función de producción es una herramienta de análisis que permite relacionar las cantidades de factores que se requieren (X) y la forma en que se combinan para producir un bien determinado (Y).

$$Y = F(X) \quad (1)$$

Una definición más elaborada se encuentra 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 y de variables que representan la habilidad o capacidad de los agricultores. Asimismo, las variables endógenas (x) pueden incluir trabajo, capital y otros insumos. En tanto que las exógenas comprenden variables climáticas. Por su parte, las características de los agricultores (z) incluyen variables de capital humano.

En términos formales la función de producción agrícola se representa como sigue:

$$Q_t = f(m_t, z_t, x_t) \quad (2)$$

Donde Q_t representa la producción agropecuaria o el rendimiento por hectárea de un producto determinado. Dónde m es la variable “características del agricultor”, incluido capital humano, z son variables climáticas, temperatura, precipitación, x son factores como capital, trabajo, insumos y el subíndice t indica el tiempo o el año considerado.

Así, la función de beneficios de un agricultor que produce n cultivos en el tiempo t se expresa de la siguiente forma:

$$\pi_t = \sum_{i=t}^n [p_{jt}Q_{jt}(m_t z_t x_{jt}) - w_t x_{jt}], \quad j = 1, 2, \dots, n \text{ cultivos} \quad (3)$$

donde P_j representa los precios del producto, j y w son los precios de los insumos del producto j .

Un supuesto en este enfoque es la racionalidad de los agricultores donde busca maximizar sus beneficios y, por lo tanto, eligen aquella cantidad de insumos (x) que se les permita, considerando como dadas a las variables exógenas como el clima. La cantidad óptima de insumos debe satisfacer la siguiente condición de primer orden en cada uno de los períodos considerados:

$$P_j \frac{\partial Q}{\partial Z_t} = w, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

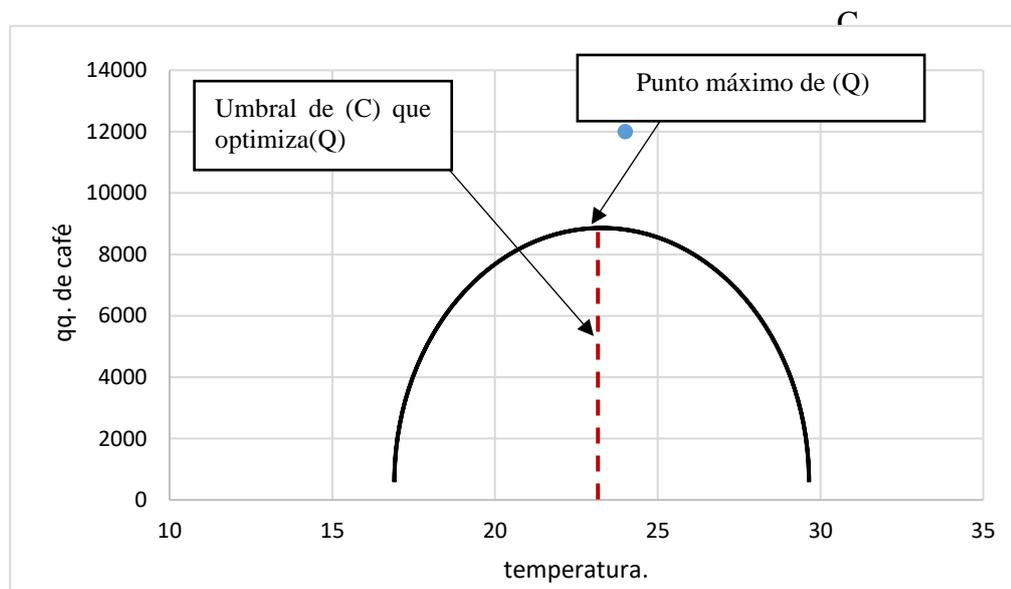


Figura 1. Función de producción con variables climáticas.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, una función de producción bajo los supuestos de los agentes económicos son maximizar sus beneficios mediante el uso del desarrollo sostenible y dependiendo exclusivamente de las variables climáticas, dado que la variable tecnología,

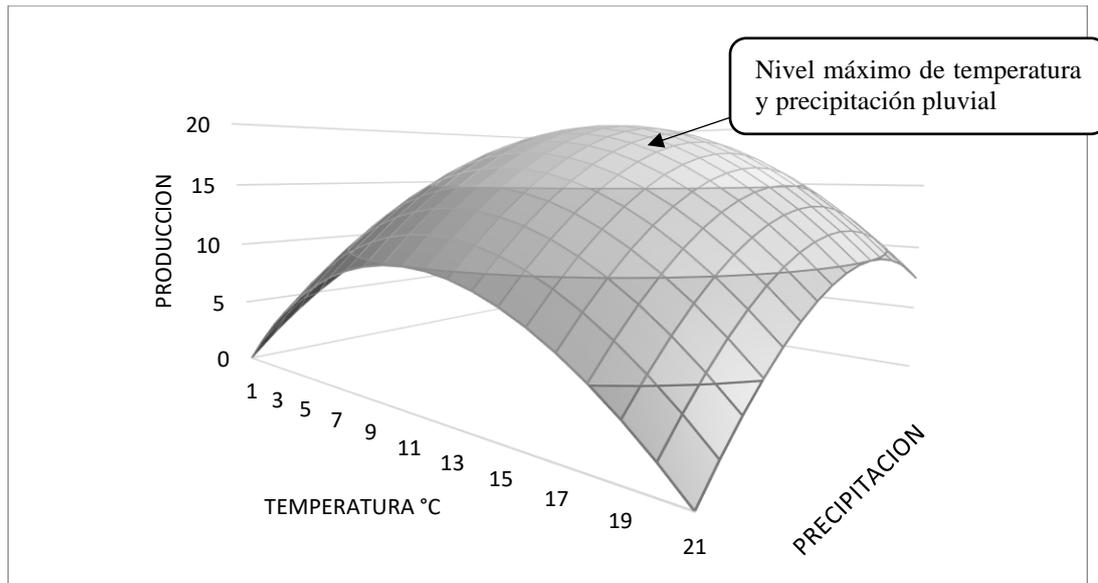
capital, la mano de obra y otros permanecen constantes (*ceteris paribus*), de modo que la función de producción agrícola se expresa de la siguiente forma:

$$Q_t = f(z_t)$$

Donde Q_t representa la producción agrícola o el rendimiento por hectárea de un producto. Dónde, z son variables climáticas en el tiempo (temperatura, precipitación, humedad relativa).

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. Es decir, los factores climáticos se relacionan con etapas importantes de la fonología de las plantas, por ejemplo, precipitación con germinación y floración; y temperatura con desarrollo y maduración del fruto.

Así, el modelo sirve para analizar un cultivo específico a través del tiempo. Es necesario considerar que las funciones de producción agrícola, pueden ser lineales, cuadráticas, cúbicas, hipérbolas. Al considerar sólo las variables climáticas (temperaturas, precipitación y humedad relativa) para la estimación de la función de producción se elige, por lo general, una forma funcional cuadrática, con el fin de poder identificar los niveles de temperatura y precipitación que tienen efectos positivos o negativos sobre la producción Ramírez et al (2010), como lo muestra la figura siguiente.



De esta forma y con objeto de realizar la estimación econométrica para el cultivo de estudio la ecuación a estimar se representa de la siguiente forma, según Fleischer, Lichtman y Mendelssohn, (2007)

$$café_t = f(Tmax_t, Tmin_t, Pplv_t, Humd_t) \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

En su forma funcional cuadrática expresado econométricamente se expresa de forma general como:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 Tmax_{t-1} + \beta_2 Tmax_{t-1}^2 + \beta_3 Tmin_{t-1} + \beta_4 Tmin_{t-1}^2 + \beta_5 Pplv_{t-1} + \beta_6 Pplv_{t-1}^2 + \beta_7 Humd_{t-1} + \beta_8 Humd_{t-1}^2 + \beta_9 IncPlags_t + \mu_t$$

2.7. Marco conceptual

2.7.1. Cambio climático

Son variaciones a largo plazo de los diversos componentes del clima, tales como la temperatura y las precipitaciones. El IPCC (2014, p. 129) en su quinto informe de evaluación sobre cambio climático define este fenómeno como:

Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades,

que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

2.7.2. Clima

Clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (p. ej., temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado, incluida una descripción estadística, del sistema climático.

2.7.3. Temperatura

Variable climática que hace referencia a la temperatura media del ambiente y para efecto del presente estudio se mide en grados Celsius (°C).

El SENAMHI (2016), define la temperatura ambiente como “temperatura del aire registrada en el instante de la lectura”



Las altas temperaturas, favorecen el crecimiento de la planta en general, pero si exceden de 30 °C diurnos y 24 °C nocturnos, las flores sufren el fenómeno de "flores estrella" que generalmente terminan en aborto floral, perdiéndose la posibilidad de fructificación. Las especies y variedades también reaccionan en forma diferencial a la temperatura, Las variedades arábicas son más sensitivas a las altas temperaturas (especialmente para la calidad) y las del tipo Robusta son sensitivas a las bajas temperaturas (menos de 24 °C) (Navas C. et al; 1993)

2.7.4. Precipitación

Variable climática que se refiere a la caída de agua desde la atmosfera a la superficie de la tierra y la cual es medida en milímetros (mm).

El SENAMHI (2016), define la precipitación como “partículas de agua liquidas o solidas que caen desde la atmosfera hacia la superficie terrestre”

Se puede concluir que los límites bajos para un buen desarrollo del cafeto fluctúan de 760 a 1780 mm bien distribuidos, mientras los límites altos varían de 990 a 3.000 milímetros.

2.7.5. Café

Café es el nombre de la semilla del cafeto, un árbol que crece naturalmente en zonas tropicales y que pertenece al grupo de las Rubiáceas. El cafeto posee entre cuatro y seis metros de alto, presenta hojas opuestas de tonalidad verduzca, sus flores son blancas y sus frutos se exhiben en baya roja.

La semilla de este árbol, es decir, el café, suele medir cerca de un centímetro, siendo plana por una parte y convexa por la otra, con un surco longitudinal su color es amarillo verdoso.



2.7.6. Producción del café orgánico

El café orgánico es el tipo de café producido sin la ayuda de sustancias químicas artificiales, se siembra a la sombra de otro tipo de árboles de mayor altura, lo cual proporciona humedad, ésta que ayuda a la producción de un café de alta calidad, con este proceso se busca contribuir a la mejora del suelo, utilizando técnicas que lo hagan más fértil.

El café orgánico es un producto, Cultivado, manejado y procesado bajo los principios y normas de producción orgánica, es decir cuidando el medio ambiente (suelo, flora, fauna, agua y aire), sin uso de agroquímicos y asumiendo la responsabilidad social, además se siembra bajo sombra de árboles de mayor altura, lo cual proporciona humedad, fertilidad al suelo, ésta ayuda a la producción de un café de alta calidad, Este tipo de cultivo del café está adquiriendo cada vez más popularidad, sobre todo en los países de Europa y Estados Unidos. El precio del café orgánico/ecológico suele ser más alto que el del café cultivado de manera convencional (JNC-CECOVASA,2016)

2.8. Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

-El cambio climático tiene un impacto positivo, al sobrepasar el punto óptimo esto afecta de forma negativa en la producción del café orgánico en la provincia de Sandia: periodo 1968-2016.

Hipótesis específico

- El comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras tiene una tendencia creciente en los valles de Sandia 1968-2016.
- El comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima,



precipitaciones y humedad relativa tienen una tendencia creciente en los valles de Sandia: 1968-2016.

- La temperatura máxima afecta de manera directa hasta alcanzar un punto óptimo, pasado este, tienen un efecto negativo en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- A menor temperatura mínima, habrá un efecto negativo en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- La precipitación pluvial afecta de manera directa hasta alcanzar el punto óptimo en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.
- La humedad relativa afecta de manera inversa, hasta alcanzar un punto óptimo, pasado este, tienen un efecto positivo en la producción del café orgánico de los valles de Sandia. 1968-2016.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se aplicará lo siguiente:

3.5. Tipo de investigación

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se realizará por el método hipotético deductivo, además se aplicará lo siguiente:

3.6. Enfoque de investigación.

El presente trabajo de investigación es cuantitativo, dado que consigna un orden específico, lleva marco teórico, hipótesis, emplea el método deductivo y sobre todo hace uso de la econometría.

3.7. Método Analítico.

Se analizará las variables climáticas, producción de café orgánico de cada cooperativa agraria cafetalera perteneciente a CECOVASA S.A de la provincia de Sandia, para finalmente modelarlo haciendo uso de la metodología econométrica.

3.8. Diseño de investigación.

El presente trabajo de investigación es de diseño no experimental, se realizará sin manipular deliberadamente ninguna variable, del mismo modo es del corte longitudinal por que los datos se han recogido a lo largo del periodo de estudio de forma anual

3.9. Alcance de la investigación.

La investigación es de alcance descriptivo correlacional porque busca especificar propiedades o características importantes de cualquier fenómeno que se analiza.



3.10. Método de investigación por objetivos específicos

Los objetivos específicos en esta investigación se realizarán por los siguientes métodos:

1. Método analítico descriptivo. Se analizará y describirá el comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA 1968-2016

2. Método analítico descriptivo. Se realizará un análisis y descripción sobre el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitaciones del centro meteorológico Tambopata perteneciente a los valles de Sandia: 1968-2016.

3. Método correlacional. Analizar el efecto de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitaciones en la producción del café orgánico de los valles de Sandia 1968-2016.

3.11. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la zona productora de café, conformada por 4 distritos: San Pedro de Putina Punco, San Juan del Oro, Yanahuaya y Alto Inambari, ubicado en la provincia de Sandia de la región Puno; a una altitud entre 950 a 1320 m.s.n.m.

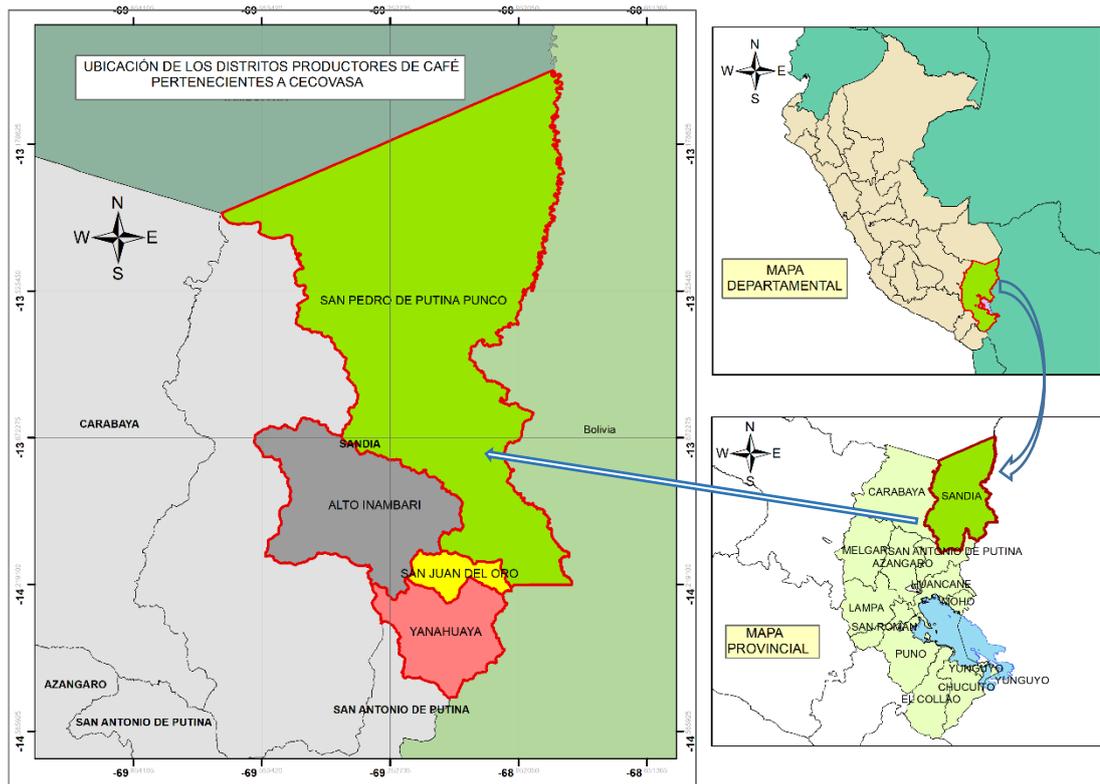


Figura 2 Ubicación geográfica del área de estudio

3.12. Población

Teniendo en cuenta que la unidad de análisis es el año, la población de estudio está vinculada a la producción del café dentro del ámbito de los valles de Sandia, y se toma como referencia los distritos productores de café pertenecientes a la empresa CECOVASA está conformada por el total de años que comprende el periodo de estudio, en este caso de 48 años 1968-2016.

3.13. Muestra.

Criterios para la selección de muestra:

- A partir de 1968 la empresa CECOVASA tiene registro sobre la producción de café en quintales de 46 kg. por cooperativas pertenecientes a la empresa.



- Datos registrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en el centro meteorológico Tambopata es del año 1960 aproximadamente y por tal razón se realizó una investigación desde el año 1968 al 2016 por motivos que dicha estación meteorológica fue paralizado el año 2016.
- Para esta investigación se utiliza información sobre producción de café y datos meteorológicos (temperatura, precipitación y humedad relativa) de forma anual (1968-2016) cuyo tamaño de muestra de series de tiempo haciende a 48 datos. el total de muestra representa 192 observaciones.

Diseño de Muestra.

La muestra considerada para el presente trabajo de investigación proviene de principales instituciones que recopilan información de series de tiempo considerado para el periodo de tiempo de 1968-2016; cuyo tamaño haciende a 48 datos. Se utilizan datos de fuentes secundarias como:

- Dirección Regional de Agricultura de Puno
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
- Central de Cooperativas de los Valles de Sandía (CECOVASA)

3.14. Materiales

Para el presente trabajo de investigación se hace uso de los siguientes métodos y técnicas.

- Técnicas de predicción basados en modelos econométricos de series de tiempo haciendo uso del paquete econométrico Eviews 10 y Stata 14.
- Fuentes de información. Para el desarrollo de la investigación se utilizará información extraída de la web de la dirección regional agraria e instituciones

como Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Central de Cooperativas de los Valles de Sandía (CECOVASA), etc.

Operalización de variables

Se ha optado por utilizar el modelo de la función de producción agrícola.

Descripción de Variables

- **Q**: Producción de café de la provincia de Sandía
- **Tmax**: temperatura máxima (°C)
- **Tmin**: temperatura mínima (°C)
- **Pplv** : precipitación pluvial (mm)
- **Hmd**: humedad relativa (RH)
- **IncPlags_t** : incidencias de plagas(variable de control)

Tabla 3. Operalización de Variables

	Variable	Indicador	Unidad de medida	Fuente
Variable dependiente				
Qt	Producción de café	Tasa de crecimiento de la producción de café	Quintales de café de 46 Kg	CECOVASA
Variable independiente				
Tmax	Temperatura	Temperatura media	Grados Celsius (°C)	SENAMHI
Tmin	Precipitación	Precipitación media	Milímetros (mm)	SENAMHI
Hmd	Humedad Relativa	Humedad	%	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia



Primer objetivo específico: Analizar el comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandía pertenecientes a CECOVASA 1968-2016

Se realizará un análisis descriptivo sobre el comportamiento y tendencia de la producción de café del periodo de estudio para cada cooperativa perteneciente a CECOVASA.

Segundo objetivo específico: Analizar el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitaciones del centro meteorológico Tambopata de los valles de Sandía: 1968-2016

Se analizará de forma descriptiva el comportamiento y tendencia de la temperatura y precipitación de centro meteorológico Tambopata.

Tercer objetivo específico: Analizar el efecto de la temperatura, precipitación y humedad relativa en la producción del café orgánico de los valles de Sandía. 1968-2016.

Especificación del modelo

El modelo general econométrico que intenta capturar los efectos del CC usando datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, para el periodo de tiempo de 1968 al 2016. Donde se realizará una estimación del modelo econométrico para cada variable independiente de forma cuadrática, este modelo se expresa como:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 Tmax_{t-1} + \beta_2 Tmax_{t-1}^2 + \beta_3 IncPlags_t + \mu_t \text{ función cuadrática}$$

Para ver los cambios marginales dentro del modelo, se realizará una derivación parcial con respecto a la temperatura máxima, a fin de encontrar el punto de inflexión

donde los valores de las pendientes cambian y por ende de las relaciones entre las variables.

$$\frac{\partial Q_t}{\partial T_{max_{t-1}}} = \beta_1 + \beta_2 T_{max} = 0$$

Con respecto a los efectos de la temperatura mínima usando datos de (SENAMHI), para el periodo de tiempo de 1968 al 2016, este modelo se expresa como:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 T_{min_{t-1}} + \beta_2 T_{min_{t-1}}^2 + \beta_3 IncPlags_t + \mu_t \text{ función cuadrática}$$

Para ver los cambios marginales dentro del modelo, debemos de hacer uso de la derivación parcial, a fin de encontrar el punto de inflexión donde los valores de las pendientes cambian y por ende de las relaciones entre las variables.

$$\frac{\partial Q_t}{\partial T_{min_{t-1}}} = \beta_1 + \beta_2 T_{min} = 0$$

El modelo econométrico que se estimará para cumplir al objetivo de esta investigación con respecto a la variable climática que es la precipitación será representada de forma cuadrática, este modelo se expresa como:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 P_{plv_{t-1}} + \beta_2 P_{plv_{t-1}}^2 + \beta_4 IncPlags_t + \mu_t \text{ Función cuadrática}$$

Para obtener la precipitación óptima, se hará uso de la derivación parcial, a fin de encontrar el punto de inflexión donde los valores de las pendientes cambian y por ende de las relaciones entre las variables.

$$\frac{\partial Q_t}{\partial P_{plv_{t-1}}} = \beta_1 + \beta_2 P_{plv} = 0$$



El modelo econométrico que estimará la variable humedad relativa con respecto a la producción de café se representará de forma cuadrática, se expresa como:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 Humd_{t-1} + \beta_2 Humd_{t-1}^2 + IncPlags_t + \mu_t$$

Para obtener los cambios marginales dentro del modelo, debemos de hacer uso de la derivación parcial, a fin de encontrar el punto de inflexión donde los valores de las pendientes cambian y por ende de las relaciones entre las variables, se representa como:

$$\frac{\partial Q_t}{\partial Humd_{t-1}} = \beta_1 + \beta_2 Humd = 0$$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para un mejor desarrollo y discusión de este presente capítulo, se divide en tres partes; como preámbulo el objetivo general desarrolla el análisis del clima sobre la producción del café; el primer objetivo específico, consiste en analizar el comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA mediante gráficos. Segundo, analiza el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y la humedad relativa del centro meteorológico Tambopata perteneciente a los valles de Sandia. Finalmente se analiza el efecto de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitaciones y humedad relativa en la producción del café orgánico económicamente.

4.5. Análisis del comportamiento de la producción del café orgánico en cooperativas agrarias cafetaleras de los valles de Sandia pertenecientes a CECOVASA.

La producción de café de forma conjunta de cooperativas, presenta una tendencia creciente hasta el año 2005 con una producción de 118,026.42 quintales de café de 46 kilos, sin embargo, a posteriores años tuvo una tendencia decreciente en los últimos 9 años y una fuerte caída en 2013/2014 con solo 8,092.54 quintales de café como el punto de producción más baja desde 1968 al 2016.

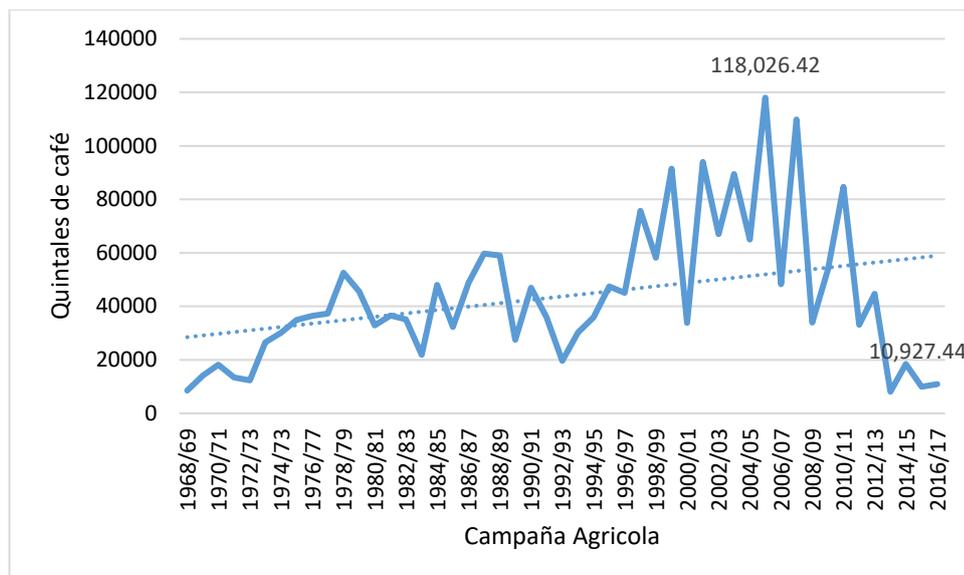


Figura 3. Evolución del comportamiento de la producción de café del total de cooperativas de CECOVASA.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA.

Cooperativa agraria cafetalera Charuyo y San Jorge

La Producción del café de estas dos cooperativas muestra un comportamiento oscilante y alcanza una producción récord en el año 2005 con 29 323.83 qq, incentivada por los buenos precios internacionales, mayor cantidad de socios y ausencia de plagas por temperaturas casi óptimas para la producción del café, en el contexto de caídas en la producción cafetalera tuvo un registro bajo en el año 1992 con 4 697.94 qq, sin embargo, esto no es lo más bajo en su producción ya que en el año 2013 tuvo tan solo 1 219.32 y 1053.78 qq en las C.A.C. San Jorge y Charuyo .En el 2012 aparece la enfermedad de la “roya amarilla” que afecta a las hojas del cafeto, cayendo la producción nacional y regional con una reducción crítica en CECOVASA en -95.84% en comparación con el máximo producción del 2005. A partir del 2006 se mantiene un comportamiento negativo que lleva a una de las más graves crisis del sector cafetalero en el año 2016 donde se

registró una tendencia decreciente que continúa en el 2014, 2015 y 2016 afectando de forma severa a las 4000 familias cafetaleras.

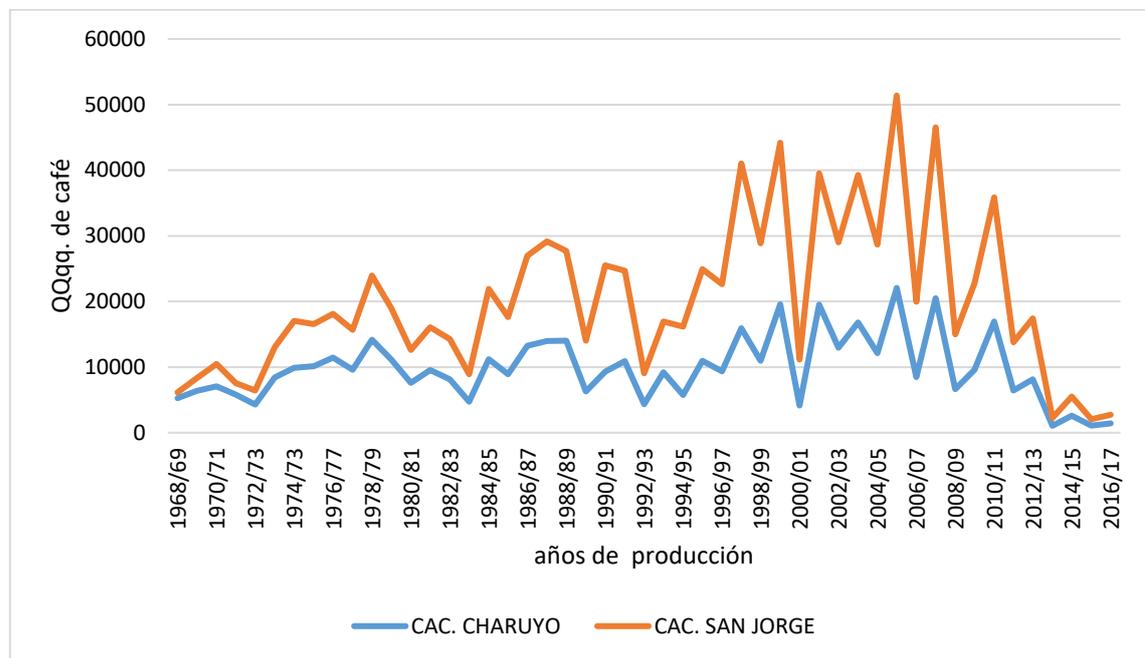


Figura 4. Evolución de la producción de café de las Cooperativas Charuyo y San Jorge 1968-2016.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA.

Cooperativa agraria cafetalera Inambari y San Isidro

La producción del café en las cooperativas agrarias cafetaleras Inambari y San Isidro en su data histórica desde el año 1968 presenta tendencias de crecimiento y como también caídas con fluctuaciones notorias; pero como a todos los productos, los fenómenos climáticos extremos los afecta cada vez más, estas dos cooperativas tuvo muchas variaciones en su producción como se observa en la figura n°5 en 1978 y 2005 tuvieron crecimientos en la producción de café muy alto en comparación con los años 1983,1992,2000,2008 y 2013 con un registro en la producción más bajo histórico de 1009.05 qq. 247.76 qq. en 2014. Y una caída severa con una producción de 1703.34 qq. en la C.A.C. San Isidro, con respecto con la C.A.C. Inambari de 1613.69 qq. ambos

registros presentados en el año 1983 y este por distintos factores. La segunda disminución en la producción del café se registró en los años 1992 con solo 387.75 y 1081.25. el tercer registro con una caída en la producción del café Sandino se produjo en los últimos años específicamente en el año 2013 con solo 247.76 y 1009.49 qq. El registro en la producción de los cafetaleros de los valles de Sandia tiene una producción muy fluctuante y en los últimos años se puede observar que tiene una tendencia decreciente y muy pronunciados por la crisis de la demanda internacional y el ataque de las plagas en los cultivos de café.

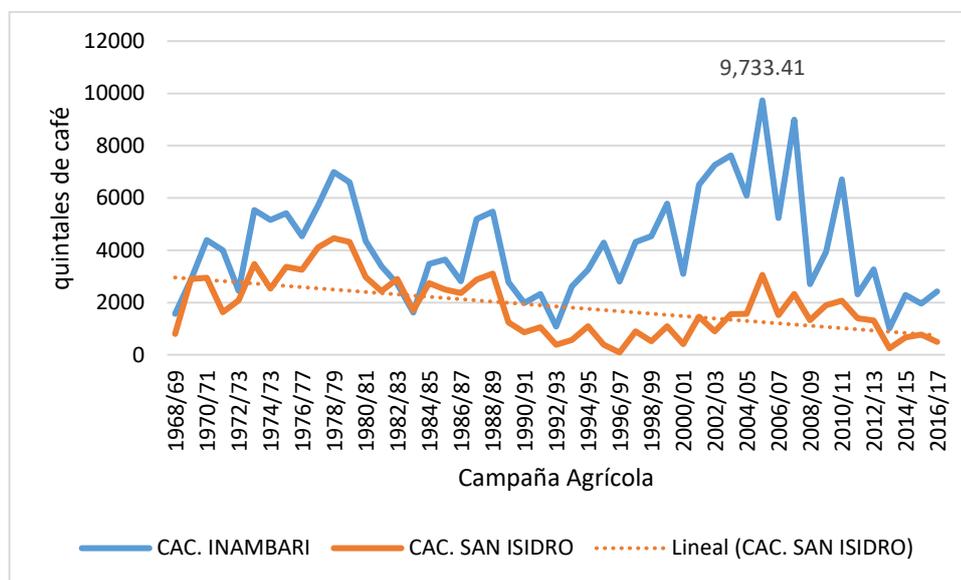


Figura 5. Evolución de la producción de café de las cooperativas agraria cafetalera Inambari y San Isidro.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA.

Cooperativa agraria cafetalera San Ignacio y Unión Azata

La evolución durante 48 años en la producción de café no tuvo muchos cambios en estas dos cooperativas; en las dos décadas, su crecimiento fue casi estable, sin embargo, desde finales de la década del 1999 la producción de café en estas dos cooperativas tuvo un registro muy volátil como por ejemplo en el año 2000 con 8019.23 qq. sin embargo, al 2005 presentó una producción muy opuesto con 20386.58 qq. y con

una caída notoria el siguiente año 7707.67 qq. A partir del mismo año se registra tendencias decrecientes en ambas cooperativas durante los 8 años posteriores hasta el 2016, la producción más baja registrado en la última década en la producción de café con 600.49 qq. de café en la CAC. Unión Azata en el 2015 donde registró una caída más baja y critico durante todo su periodo de análisis.

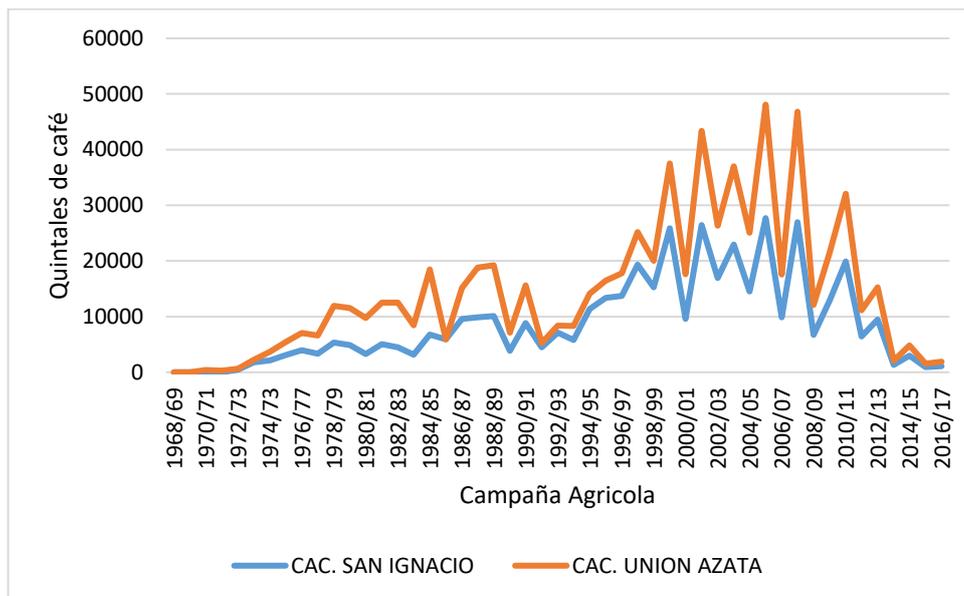


Figura 6. Evolución de la producción de café de las cooperativas San Ignacio y Unión Azata 1968-2016.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA.

4.6. Análisis del comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación pluvial y humedad relativa del centro meteorológico Tambopata perteneciente a los valles de Sandia.

Temperatura Máxima y Mínima

Como se puede observar el grafico n° 7 la tendencia de la temperatura máxima tiene una tendencia creciente con un incremento al 2016 de 3.04 C° con respecto al año 1968 en la temperatura provocando incremento de plagas del café como la: roya, ojo de gallo y otros. En la temperatura mínima la evolución de esta variable su tendencia es igual

a la temperatura máxima, una tendencia creciente respecto al año 1968 y 2016 tuvo un incremento de 1.84°C . es decir la temperatura registrada en los últimos años es cada vez más alta.

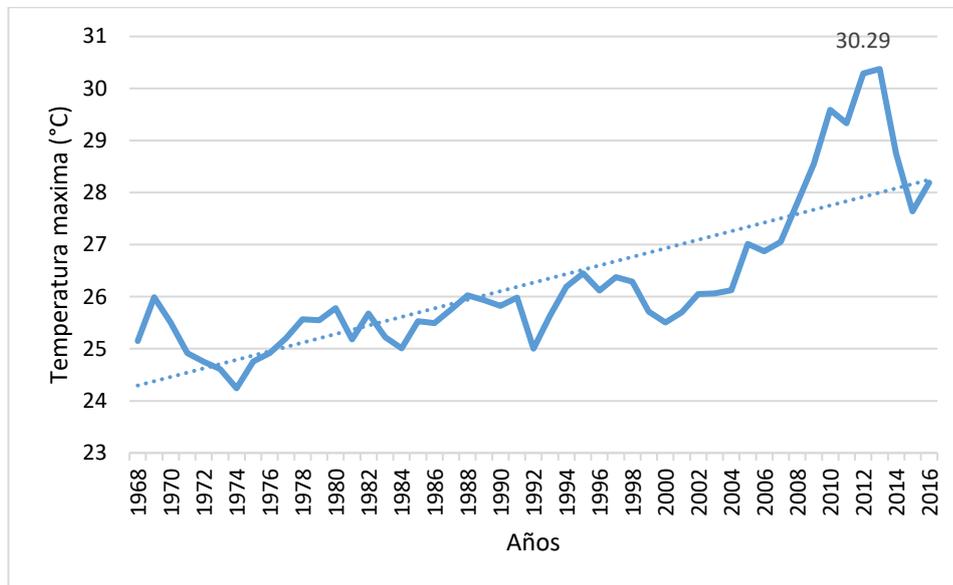


Figura 7. Evolución de la temperatura máxima del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI.

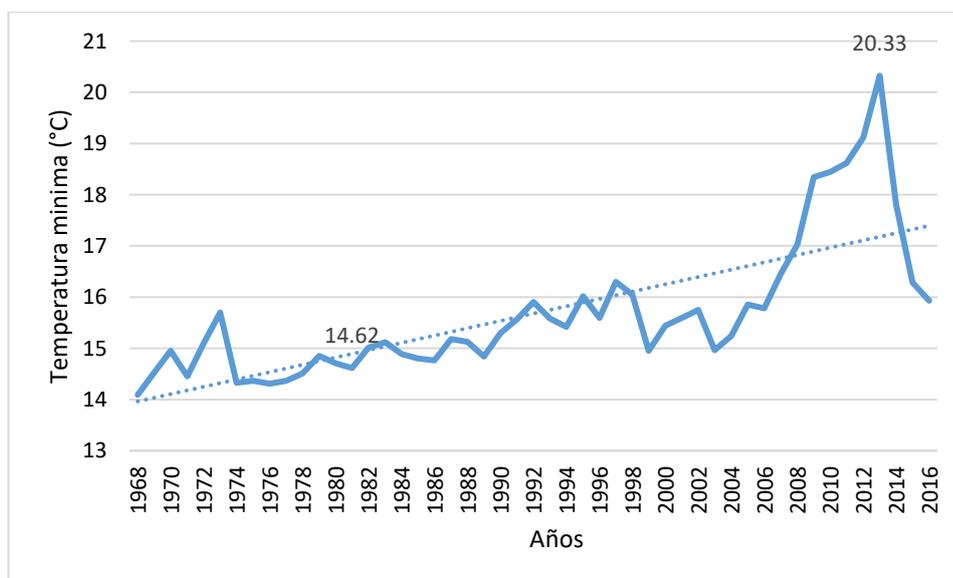


Figura 8 Evolución de la temperatura mínima del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI.

Precipitación Pluvial.

El registro de la precipitación pluvial del Centro Meteorológico Tambopata muestra un comportamiento oscilante y alcanza un aumento en la humedad récord en el año 1993 con 162.22 mm y una disminución muy notoria en todo su periodo de análisis en el año 2010 con 93.23mm, sin embargo, este registro no es el extremo porque el último año de análisis, solo se registró 81.74 mm, una cifra que se considera el mínimo histórico de precipitación

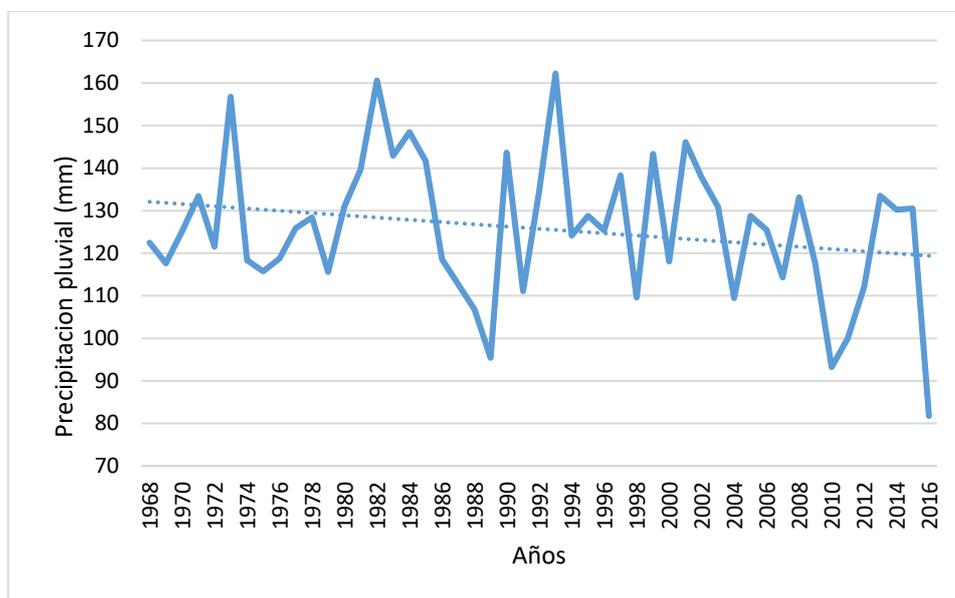


Figura 9. Evolución de la Precipitación Pluvial del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.

Fuente: Elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI.

Humedad Relativa

Como se puede observar en el figura n° 10 el comportamiento de la Humedad Relativa en el periodo de estudio tiene una tendencia creciente, en el año 1968 tuvo un registro de 79.17%, a medida con el paso de los años la humedad relativa de los valles de Sandia tuvo un aumento considerable de 17.93%, en comparación al último año de estudio de 97.10%

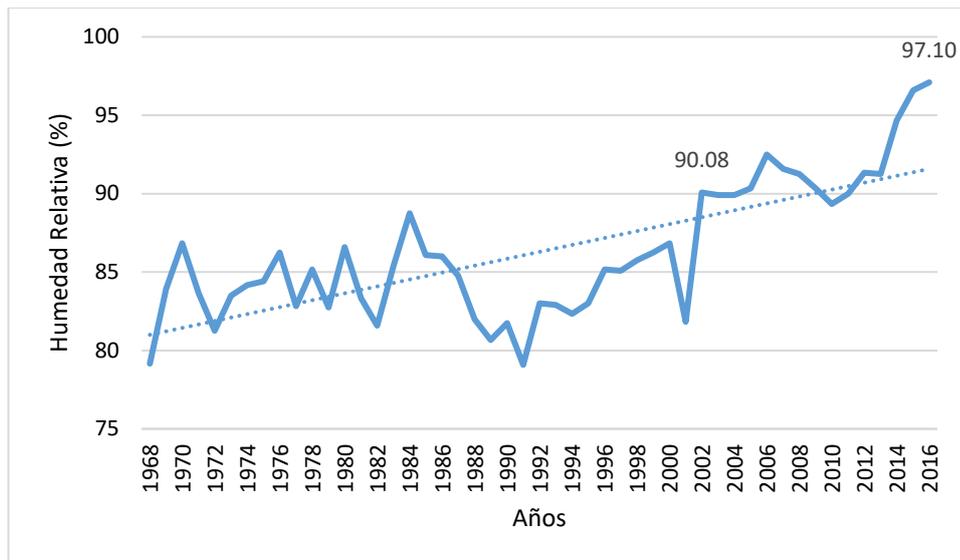


Figura 10. Evolución de la Humedad Relativa con registro del Centro Meteorológico Tambopata 1968-2016.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI.

4.7. Análisis del efecto de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitaciones y humedad relativa en la producción del café orgánico de los valles de Sandia.

La estimación de este modelo cuadrático se realizó en el Software STATA 14 incluyendo una variable de control (incidencia de plagas)

Tabla 4. Producción y Temperatura máxima

Producción	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
Temperatura máxima	12173.91	6554.89	1.86	0.07**	-1036.599	25384.43	
Temperatura mínima ²	-5232.476	7582.587	-0.69	0.494	-20514.18	10049.22	
Incidencia de plagas	-20147.38	7028.513	-2.87	0.006*	-34312.42	-5982.342	
Constante	52753.75	4991.105	10.57	0	42694.84	62812.67	
R-squared							0.2482
N de obs.							48
Prob > F							0.0054

**representa significancia del 10%

Fuente: CECOVASA-SENAMHI

Elaboración: propia del investigador

Los resultados del estudio muestran que la temperatura máxima presenta una relación directa con coeficiente positivo de 12 173.91 siendo esta significativa ($p=0.070$) al 10% lo que indica que los cambios de temperatura anual máxima tuvieron un efecto positivo sobre la productividad del café y con un R^2 de 0.2453, es decir la variable temperatura máxima si influye en la producción en un 24%. A un incremento de 1°C de temperatura máxima genera un aumento de 12173.91 quintales en la producción de café hasta alcanzar el punto óptimo de temperatura, es decir, a medida que incrementa la temperatura en dicho ciclo se ve favorecida la productividad, sin embargo, esta variable elevado al cuadrado presenta una relación inversa con respecto a la producción, es decir, pasado la temperatura óptima genera una reducción en la producción, por tanto por un incremento de 1°C de temperatura genera una disminución de producción en -5232.476 quintales de café orgánico en los valles de Sandia.

Lo óptimo en temperatura máxima es 27.4°C que difiere con la teoría que es de un rango extremo de 13°C en la mínima y 27°C en la máxima. Para ver los cambios marginales dentro del modelo, se realizará una derivación parcial con respecto a la temperatura máxima, a fin de encontrar el punto de inflexión donde los valores de las pendientes cambian y por ende de las relaciones entre las variables.

Determinando el punto de inflexión para la temperatura máxima en promedio anual.

$$\frac{\partial Q_t}{\partial T_{max_{t-1}}} = \beta_1 + \beta_2 T_{max} = 0$$

$$\frac{\partial PROD}{\partial T_{MAX}} = 222172.9 - 2 * (4048.24) T_{MAX} = 0$$

$$\Rightarrow T_{MAX} = 27.4$$

Según el resultado obtenido el punto óptimo para la temperatura máxima en los valles de Sandia es de 27.4°C y el registro de temperatura máxima del año 2016 es de 28.19°C , es decir la temperatura máxima sobrepasó el límite donde la producción fue

óptimo y por esta razón la producción de café está siendo afectado registrando cada año menor cantidad de producción en todo los caficultores.

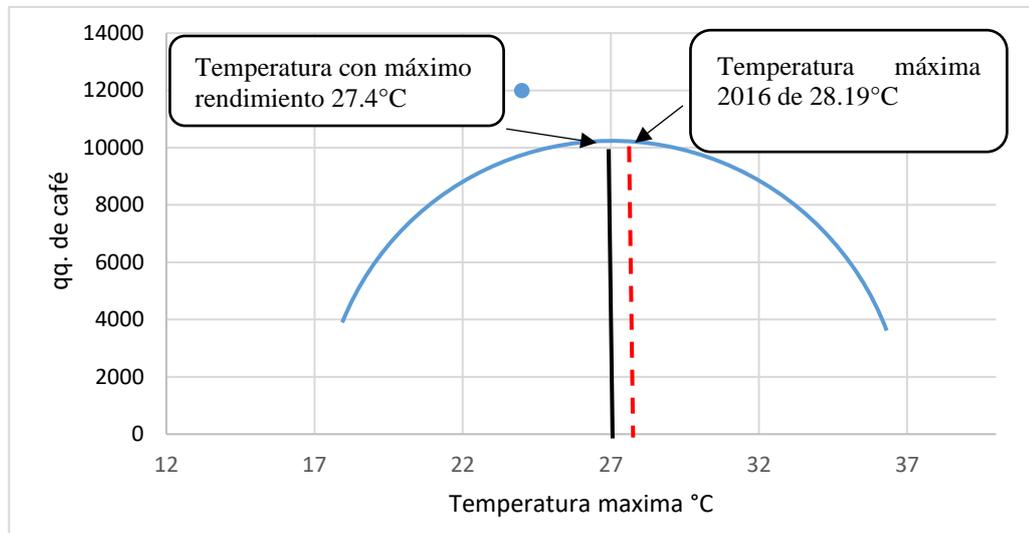


Figura 11 Temperatura máxima óptima para una mejor producción del café.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI.

Producción y temperatura mínima

En este modelo se intenta corroborar la incidencia que tiene la variable temperatura mínima en la producción de café en los agricultores de los valles de Sandía con datos del Centro Meteorológico Tambopata (SENAMHI), usando un modelo de forma cuadrática para ver si la temperatura mínima sobrepasó el punto óptimo para el cultivo.

Tabla 5. Producción y Temperatura mínima

Variable Producción	Coficiente	Error Estándar	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Temperatura mínima	2464.83	6387.598	0.39	0.701	-10408.53	15338.19
Temperatura mínima ^2	-4404.037	4257.057	-1.03	0.307	-12983.57	4175.499
Incidencia de plagas	-22745.79	7189.332	-3.16	0.003	-37234.94	-8256.646
Constante	54818.45	4926.449	11.13	0.00	44889.84	64747.05
R-squared						0.2088
N de obs.						48
Prob > F						0.0153

Fuente: CECOVASA-SENAMHI

Elaboración: propia del investigador.

Al observar los resultados de la modelación de la producción de café en función de la temperatura mínima anual en un periodo de 48 años. La variable temperatura mínima presentó una relación directa positiva con la producción con un coeficiente de 2464.83 y la temperatura al cuadrado tiene una relación inversa hacia la producción con un coeficiente de -4404.037 y con un R2 de 0.20, es decir la variable temperatura máxima influye en la producción en un 20%, pero no significativa ($p=0.701$)

Determinando el punto máximo para la temperatura mínima promedio anual.

$$\frac{\partial Q_t}{\partial T_{min_{t-1}}} = \beta_1 + \beta_2 T_{min} = 0$$

$$\frac{\partial PROD}{\partial TMIN} = 129483.5 - 2 * (3826.063)TIM = 0$$

$$\Rightarrow TIM=16.92$$

Según el resultado obtenido el punto óptimo para la temperatura mínima es de 16.92 y el registro de temperatura mínima del año 2016 fue de 15.93 °C, es decir la temperatura mínima sobrepasó el límite donde la producción fue óptima cabe recalcar que este registro es similar en la mayoría de los años anteriores, donde existe una temperatura mínima por debajo de 16°C y por esta razón la producción de café estaría siendo afectado en la producción en todo los caficultores.

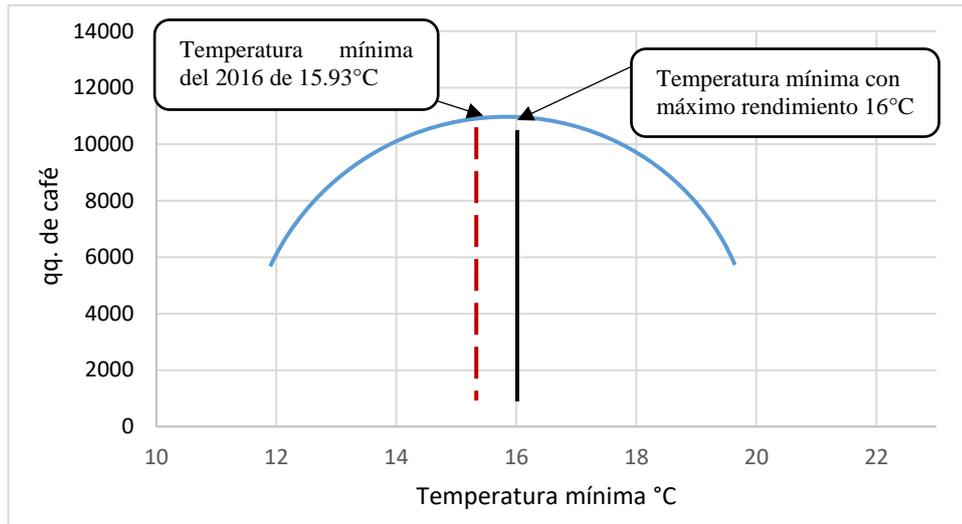


Figura 12 Temperatura mínima óptima para una máxima producción del café en los valles de Sandia.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI

Producción y precipitación pluvial

Para ver resultados sobre la incidencia de la precipitación pluvial en la producción del café también se toma un modelo de forma cuadrático para ver el punto óptimo de esta variable climatológico.

Tabla 6. Producción y Precipitación Pluvial.

Variable. Producción	Coficiente	Error Estándar	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Precipitación pluvial	42.46655	175.3123	0.24	0.81	-310.8521	395.7852
Precipitación pluvial ²	-1.768033	6.302983	-0.28	0.78	-14.47086	10.93479
Incidencia de plagas	-21333.98	7395.101	-2.88	0.006	-36237.82	-6430.128
Constante	53219.54	5224.818	10.19	0.000	42689.61	63749.47
R-squared						0.1665
N de obs.						48
Prob > F						0.0439

Fuente: CECOVASA-SENAMHI
Elaboración: propia del investigador.



Los resultados muestran que tiene una relación positiva con respecto a la producción, es decir, ante un cambio en una unidad de precipitación, la producción de café se incrementa en 42.47 quintales de café y con un R^2 de 0.16, sin embargo esta variable elevado al cuadrado, presenta una relación inversa a la producción del café, es decir, ante un aumento en una unidad en el nivel de precipitación la producción de café disminuye en -1.76 quintales, además esta variable influye en la producción en un 16%, sin embargo, al analizar la significancia de la variable puede notarse que no es significativo al 1%, 5% ni al 10% y un R^2 de 0.16 esta variable tiene una incidencia muy bajo en la producción de café.

Determinando el punto máximo para la precipitación pluvial promedio anual

$$\frac{\partial PROD}{\partial PPLV} = 1114.125 - 2 * (4.486258)PPLV = 0$$

$$\Rightarrow PPLV = 124.17$$

Según el resultado obtenido el punto de inflexión para la precipitación pluvial es de 124.17 mm y el registro de precipitación pluvial en los últimos años en promedio es de 125.6 mm, es decir la esta variable climatológica sobrepasó el límite donde la producción fue óptima y por esta razón la producción de café estaría siendo de alguna manera afectado.

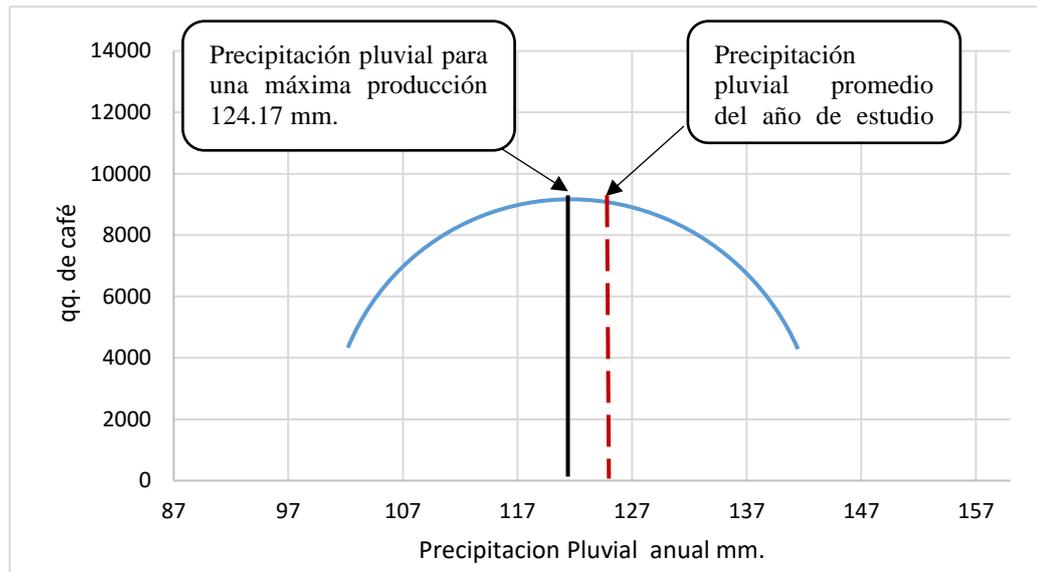


Figura 13 Precipitación pluvial óptimo para una máxima producción de café en los valles de Sandía.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI

Producción y humedad relativa

En esta regresión se utilizó un modelo de forma cuadrática para ver el punto óptimo de la humedad relativa en la producción de café y cuál es el nivel de incidencia

Tabla 7. Producción y Humedad Relativa.

Var. dep. Producción	Coficiente	Error Estándar	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Humedad relativa	-2518.921	1556.322	-1.62	0.113	-5655.483	617.6401
Humedad relativa^2	467.3881	364.0545	1.28	0.206	-266.3154	1201.092
Incidencia de plagas	-23559.33	7308.312	-3.22	0.002	-38288.27	-8830.396
Constante	51297.01	4590.591	11.17	0.00	42045.28	60548.74
R-squared						0.2173
Nº de obs.						48
Prob > F						0.0123

Fuente: CECOVASA-SENAMHI
Elaboración: propia del investigador.

Desarrollando los resultados de la estimación, se obtiene que la humedad relativa presenta una relación inversa con un coeficiente de -2518.921 , sin embargo esta misma

variable elevado de forma cuadrática presenta una relación directa con la producción de café con un coeficiente de 467.3881, lo que indica que a un incremento de 1% de humedad, la producción de café disminuye en -2518.9 qq ; los resultados de la regresión econométrica para esta variable presenta un R² de 0.2173, es decir la variable humedad relativa influye en la producción en un 21%, Cabe recalcar que esta variable no es significativa bajo los tres niveles de significancia al 1% 5% 10% presentando (p=0.113)

Determinando el punto máximo para la Humedad Relativa anual

$$\frac{\partial Prod}{\partial Hmd} = 81774.77 - 2 * (462.7676)Hmd = 0$$

$$\Rightarrow Hmd = 88.354\%$$

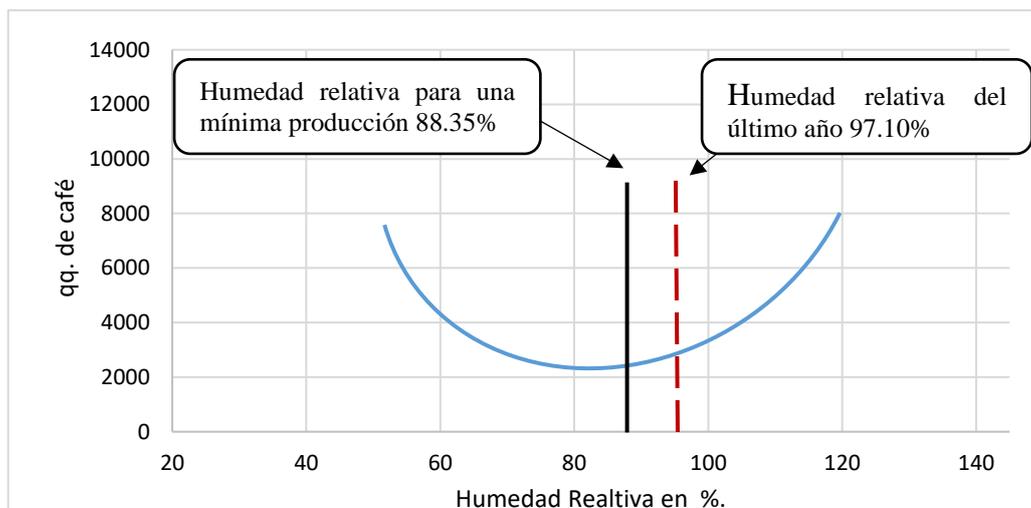


Figura 14 Humedad relativa óptima para una máxima producción de café en los valles de Sandia.

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de SENAMHI

Según el resultado obtenido el punto de inflexión para la humedad relativa es de 88.35% y el registro de humedad relativa en el último año es de 97.10 %, es decir la esta variable climatológica sobrepasó el punto de inflexión donde la producción fue mínima



y por esta razón la producción de café estaría siendo beneficiado en menor medida en los últimos años registrando una relación directa entre ambas variables.

Estimación de modelos en conjunto para la producción de café

La estimación 1 incluye solo la variable $Tmax$, la estimación 2 incluye solo la variable $Tmin$, la estimación 3 solo incluye la variable precipitación $Pplv$, la estimación 4 solo incluye la variable humedad relativa Hmd y por último la estimación 5 incluye todas las variables mencionadas anteriormente ($Tmax, Tmin, Pplv, Hmd$).

De las estimaciones 1,2,3 y 4 la variable que más explica la producción de café es la variable temperatura máxima ($Tmax$) el valor Akaike (AK) es de 1105.72 , son valores mínimos con respecto a otras estimaciones 2,3 y 4. Además el R^2 es el más alto de los 4 resultados indicando que la variable $Tmax$ influye en un 25% en la producción del café y es la única variable significativo al 10%, los demás parámetros no resultaron significativos , es posible por un problema de multicolinealidad (Gujarati, D y Porter,D.2010).



Tabla 8. Estimación de las Variables climáticas.

Variables	Estimacion1	Estimacion2	Estimacion3	Estimacion4	Estimacion5
Constante	52753.8	54818.4	52582	51297	-65457.3
Tmax	12173.9 (0.06998)**				13780.8 (0.158816)
Tmax^2	-5232.48 (0.493777)				-2649.47 (0.828655)
Tmin		2464.83 (0.701447)			-1581.8 (0.843305)
Tmin^2		-4404.04 (0.306543)			-2748.96 (0.669659)
Pplv			77.5429 (0.81203)		1891.04 (0.43821)
Pplv^2			-0.6055 (0.78)		-7.47069 (0.437587)
Hmd				-2518.92 (0.1127)	-40062.5 (0.318635)
Hmd^2				467.388 (0.20592)	454.563 (0.332097)
R 2	0.248187	0.208772	0.18341	0.21733	0.29097
R2 ajustado	0.196927	0.154825	0.12897	0.16396	0.123042
AK	1105.72	1108.18	1133.53	1107.65	1114.91
SCH	1113.21	1115.66	1141.1	1115.14	1133.62
F stat.	4.84174	3.86992	3.36899	4.07253	1.7327

**representa significancia del 10%

Fuente: CECOVASA-SENAMHI

Elaboración: propia del investigador



V. CONCLUSIONES

De acuerdo con las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos, se concluye que:

PRIMERO. El comportamiento de la producción de café en las cooperativas agrarias cafetaleras San Jorge y Charuyo presenta una tendencia de crecimiento hasta los años 2005, con una tasa de crecimiento de 97.06% y 76.14% entre los años 1968 al 2005, sin embargo, a partir del año 2006 en adelante tuvo registro de tendencia negativa hasta el año 2016. Las cooperativas San Ignacio, Inambari y Unión Azata presentan tendencias de crecimiento hasta los años 2005, con una tasa de crecimiento de -59.81%, 83.88% y 98.09% , sin embargo, a posteriores años tuvo registros de aumento y disminución de producción pero con una tendencia negativa hasta el año 2016; la única cooperativa agraria cafetalera que tuvo una tendencia negativa en todo el periodo de estudio fue San Isidro con una disminución de -2.42% entre los años 1968 al 2016.

SEGUNDO. El comportamiento de la variable temperatura máxima presenta una tendencia creciente con mínimas variaciones hasta el año 2007 con un incremento de 2.37°C, sin embargo, a partir del 2008 se registró un incremento de temperatura demasiado elevado hasta llegar a un máximo en todo el periodo de estudio de 30.38°C en el año 2013. La temperatura mínima presenta una tendencia creciente con mínimas variaciones año tras año hasta el año 2007 con un incremento de 1.9°C, sin embargo, a partir del 2008 se registró un incremento de temperatura demasiado elevado hasta llegar a un máximo en todo el periodo de estudio de 20.33°C en el año 2013, a partir del 2014 en adelante se registró temperaturas mínimas de 15.93°C. En cuanto a la variable precipitación pluvial tiene una tendencia negativa en todo el



periodo de estudio con una disminución de 42.26 mm entre el año 1968 al 2016. La humedad relativa presenta una tendencia creciente en todo el periodo de estudio con un incremento de 17.93% entre 1968 al 2016 sin embargo, a partir del 2002 en adelante presentaron mayores porcentajes de humedad hasta llegar a registrar un máximo de 97% en el año 2016.

TERCERO. Por cada variación en una unidad de la temperatura máxima incrementa en 12 173.91 quintales en la producción de café hasta alcanzar el punto óptimo de temperatura, es decir, a medida que incrementa la temperatura en dicho ciclo se ve favorecida la producción, sin embargo, pasado la temperatura optima genera una reducción en la producción, por tanto, por un incremento de 1°C de temperatura disminuye en -5 232.47 quintales de café orgánico en los valles de Sandia. Con una incidencia en la producción de 24% y con una significancia individual del 10%; lo que indica que los cambios de la temperatura máxima tuvieron efectos en la producción.

CUARTO. A un aumento de 1°C de temperatura mínima genera un incremento de 12 173.91 quintales en la producción de café, hasta alcanzar el punto óptimo de temperatura mínima, es decir, a medida que incrementa la temperatura en dicho ciclo se ve favorecida la productividad, sin embargo, temperaturas por debajo de los 16°C afecta negativamente en la producción, por tanto, a una disminución de 1°C de temperatura disminuye en -5 232.47 quintales de café orgánico en los valles de Sandia. Con una incidencia en la producción de 20% y con una significancia individual del 70%. sin embargo, no es significativa en sus tres niveles de significancia individual 1%, 5%, 10%, se



rechazó la hipótesis planteada. Lo que indica que los cambios de la temperatura mínima no han tenido efecto en la producción.

QUINTO. Por cada variación en una unidad en el nivel de la precipitación pluvial genera un incremento de 42.46 quintales en la producción de café hasta alcanzar el punto óptimo, es decir, a medida que incrementa la precipitación pluvial en dicho ciclo se ve favorecida la producción, sin embargo, pasado el punto óptimo genera una reducción en la producción, por tanto, por un incremento de 1mm en el nivel de precipitación disminuye en 1.76 quintales de café orgánico en los valles de Sandia. Con una incidencia en la producción de 0.17 % y con una significancia individual del 0.81%, no es significativa en sus tres niveles de significancia individual 1%, 5%, 10%, se rechazó la hipótesis planteada, lo que indica que los cambios de la precipitación pluvial no tuvieron efectos en la producción.

SEXTO. A un incremento de 1% de la humedad relativa genera una disminución de -2 518.9 quintales en la producción de café hasta alcanzar el punto mínimo, es decir, a medida que incrementa la humedad relativa en dicho ciclo se ve afectada la producción, sin embargo, pasado el punto mínimo, genera un incremento en la producción, por tanto, por cada variación en una unidad en la humedad aumenta en 467.38 quintales de café orgánico en los valles de Sandia. Con una incidencia en la producción de 0.21% y con una significancia individual del 0.11%, no es significativa en sus tres niveles de significancia individual 1%, 5%, 10%, se rechazó la hipótesis planteada, lo que indica que los cambios de la humedad relativa no tuvieron efectos en la producción.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO. Se recomienda que esta investigación sea tomada como referente para la toma de decisiones sobre políticas de adaptación y/o mitigación al cambio climático para el sector cafetalero, permitiendo reducir los efectos adversos de este fenómeno sobre los niveles de producción de los cultivos como: implementar nuevas variedades de café en la provincia de Sandia que sean más resistentes a altas temperaturas.

SEGUNDO. El SENAMHI debe proporcionar información y pronósticos oportunos y adecuados para que los agricultores tomen las medidas preventivas del caso para mitigar los efectos de las variables climáticas.

TERCERO. Para posteriores investigaciones se recomienda tomar esta investigación como referencia, sin embargo, somos conscientes que el tema de cambio climático es bastante extenso, por ende, se invita a extender la presente investigación implementando otras variables y modelos de proyección y creación de escenarios futuros.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M; Rojas, G. (2007). *El cultivo y beneficiado del Café*. Universidad Estatal a Distancia, San José, CR.
- Bunn C., Läderach P., Ovalle O. & Kirschke D. (2014) *A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee; Climatic Change (2015) 129:89–101.*
- Bustamante F., Pérez A., Rivera R., Martín G. y Viñals R. (2015). *Influencia de las precipitaciones en el rendimiento de coffea canephora pierre ex froehner cultivado en suelos pardos de la región oriental de cuba: Revista de Investigación Cultivos Tropicales, 2015, vol. 36, no. 4, pp. 21-27*
- Brenes G, Viquez C, Thomason P., Ramírez J., Navarro A., Guatemala G., Villanueva S.,(2016). La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A .C . (CIATEJ), 2016.
- Carrasco F. (2016). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, COMUNICACION: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo, vol. 7, núm.2 Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.*
- CECOVASA. (17 de 07 de 2018). CECOVASA. Recuperado el 17 de 07 de 2019, de CECOVASA: <http://www.cecovasa.com.pe>



- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. y Raneses, (1995), “*World Agriculture and Climate Change. Economic Adaptations*”, United States Department of Agriculture.
- Fleischer, A., Lichtman, I. & Mendelsohn, R. (2007). *Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture*. World Bank, Policy Research Working Paper, N° 4135.
- Garza, J. 2012. *Caracterización de la Cadena Agro productiva del Café en El Salvador*.
- Gujarati, D y Porter D. (2010). *Econometría. 5ta Edición*. México D.F.
- Giovannucci, D. (2001). *Encuesta sobre café sustentable en el Mercado de Especialidad de América del Norte*. CCAAN, AECEBM, Philadelphia. Summith Foundation Nature Conservancy.
- Haggar, J. y Schepp K. (2011) *Coffee and Climate Change. Desk Study: Impacts of Climate Change in four Pilot Counties of the Coffee & Climate Initiative*. University of Greenwich & Kathleen Schepp.
- Hernandez R., Bonales V.; Ortiz p. (2014) *Modelos de vulnerabilidad agrícola ante los efectos del cambio climático*. Revista CIMEXUS.
- Jaramillo, R.; Guzman, M. (1984). *Relación entre la temperatura y crecimiento en Coffea arabica L., variedad Caturra*. Cenicafé 35:57-65
- Jones, P. G., y P. K. Thornton (2003), *The Potential Impacts of Climate Change on Maize Production in Africa and Latin America in 2055*”, Global Environmental Change, vol. 13
- Laviolette P., Azria D., Cristiaensen P., Poos S. (2015). *Comercio justo y sostenible en el Perú*. © CTB, Cooperación belga al desarrollo– CTB, rue Haute 147.
- Pascal L., Dan A., Peter C., Samuel P.(2015). *Comercio justo y sostenible en el Perú*; CTB, Cooperación belga al desarrollo.



- McCarl, B., R. Adams y B. Hurd (2001). *Global Climate Change and its impact on Agriculture*.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus y D. Shaw (1994), “*The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis*”, *American Economic Review*, 84:753-771.
- Peña A., Ramírez V., Valencia J. Jaramillo A.(2012) *La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia; Centro Nacional de Investigaciones de Café, (CENICAFÉ) Manizales, Caldas, Colombia*.
- Molua, E. y C. Lambi (2007), *The Economic Impact of Climate Change on Agriculture in Cameroon*, World Bank, Policy Research Working Paper, N° 4364.
- Montilla, F. (2007). *Conceptos Básicos de Microeconomía de la Empresa. Función de Producción*.
- Mora, J.; Ramírez, D.; Ordaz, J.; Acosta, A.; Serna, B. (2009). Panamá: *Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura. México, D. F: Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL*
- Navarro A., Armando L., Hernández R., Benigno, Castañeda L., Antonio, López P., David J., Mancillas G., Rigoberto, & Juárez López, Francisco J.. (2018). *Áreas potenciales y vulnerabilidad del cultivo de café tipo robusta (Coffea canephora P.) al cambio climático en el estado de Tabasco, México*.
- Navas C. ,Burbano M. , Moreira M. , Vasco A. *Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania FUNDAGRO; Fundación para el Desarrollo Agropecuario* (1993).
- Ordaz J., Ramírez D., Mora J., Acosta A., Serna B. (2010) *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura D. F: Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL México, D.F.: CEPAL, 2010*.



- PROME CAFÉ, (2016). *El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central*; AMÉRICA CENTRAL Informe Especial; FEWS NET.
- Rivera, F. y Alvarado, L. (2013). *Impacto del Cambio Climático sobre los Ingresos del Café Convencional: Un Análisis de Panel Balanceado*. Periodo 1991-2010. Natur@economía.
- Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J. (2010). *Belice: Efectos del Cambio climático sobre la Agricultura*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México, D.F.
- Ramírez, D.; Ordaz, J.; Mora, J.; Acosta, A. (2010). *Nicaragua: Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL.
- Schimmelpfennig, D., y otros. (1996). *Agricultural Adaptation to Climate Change: Issues of Long Run Sustainability*, U S Department of Agriculture, Natural Resources and Environment Division, Economic Research Service, Washington, D. C.
- Torres J. y Massa S. (2016). *Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador*. Ecuador. Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. Economía, XL(40), 117-137.
- Torres, L. (2010). *Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la Región Piura - Perú. Caso: Principales productos agroexportables*. Publicaciones del Consorcio de Investigación económico y social, Lima Perú.
- Ugarte F. (2016) *Impacto del cambio climático en la producción agrícola en Nicaragua*. Universidad Alberto Hurtado: Facultad de Economía y Negocios, Santiago, Chile.



Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M.R., Donatti, C., Harvey, C.A. y Alpízar, F. 2017.

Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE).



ANEXO



Test de Autocorrelación (Durbin- Watson)

. dwstat

Durbin-Watson d-statistic(4, 48) = 1.153432

Tabla A.9 Test de heterocedasticidad

. imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(7) = 8.15
Prob > chi2 = 0.3195

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	8.15	7	0.3195
Skewness	8.04	3	0.0451
Kurtosis	0.72	1	0.3968
Total	16.91	11	0.1105

Tercera estimación

Tabla A.10 Test de raíz unitaria

. pperron Pplv

Phillips-Perron test for unit root
Number of obs = 48
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-40.666	-18.764	-13.236	-10.660
Z(t)	-5.215	-3.594	-2.936	-2.602

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000



Tabla A.11 Regresión cuadrática

. reg PROD d.Pplv c.d.Pplv#c.d.Pplv IncPlags

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	48
Model	5.3229e+09	3	1.7743e+09	F(3, 44)	=	2.93
Residual	2.6639e+10	44	605431924	Prob > F	=	0.0439
				R-squared	=	0.1665
				Adj R-squared	=	0.1097
Total	3.1962e+10	47	680040508	Root MSE	=	24606

PROD	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Pplv						
Dl.	42.46655	175.3123	0.24	0.810	-310.8521	395.7852
cD.Pplv#cD.Pplv	-1.768033	6.302983	-0.28	0.780	-14.47086	10.93479
IncPlags	-21333.98	7395.101	-2.88	0.006	-36237.82	-6430.128
_cons	53219.54	5224.818	10.19	0.000	42689.61	63749.47

Tabla A.12 Test de Autocorrelación (Durwin Watson)

. dwstat

Durbin-Watson d-statistic(4, 48) = 1.052485

Tabla A.13 Prueba de heterocedasticidad

. imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(7) = 8.97
Prob > chi2 = 0.2551

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	8.97	7	0.2551
Skewness	6.82	3	0.0779
Kurtosis	0.30	1	0.5818
Total	16.09	11	0.1380



Tabla A. 17 Test de Heterocedasticidad(white)

```
. imtest, white
```

```
White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity
```

```
chi2 (7)      =      5.60  
Prob > chi2   =      0.5871
```

```
Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test
```

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	5.60	7	0.5871
Skewness	5.69	3	0.1277
Kurtosis	1.40	1	0.2366
Total	12.69	11	0.3140



Mercado de Café en el Ámbito Nacional

Cliente Importador	País	Mercado	QQs. Exportación	Producto
Café Victoria SAC.	Perú	Conv.	6.00	Tunki Coffee
Aroma & cafes del perú E.I.R.L.	Perú	Conv.	7.50	Gourmet 5 Defects 85+
.A. Norandino ltda.	Perú	C. Justo	2,062.50	Orgánico
CSM Gallito de las rocas ltda.	Perú	Conv.	450.00	Conv.
Gantu Perú sac.	Perú	Conv.	3.00	Gourmet Tunki Coffee
Peruvian premium Cocla ltda. n° 281	Perú	Conv.	1.50	Conv.
mcmc peru sac	Perú	Conv.	352.50	Conv.
Lima café gourmet eirl.	Perú	Conv.	1.50	Conv.
Nutriva sac	Perú	Conv.	3.00	Gourmet Tunki Coffee
Cecovasa-tostado molido-lima	Perú	Conv.	2.00	Org. Tunki Coffee
Witen sac	Perú	Conv.	145.50	Gourmet Tunki Coffee
Guillermo Weistreicher	Perú	Conv.	1.50	Convencional normal/extra
Janet Anfonssi Gonzales	Perú	Conv.	252.00	Gourmet Tunki Coffee
Julio Pachas La Torre	Perú	Conv.	1.50	Orgánico

Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA.

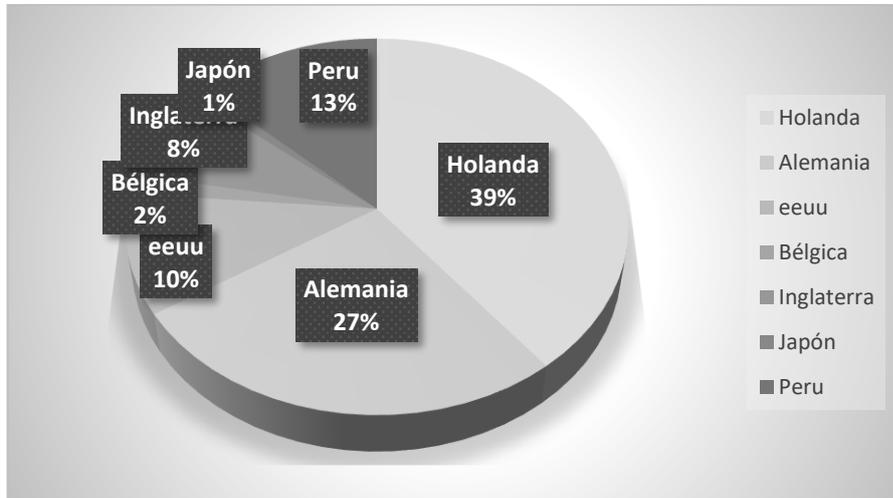


Mercado de Café en el Ámbito Internacional.

Cliente Importador	País	Mercado	QQs. Exp.	Producto
Naf Trading	Holanda	Conv./C. Justo	9462	Convencional/Conv. FT/Orgánico
Gepa The Fair-Trade Co.	Alemania	C. Justo	555	Conv. FT
32 CUP Specialty Coffee M.	EEUU	Conv./C. Justo	600	Gourmet Tunki Coffee/Conv. FT
Oxfam Fairtrade	Bélgica	C. Justo	420	Conv. FT
D.R. Wakefield & Co Ltd	Inglaterra	C. Justo	825	Orgánico/Conv. FT
Efico Green Coffe	Holanda	C. Justo	456	Conv. FT
Equal Exchange	EEUU	C. Justo	825	Orgánico 5 Defects 83+
Falcon Coffees-Cafedirect	Inglaterra	C. Justo	412.5	Fairtrade Machu Picchu
Olam Coffee (Aleco C.)	EEUU	C. Justo	1184	Concursos 84-90 Pts. Tunki
Freman Trading Limited	Inglaterra	C. Justo	787.5	Coffee/Conv./Gourmet 5 Defects 85+. Tunki Coffee /Gourmet Tunki
Kaffee Siddhartha GmbH	Alemania	Conv.	1238	Coffee/Org. Quechua Coffee/Org. Tunki Coffee
Hacofco mbH	Alemania	C. Justo	1800	FT.
InterAmerican Coffee	Alemania	C. Justo	2348	Orgánico
Rothfos Corporation	Alemania	C. Justo	825	Orgánico
Wataru & Co Ltd	Japón	Conv.	243	Microlotes

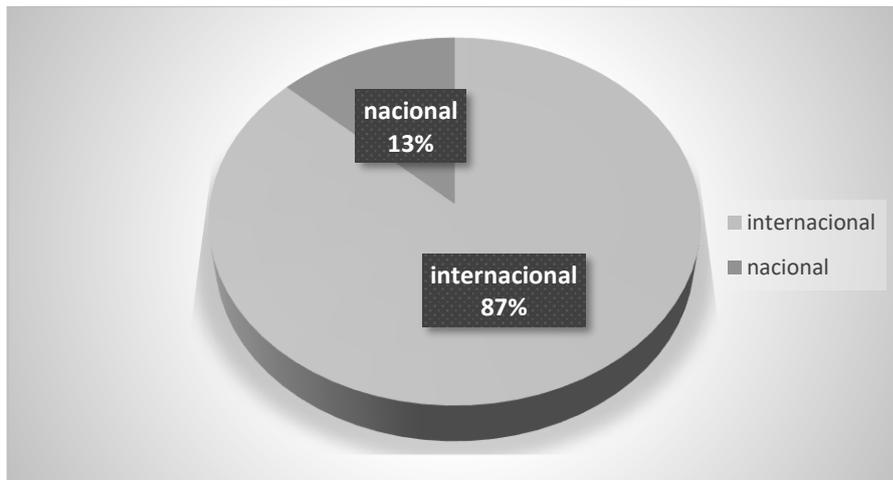
Fuente: elaborado por el autor con base de datos de CECOVASA

Países importadores de café CECOVASA



Fuente: elaborado en base a la información de CECOVASA

Destino de café CECOVASA al mercado nacional e internacional.



Fuente: elaborado en base a la información de CECOVASA



Encuesta para la obtención de datos sobre incidencia de plagas en los valles de Sandia.

**Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Ingeniería Económica-
Escuela Profesional de Ingeniería Económica**

Datos del encuestado:

Género: edad: N°.....

1. ¿Cuáles fueron los años donde hubo presencia de plagas? como, por ejemplo: roya, ojo de gallo, broca, entre otros; que afectaron de manera severas en la producción del café. **Marque con una (x)**

<input type="checkbox"/>	1968	<input type="checkbox"/>	1985	<input type="checkbox"/>	2002
<input type="checkbox"/>	1969	<input type="checkbox"/>	1986	<input type="checkbox"/>	2003
<input type="checkbox"/>	1970	<input type="checkbox"/>	1987	<input type="checkbox"/>	2004
<input type="checkbox"/>	1971	<input type="checkbox"/>	1988	<input type="checkbox"/>	2005
<input type="checkbox"/>	1972	<input type="checkbox"/>	1989	<input type="checkbox"/>	2006
<input type="checkbox"/>	1973	<input type="checkbox"/>	1990	<input type="checkbox"/>	2007
<input type="checkbox"/>	1974	<input type="checkbox"/>	1991	<input type="checkbox"/>	2008
<input type="checkbox"/>	1975	<input type="checkbox"/>	1992	<input type="checkbox"/>	2009
<input type="checkbox"/>	1976	<input type="checkbox"/>	1993	<input type="checkbox"/>	2010
<input type="checkbox"/>	1977	<input type="checkbox"/>	1994	<input type="checkbox"/>	2011
<input type="checkbox"/>	1978	<input type="checkbox"/>	1995	<input type="checkbox"/>	2012
<input type="checkbox"/>	1979	<input type="checkbox"/>	1996	<input type="checkbox"/>	2013
<input type="checkbox"/>	1980	<input type="checkbox"/>	1997	<input type="checkbox"/>	2014
<input type="checkbox"/>	1981	<input type="checkbox"/>	1998	<input type="checkbox"/>	2015
<input type="checkbox"/>	1982	<input type="checkbox"/>	1999	<input type="checkbox"/>	2016
<input type="checkbox"/>	1983	<input type="checkbox"/>	2000		
<input type="checkbox"/>	1984	<input type="checkbox"/>	2001		