

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE LOS  
SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE CUYOCUYO -  
SANDIA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:  
ABEL CCOLQUE CCORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD CLIMATICA SOBRE LOS SISTEMAS  
AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE CUYOCUYO - SANDIA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**ABEL CCOLQUE CCORI**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA:**



**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

  
D.Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

**PRIMER MIEMBRO:**

  
Ing. PERCY ARTURO GINEZ CHOQUE

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
Dr. ROBERTO ALFARO ALEJO

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
Dr. EDUARDO FLORES CONDORI

**Área** : Hidrología y climatología.  
**Tema** : Variabilidad climática.  
**Línea** : Agrometeorología.

FECHA DE SUSTENTACIÓN 26 DE SETIEMBRE 2019

## DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad.

A mis padres Agustín Colque y Ninfa Ccori, por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi hermano Alan Colque Ccori por su apoyo incondicional e incomparable, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado durante mi vida estudiantil.

## AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, mi alma mater por siempre, con su apertura me concedió a mí y a muchas generaciones más conceder a una educación de calidad, por haberme formado profesionalmente.

A los señores jurados de tesis: D.Sc. German Belizario Quispe, Ing. Percy Arturo Ginez Choque y Dr. Roberto Alfaro Alejo por sus consejos, sugerencias y recomendaciones durante la ejecución del presente.

Asimismo, a mi Director/Asesor Dr. Eduardo Flores Condori, asesor de esta Tesis, por su apoyo, consejos, correcciones y sus conocimientos durante la elaboración de este trabajo.

A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes compartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.

Al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) por facilitarme la información de temperaturas y precipitación pluvial.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.1. Problema general.....	15
1.1.2. Problemas específicos .....	15
1.2. Justificación.....	15
1.3. Objetivos .....	16
1.3.1. Objetivos generales .....	16
1.3.2. Objetivos específicos .....	16
1.4. Hipótesis.....	16
1.4.1. Hipótesis general.....	16
1.4.2. Hipótesis específicas .....	16
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes .....	17
2.1.1. Investigaciones cambio climático en América Latina enfocadas en el Perú ...	19
2.1.2. Investigaciones sobre cambio climático realizadas por el Perú .....	20
2.1.3. Comportamiento temporal y espacial de las temperaturas.....	22
2.1.4. Escenario climático .....	22
2.1.5. Escenario de cambio climático en el Perú.....	24
2.1.6. El impacto del calentamiento global sobre la agricultura. ....	25
2.1.7. Impacto de la agricultura y la ganadería por el cambio climático. ....	26
2.1.8. El cultivo de la papa y el calentamiento global.....	26
2.2. Marco conceptual y teórico .....	28
2.2.1. Clima.....	28
2.2.2. Variabilidad climática .....	29
2.2.3. Cambio global, calentamiento global y cambio climático .....	30
2.2.3.1. Cambio climático .....	33
2.2.3.2. Calentamiento global .....	34
2.2.4. Relación hombre clima, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación .....	35
2.2.5. El efecto invernadero .....	36
2.2.6. Gases de efecto invernadero.....	37

<b>III. MÉTODOLÓGIA .....</b>	<b>40</b>
3.1. Características del área de estudio. ....	40
3.1.1. Límites. ....	40
3.1.2. Extensión.....	40
3.1.3. Vías de comunicación y accesos. ....	40
3.1.4. Población.....	41
3.1.5. Actividades económicas.....	41
3.1.6. Topografía de la zona.....	41
3.2. Clima. ....	41
3.2.1. Radiación solar.....	42
3.2.2. Temperatura. ....	42
3.2.2.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste temperatura media mensual.....	43
3.2.3. Precipitación pluvial.....	44
3.2.3.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste precipitación total. ....	44
3.2.4. Humedad relativa .....	45
3.2.4.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste humedad relativa mensual .....	46
3.3. Serie de datos de producción de cultivos .....	47
3.4. Materiales meteorológicos. ....	50
3.5. Metodología por objetivos específicos.....	50
3.5.1. Relación entre la rentabilidad de producción con elementos climáticos .....	50
3.5.2. Análisis de tendencia de series históricos de la producción y climáticos .....	50
3.5.2.1. Prueba de Mann-Kendall (No paramétrica) .....	51
3.5.2.2. Spearman's RHO (No paramétrica) .....	51
3.5.2.3. Regresión lineal (Paramétrica).....	52
3.5.2.4. Autocorrelación (Paramétrica).....	52
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
4.1. Análisis de tendencia de rendimientos de los cultivos y elementos climaticoa.....	53
4.1.1. Análisis de tendencia de la producción de papa en Cuyocuyo. ....	53
4.1.2. Análisis de tendencia de la producción de haba en Cuyocuyo. ....	55
4.1.3. Análisis de Tendencia de la producción de oca en Cuyocuyo. ....	56
4.1.4. Tendencia de precipitación total de la estación meteorológica Cuyocuyo. ....	58

4.1.5. Tendencia de temperatura media de la estación meteorológica Cuyocuyo. ....	59
4.1.6. Tendencia de humedad relativa de la estación meteorológica Cuyocuyo.....	60
4.2. Relación entre la producción agrícola y elementos climáticos .....	62
4.2.1. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de papa y los elementos climáticos. ....	62
4.2.2. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de haba y los elementos climáticos. ....	64
4.2.3. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de oca y los elementos climáticos .....	65
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>69</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Diagrama de variación de temperatura media global, de escenarios RCP extremos de cambio climático: RCP 2.6 y RCP 8.5.....	23
Figura 2: Temperatura media de la estación meteorológica de Cuyocuyo. ....	42
Figura 3: Diagrama de doble masa de descargas de temperatura media anuales.....	43
Figura 4: Precipitación pluvial total mensual de la estación de Cuyocuyo.....	44
Figura 5: Diagrama de doble masa de descargas de precipitación total anuales. ....	45
Figura 6: Diagrama de doble masa de humedad relativa anuales. ....	46
Figura 7: Comparativo de doble masa de papa entre valores de Cuyocuyo y Puno. .	47
Figura 8: Comparativo de doble masa de haba entre valores de Cuyocuyo y Puno. .	48
Figura 9: Comparativo de doble masa de oca entre valores de Cuyocuyo y Puno. ...	49
Figura 10: Diagrama de tendencia de rendimiento de papa. ....	54
Figura 11: Diagrama de tendencia de rendimiento de haba. ....	55
Figura 12: Diagrama de tendencia de rendimiento de oca. ....	57
Figura 13: Tendencia de precipitación pluvial total estación Cuyocuyo .....	59
Figura 14: Tendencia de temperatura media estación Cuyocuyo .....	60
Figura 15: Tendencia de humedad relativa estación Cuyocuyo.....	61



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Vías de comunicación y accesos a la localidad de Cuyocuyo .....	40
Tabla 2: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de papa en Cuyocuyo. ...	53
Tabla 3: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de haba en Cuyocuyo. ...	55
Tabla 4: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de oca en Cuyocuyo .....	56
Tabla 5: Variables predictorias de rendimientos en kg/ha, 1996 - 2017 .....	57
Tabla 6: Análisis de tendencia de precipitación pluvial de la estación Cuyocuyo ....	58
Tabla 7: Análisis de tendencia de temperatura media de estación Cuyocuyo .....	59
Tabla 8: Análisis de tendencia de humedad relativa de estación Cuyocuyo.....	60
Tabla 9: Variables climáticas predictorias anual, 1964 - 2017 .....	61
Tabla 10: Regresión cuadrática múltiple entre papa y elementos climáticos .....	62
Tabla 11: Regresión cuadrática múltiple entre haba y elementos climáticos. ....	64
Tabla 12: Regresión cuadrática múltiple entre oca y elementos climáticos. ....	66

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AAA	Autoridad Administrativa del Agua
AGRORURAL	Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
ALA	Autoridad Local del Agua
ANA	Autoridad Nacional del Agua
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CCCC	Comunidad Campesina
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DEA	Dirección de Estadística Agraria
DEEIA	Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria
DGAA	Dirección de Gestión Ambiental Agraria
DGAAA	Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios
DGIAR	Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego
DGPA	Dirección General de Políticas Agrarias
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2014
AR6	Sexto Informe de Evaluación del IPCC, en elaboración
BECCS	Bioenergía con captura y almacenamiento de carbono
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático
CND	Contribuciones Nacionalmente Determinadas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Conferencia de las Partes
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCP	Representative Concentration's Path
MINAM	Ministerio del Ambiente

## RESUMEN

En la investigación del efecto de la variabilidad climática en los sistemas de andenerías de Cuyocuyo; se ha planteado como objetivos específicos; determinar las tendencias de series históricas de datos meteorológicas de la estación de Cuyocuyo y evaluar los parámetros de la relación entre la variación climática y la producción de cultivos; se ha procesado la información de los rendimientos de cultivo obtenidos de oficinas del MINAGRI Puno, esto para el análisis de tendencias paramétricas y no paramétricas y los datos de los elementos climáticos fueron obtenidos de la oficinas del SENAMHI los que fueron analizados utilizando los modelo de regresión múltiple para luego evaluar los signos de los parámetros de las variables climáticas y su probabilidad; mediante pruebas paramétricas y no paramétricas las tendencias de regresión fue obtenida utilizando el software trend, a un nivel de significancia  $p \leq 0.05$ ; el análisis para la variable de precipitación pluvial, la cual indica que la relación es directa a una probabilidad  $p = 0.0439$ , que existe significancia estadística; el coeficiente de regresión es de signo negativo con un valor de  $-185.6775$ ; y para las variables de temperatura media y humedad relativa no existe significancia estadística; para los rendimientos de haba y oca con  $p \leq 0.05$ , para ninguno de las variables climáticas; estos resultados indican que no hay relación entre la rentabilidad de los cultivos con las variables climáticas en Cuyocuyo; y las pruebas estadísticas de Mann-Kendall (4.794), Spearman's Rho (4.21), linear regresión (9.863), y Autocorrelación (4.019), existen alta significancia estadística, estas pruebas estadísticas son aplicadas a serie de datos de los rendimientos del cultivo de papa expresadas en kg /ha.

**Palabras Clave:** análisis de tendencia, distrito de Cuyocuyo, variabilidad climática.

**ABSTRACT**

The research of the effect of climatic variability in the Cuyocuyo platforms systems; has as specific objectives; to determine the trends of historical series of meteorological data of the Cuyocuyo station and to evaluate the parameters of the relationship between climatic variation and crop production; The information on crops production obtained from MINAGRI Puno offices has been processed, to analyze of parametric and non-parametric trends. the data of the climatic elements were obtained from the SENAMHI offices which were analyzed using the regression multiple models and then the signs of the parameters of the climatic variables and their probability were evaluated; using parametric and non-parametric tests, the regression trends were obtained using a trend software, at a level of significance  $p \leq 0.05$ ; the analysis for the rainfall precipitation variable, which indicates that the relationship is direct to a probability  $p = 0.0439$ , that there is statistical significance; the regression coefficient is negative with a value of  $-185.6775$ ; and for the variables of average temperature and relative humidity there is no statistical significance; for bean and goose production with  $p \leq 0.05$ , for none of the climatic variables; These results indicate that there is no relationship between the production of crops and climatic variables in Cuyocuyo; and the statistical tests of Mann-Kendall (4,794), Spearman's Rho (4,21), linear regression (9,863), and Autocorrelation (4,019), there are high statistical significance, these statistical tests are applied to a series of crop data Potato expressed in kg / ha.

**Keywords:** trend analysis, Cuyocuyo district, climatic variability.

## I. INTRODUCCIÓN

En la zona de estudio en los últimos diez años la agricultura ha sufrido muchas variaciones climáticas y como consecuencia de ello siempre se han presentado como son los veranillos, inundaciones, heladas meteorológicas sequías prolongadas; todas estas variaciones agrestes influyen directamente al bienestar de los pobladores del altiplano, la cual obliga a los pobladores. Las migraciones masivas hacia las ciudades de la costa peruana; por esta razón en el presente estudio nos planteamos a realizar la investigación de las influencias climáticas sobre los cultivos importantes como es la papa, haba y oca, en la zona de Cuyocuyo.

La agricultura en la zona de estudio es extremadamente vulnerable a la variación de los elementos climáticos. Es decir, el aumento o la disminución de las temperaturas extremas termina por reducir la producción de los cultivos, a la vez provoca la proliferación de las plagas y enfermedades. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunas especies puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria de la zona.

El efecto del cambio climático en la agricultura está relacionado con variaciones en los factores y elementos climáticos. La temperatura promedio de la superficie de la tierra ha aumentado un grado Fahrenheit en el último siglo. Consecuentemente, como cada área local es afectada de manera diferente por el cambio climático, los especialistas aseguran que todo estudio debería considerar individualmente cada zona y piso ecológico.

### 1.1. Planteamiento del problema

Según las Naciones Unidas (ONU), el cambio climático es la modificación del clima, con respecto al historial climático, a una escala regional o global. Mientras que, según la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el cambio climático responde a fluctuaciones a largo plazo de la temperatura, las precipitaciones, los vientos y todas los demás componentes del clima en la Tierra. Por otra parte, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define como un cambio atribuido, directa o indirectamente, a la actividad humana que

altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Galán & Garrido , 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) comparó la calidad del aire de casi 3 mil ciudades en 103 países. El estudio Global Urban Ambient Air Pollution Database asegura que 80 por ciento de las personas que viven en una zona urbana respiran aire demasiado contaminado (OMS, 2016). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), menciona que los científicos están entre un 95% y un 100% seguros de que los humanos hemos causado la mayor parte del cambio climático desde 1950 (Vargas, 2016).

Los reportes nos indican que la contaminación del aire es un problema más grave en las ciudades, estas sustancias incluyen varios gases y materia particulado, que se encuentran en suspensión en el aire. La contaminación ambiental afecta la calidad general de nuestro ambiente circundante y puede poner en riesgo nuestra salud y bienestar. El control de la contaminación ambiental es necesario en casi todas las comunidades y países para proteger la salud de la población. En la ciudad de Puno el deterioro de la calidad del aire a los que están expuestos los habitantes se le atribuye fundamentalmente al incremento del parque automotor (MINAM, 2013-2014).

Sin duda situación que contribuyó a que en el 2014, la Vigésima Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático COP20 se realizara en Lima y en la cual se presentaron diversos informes que ratificaban este hecho. La autoridad nacional, representada en dicho evento, por el Viceministro de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales del Perú, Gabriel Quijandría, sostuvo que el Perú es un país altamente vulnerable frente al cambio climático y que entre los sectores más perjudicados por el calentamiento global en el país se encuentra la agricultura (Diario Perú 21, 2014).

La variabilidad climática y los eventos también afectan a las pérdidas de ingresos para las personas cuyos medios de vida dependen de la agricultura y los recursos naturales, lo que tienen un impacto negativo en el acceso a los alimentos ya que los hogares tienen menos recursos para comprarlos. El acceso a los alimentos y los ingresos de las familias de agricultores de pequeña escala se ve afectado negativamente por la

variabilidad climática y los eventos extremos, según ponen de manifiesto los estudios de hogares. También existen pruebas de que los choques climáticos no solo afectan al nivel de ingresos, sino también a la variabilidad de estos (FAO, 2018).

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de la variabilidad climática en la producción agrícola de cultivos en el distrito de Cuyocuyo de la provincia de Sandía?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cómo son las tendencias de las series históricas de los datos meteorológicas de la estación meteorológica del distrito de Cuyocuyo de la provincia de Sandía?

¿Cuál es la relación entre la variación climática y la producción de los cultivos principales en el distrito de Cuyocuyo?

## **1.2. Justificación**

La importancia de los impactos de la variabilidad climática sobre la agricultura en el distrito de Cuyocuyo y el bienestar humano incluyen. Los efectos biofísicos de la variabilidad climática sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios; que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio. Sin embargo, todos los cambios fenológicos de las plantas no son simples indicadores de la influencia de la variabilidad climática.

Entonces la importancia ecológica crítica puesto que afectan la habilidad competitiva de las diferentes especies su conservación y por tanto la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Como la naturaleza no es homogénea, las respuestas al calentamiento son diferentes dependiendo de la especie (y aun de los individuos). Los efectos biofísicos del cambio climático sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma,

modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio.

Por otro lado, el cambio climático parece que también ha alterado sus hábitos. Dado el adelantamiento en la floración y fructificación de las plantas y en la aparición de los insectos y por tanto, el adelantamiento en la disponibilidad de comida para las aves, se esperaría una llegada más temprana de las aves migratorias. Y no es así; la llegada de algunas aves tan comunes y populares como el ruiseñor, la golondrina, (Peñuelas, Filellam y Comas, 2002).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivos generales**

Evaluar cuál es el efecto de la variabilidad climática en la producción agrícola en el distrito de Cuyocuyo de la provincia de Sandia.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar cómo son las tendencias de las series históricas de los datos meteorológicos de la estación meteorológica de Cuyocuyo.

Determinar los parámetros de la relación entre la variación climática y la producción de los principales cultivos en el distrito de Cuyocuyo.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

Las variabilidades climáticas influyen directamente sobre la producción de los principales cultivos en el distrito de Cuyocuyo.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

Las tendencias de las series históricas de la producción agrícola y datos meteorológicos son positivas en el distrito de Cuyocuyo.

La variación de elementos climáticos influye directamente sobre los rendimientos de los cultivos: papa, haba y oca en el distrito de Cuyocuyo.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1, define el “cambio climático” como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables. Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), [el término como tal] denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Sin embargo (Miller G. , 2007), sostiene que el cambio climático global se refiere a las modificaciones en cualquier aspecto del clima del planeta, tales como la temperatura, precipitación e intensidad y las rutas de las tormentas (Diaz, 2012).

En los últimos años, la alteración de los patrones climáticos afectará indudablemente la producción y la productividad período de agrícola de diferentes maneras, dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y producción, cultivos, variedades y zonas de impacto. Se estima que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación principalmente, serían la duración de los ciclos de cultivo, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuesta a nuevas concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico (Watson, 1997).

Por otra parte, algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producirían en las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.) (Porter 1991, Watson 1997). El cambio climático es evidentemente uno de los temas actuales más relevantes de la agenda mundial, que atraviesa la economía, el comercio y las decisiones políticas, pues puede afectar el desarrollo de los países y tener grandes impactos en los países tropicales de América Latina y la región andina está entre los más afectados por las consecuencias del cambio climático (Belizario, 2014).

Además, es importante recordar que todos los cambios descritos en estas últimas décadas han tenido lugar con un calentamiento que es sólo un tercio o menos del previsto para el siglo que viene. Los modelos climáticos no son perfectos, pero la casi unanimidad de todos ellos, y el camino que están siguiendo las temperaturas hasta ahora, hacen temer que puedan ser acertados. Sin embargo, el calentamiento global ha existido a lo largo de toda la existencia del planeta, así como también han existido eras de hielo; el problema es que esta vez el calentamiento está siendo demasiado progresivo y descontrolado, todo esto es causado por el humano, ya que se ha podido comprobar que la naturaleza puede sobrevivir sin la intervención del ser humano, esto quiere decir que nosotros con nuestra "tecnología" hemos contaminado y cambiado a nuestro planeta (Guerra, 2015).

La proyección del cambio climático hacia un calentamiento global que se daría en los siguientes 30 o 40 años, producirá efectos importantes en el entorno agrícola del planeta. No solamente se afectará la biología de los cultivos (positiva o negativamente en referencia a su producción), sino que hará variar el componente socioeconómico y ecológico de las regiones que son sustentadas por las actividades agrícolas. El efecto del cambio climático sobre la agricultura mundial no se debe ver solo a la luz de la influencia negativa o positiva del cultivo y su derredor sino en el contexto del desarrollo económico mundial, lo cual hará que algunos países vulnerables al cambio climático pero con buen nivel de desarrollo, respondan mejor a las medidas de adaptación que aquellos que no posean recursos de inversión, cuya tasa de crecimiento sea baja y que experimenten un rápido incremento poblacional y una alta degradación ecológica (Villalobos & Retana, 1998)

Por otro lado, la temperatura y la precipitación, el otro elemento de cambio importante a evaluar es el contenido de CO<sub>2</sub>. Los MCG trabajan sobre el estimado de alcanzar el equilibrio climático ante una concentración de CO<sub>2</sub> duplicada de la actual (323ppmm) (Campos, 1997). Experimentos con altos contenidos de CO<sub>2</sub> indican que el comportamiento estomático producido, podría generar una economía del agua consumida por las plantas, así como un efecto fertilizante en el caso de las leguminosas (FAO, Cambio Climático: Agricultura mundial y medio ambiente rural, 1992). Además, un incremento en la concentración del CO<sub>2</sub>, aumentaría directamente la tasa de fotosíntesis y la producción de biomasa de las plantas C<sub>3</sub>, con cambios poco

significativos en las plantas C4, como el maíz, sorgo y caña de azúcar (Salinger, y otros, 1997).

### **2.1.1. Investigaciones cambio climático en América Latina enfocadas en el Perú**

La mayoría de estos estudios aplican variaciones en la temperatura máxima, mínima o en la media y en la precipitación. Los rangos de variación de los elementos meteorológicos, son generados por Modelos de Circulación General (MCG). Si bien es cierto que existen desacuerdos entre los investigadores sobre la magnitud de cambio en estos elementos (Houghton et al. 1990), la tendencia en las investigaciones agrícolas que utilizan escenarios climáticos derivados de los MCG es que sean del orden de 1 a 4°C en la temperatura, con un aumento o disminución en la lluvia diaria entre un 5 y un 15%. Con estos rangos de variación, las posibilidades de construcción de escenarios es grande, máxime que algunos modelos de simulación de crecimiento permiten manejar combinaciones de factores y factores aislados como tratamientos de estudio (Villalobos & Retana, 1998).

La evidencia de los impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe muestra que esos efectos son ya significativos y, con una alta probabilidad, serán más intensos en el futuro (IPCC, 2013b; Magrin y otros, 2014). Los efectos en la región son heterogéneos, no lineales, incluso positivos en algunos casos y en algunos períodos donde predominan los efectos negativos en el largo plazo. Por ejemplo, existe evidencia de impactos importantes en las actividades agropecuarias, agua, biodiversidad, alza del nivel del mar, bosques, turismo, salud y ciudades (Magrin y otros, 2014).

En el documento, además se señala que Colombia y Perú son los más vulnerables a los efectos del cambio climático, por lo que es imprescindible que se busquen las medidas para que los países mencionados crezcan sin emitir CO<sub>2</sub>. En el caso de Perú se señala que en los últimos 37 años se han reducido los glaciares en un 22%, lo que implica la reducción del 12% del suministro de agua fresca para la costa donde vive más del 50% de la población del país. Incluso (Fajnzylber, 2009) uno de los investigadores del informe, indicó que “Perú ya está padeciendo algunas de las consecuencias atribuidas al cambio climático, y por eso es importante mantener y profundizar todas las medidas

de mitigación y adaptación posibles, como parte de una política de estado que sea amigable con el medio ambiente” (De la Torre, 2009).

Por otro lado, el informe de CEPAL (2010) manifiesta que, “La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010” señala que a pesar de ser la segunda región del mundo que menos emite GEI, América Latina y el Caribe podrían sufrir consecuencias significativas del impacto del cambio climático sobre la población, los ecosistemas y las actividades económicas. Se indica además que “el ascenso de la temperatura y los cambios en las precipitaciones, asociados al cambio climático, afectan la productividad y los procesos de degradación de las tierras al aumentar, por ejemplo, la aridez, el número de meses secos (relación entre precipitaciones y evapotranspiración), la concentración de las precipitaciones y, por lo tanto, su intensidad.

Según Stern (2013) en muchos casos, y con importante nivel de incertidumbre, lo que dificulta su comparación y agregación. No obstante, existen diversos estudios que estiman algunos de los principales costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe. Es decir, las estimaciones agregadas de los costos económicos del cambio climático en la región relacionados con un aumento de 2,5 °C de temperatura (muy probablemente alrededor del 2050) oscilan entre el 1,5% y el 5% del PIB actual. Esas estimaciones presentan una alta incertidumbre, son conservadoras, se limitan a ciertos sectores y regiones y tienen diversas limitaciones metodológicas, como las dificultades para incorporar los procesos de adaptación y los efectos potenciales de los fenómenos climáticos extremos.

De igual modo entre las áreas más afectadas, se destacan las zonas de frontera agrícola en sistemas ecológicos de alta fragilidad como las selvas de las vertientes amazónicas de Colombia, Ecuador y Perú, donde los procesos antrópicos como la deforestación, la agricultura, la ganadería y la minería aurífera informal provocan severos procesos de degradación”. Además, se señala que, si el nivel del mar sube más de un metro, el segundo país con mayor número de personas afectadas sería el Perú.

### **2.1.2. Investigaciones sobre cambio climático realizadas por el Perú.**

En el Perú, un tercio de viviendas utilizan combustible de biomasa para cocinar o para calefacción (INEI, 2008). El aire exterior en Perú también está contaminado, a un alto

nivel comparado con otros países latinoamericanos, según un reporte reciente de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se sabe que la materia particulada en el aire exterior está asociada con varias enfermedades crónicas. El Perú es también un país netamente minero, por lo cual está expuesto a la contaminación ambiental producida por la explotación minera (Astete, y otros, 2009); esto implica un importante efecto negativo tanto de la contaminación de aire de exteriores y de interiores.

Al analizar esta realidad compleja en un escenario de cambio climático y en el marco del cambio global, se priorizarán actividades que ayuden a la reducción de la vulnerabilidad y a la adaptación de poblaciones con contextos físicos y sociales similares. Asimismo, de manera indirecta, se propicia la implementación de proyectos adecuados al medio físico, que mejoran la calidad de vida de las poblaciones. Los estudios anteriormente mencionados nos muestran que en el Perú no existe una visión compartida ni en el nivel sectorial ni en el nacional de lo que implica la adaptación. A nuestro parecer, la adaptación exitosa de las poblaciones de montaña y en general de cualquier población afectada por los efectos del cambio climático requiere contar con una visión transitoria y holística de la realidad física y social peruana, que no solo considere el ámbito de mayor vulnerabilidad, sino también los territorios con los que comparte dinámicas territoriales (GRADE, 2016).

La diversidad de ecosistemas en el Perú y los grandes desafíos para conservarlos y gestionarlos adecuadamente hacen fundamental la investigación en temas ambientales<sup>(8)</sup>. Para enfocar mejor estos temas, se realizó del 28 al 30 de abril de 2014 en Lima un taller sobre el impacto en salud de la contaminación ambiental de agua, aire y cambio climático, donde los autores participaron. Para profundizar sobre el tema, se realizó una revisión narrativa de la literatura sobre el impacto en la salud que tiene la contaminación del aire y del agua de consumo humano, así como el efecto del cambio climático en el Perú (Gustavo & Gonzales, 2014).

Según Arizaca (2013) concluye, en su trabajo que las tendencias de las producciones de papa y quinua se obtuvieron unas tendencias positivas de grado cuadrática y en ambos cultivos tienen el coeficiente de determinación que son muy buenas, es decir a medida que aumenta la tendencia de la temperatura aumentan las producciones en ambos 122 cultivos; sin embargo, la precipitación promedio mensual no relacionan

para ambos cultivos, es decir que no existe significancia entre las producciones de papa y quinua.

### **2.1.3. Comportamiento temporal y espacial de las temperaturas**

Las estacionalidad térmica es moderada, con las temperaturas más altas en diciembre a marzo, las más bajas de junio a agosto. La amplitud térmica de las temperaturas medias mensuales varía entre 5,8 - 6,5 °C en el norte, y 7,8 - 10,6 °C en el sur. Por lo general julio es el mes más frío y el más cálido diciembre. En las cercanías del lago Titicaca esta amplitud disminuye a cerca de 3 a 4°C, dentro del propio lago a 1,9°C (Isla del Sol). Las temperaturas máximas como mínimas medias anuales, la oscilación térmica varía entre 17 y 19°C, en el norte entre 19 y 21 °C; en el sur, si bien en las cercanías del lago Titicaca se decrece de 9.9 a 11 °C hasta el centro del lago. A nivel de las temperaturas máximas a su vez mínimas medias mensuales, la oscilación térmica varía notoriamente en el año; en invierno va desde 23 a 25,5 °C en el norte y desde 23 a 26 °C en el sur, si bien en las cercanías del lago el mismo desciende a 14 °C, dentro del lago a 10,9 °C; en verano la oscilación térmica media mensual varía entre 13 y 14 °C en el norte, en el sur entre 13,9 y 17,4 °C, aunque en las cercanías como dentro del lago baja cerca de 9 °C (MINAM, 2013).

### **2.1.4. Escenario climático**

Los escenario climático es la representación verosímil del clima futuro, basada en un conjunto coherente de relaciones entre fenómenos meteorológico que se define para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropógeno y puede introducirse como datos entrantes en los modelos de impacto. Las proyecciones climáticas suelen utilizarse como punto de partida para definir escenarios climáticos, aunque estos requieren habitualmente información adicional, por ejemplo: data sobre el clima actual observado (IPCC, 2013).

Consideramos los escenarios se establecen partiendo de la variación de flujo radiativo (forzamiento radiativo –  $W/m^2$ ) que es la diferencia entre la radiación que ingresa y egresa de la atmosfera terrestre. Esta variación a la cual es sometida la tierra, altera (entre otros factores) al ciclo del carbono generando una mayor concentración de CO<sub>2</sub> y ocasionando el cambio de las condiciones atmosféricas en un lapso prolongado de tiempo, lo cual se refleja en el aumento de la temperatura. La temperatura final

alcanzada en el escenario a evaluar se define por el trayecto de concentración radiativa que se tuvo desde el presente hasta llegar al escenario futuro, denominado trayectoria de concentración representativa (Representative Concentration's Path, RCP) ya que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama de gases de efecto invernadero, aerosoles, gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre. La denominación de cada RCP hace referencia al forzamiento radiativo obtenido de la trayectoria de concentración hasta el año 2100 y los escenarios futuros son denominados de acuerdo al RCP que los define. El IPCC ha seleccionado cuatro RCP como base para las predicciones climáticas (IPCC, 2013).

RCP 2.6: Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente  $3 \text{ W/m}^2$  antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100);

RCP 4.5 y RCP 6.0; Dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza aproximadamente a  $4.5 \text{ W/m}^2$  y  $6 \text{ W/m}^2$  después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las concentraciones después de 2150);

RCP 8.5: Trayectoria alta, cuyo forzamiento radiativo alcanza valores superiores a  $8.5 \text{ W/m}^2$  en 2100 y sigue aumentando por un tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100 y sean constantes las concentraciones después de 2250).

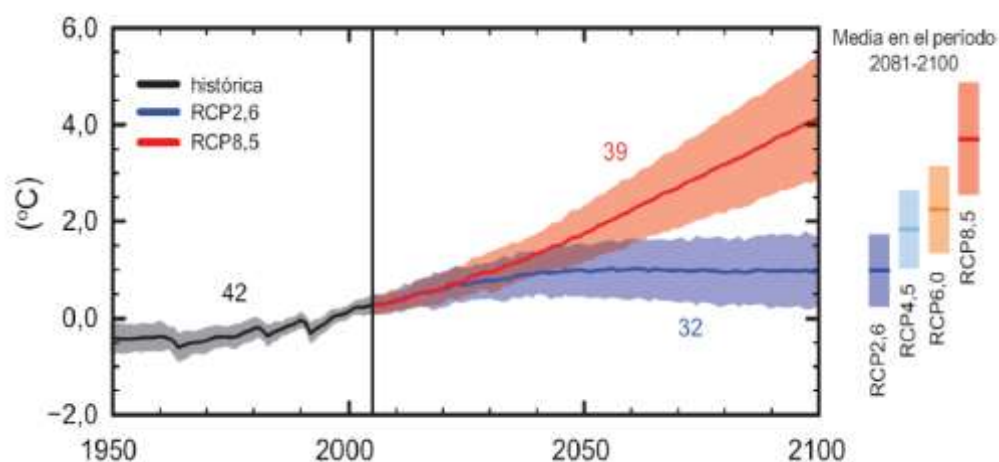


Figura 1: Diagrama de variación de temperatura media global, de escenarios RCP extremos de cambio climático: RCP 2.6 y RCP 8.5.

La Figura 1 muestra el cambio anual en la temperatura media global en la superficie respecto de 1986-2005. Las series temporales de las proyecciones y la medición de la incertidumbre (sombreado) se muestran en relación con los escenarios RCP 2.6 (azul) y RCP 8.5 (rojo), mientras que el color negro (sombreado gris) representa la evolución histórica en los modelos. Las incertidumbres medias y asociadas, promediadas entre 2081 y 2100 figuran en todos los escenarios de RCP indicadas con barras verticales de colores: RCP: RCP 2.6 (azul), RCP 4.5 (celeste), RCP 6.0 (naranja) y RCP 8.5 (rojo).

Para el presente estudio se ha considerado la evaluación de dos RCP: RCP 4.5 y RCP 8.5, las cuales se tomarán en cuenta para la proyección de los escenarios.

### **2.1.5. Escenario de cambio climático en el Perú**

Tomando en cuenta el estudio “El Perú y el cambio climático” (2010) elaborado por el Ministerio del Ambiente MINAM, (2010), la evaluación de escenarios climáticos del Perú tuvo como objetivos determinar las tendencias y los índices de extremos climáticos actuales a nivel nacional en base a datos observados; y a la vez, debía estimar proyecciones futuras para la década del 2030 (media del periodo 2025-2035), tomando como base MCG mediante la utilización de técnicas de downscaling o regionalización dinámico y estadístico. La regionalización empleada se realizó usando al modelo global CCSM (Climatic Community SystemModel) del National Center for Atmospheric Research (NCAR) con el modelo regional RAMS (Regional Atmospheric Modelling System) gracias a su mejor performance en simulación de lluvias asociadas a la fase de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). La información histórica utilizada fueron observaciones diarias de precipitación y temperaturas máximas y mínimas proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en todo el Perú para el periodo 1965-2006.

Por ejemplo, los escenarios climáticos para la Cuenca del río Piura proyectado al 2035, la temperatura mínima aumentaría, sobre todo en invierno y primavera. Los mayores incrementos se presentarían en invierno en las zonas altas hasta el 10 por ciento y en las zonas bajas hasta el 15 por ciento. Las lluvias en verano se incrementarían hasta un cinco por ciento y en invierno hasta un 10 por ciento; mientras que la parte baja, el Bajo Piura, el incremento sería hasta del 15 por ciento en invierno, manteniéndose sin



cambios significativos en las otras estaciones del año (MINAM, 2010; PROCLIM, 2005).

Así mismo, los resultados de los escenarios climáticos para el Perú reflejaron que las lluvias extremas estimadas mostrarían un probable decrecimiento en los próximos 30 años en gran parte del territorio. La precipitación presentaría incrementos y disminuciones significativas distribuidas de forma localizada en todo el país. En la costa, sierra norte, parte de la sierra central y selva sur, la precipitación se incrementaría hasta en 20 por ciento; mientras que, en la selva norte y parte de la sierra central y sur, la precipitación disminuiría hasta en 20 por ciento. Con respecto a las temperaturas extremas, se esperaría un mayor incremento de las temperaturas mínimas y máximas en gran parte del país; la temperatura máxima llegaría incrementarse hasta 1.6°C en promedio (0.53°C/década), mientras que para la mínima el mayor incremento alcanzaría 1.4°C (0.47°C/década). Los incrementos más elevados de las temperaturas se presentarían en la costa, sierra norte, selva norte, sierra central y en el sur del país; mientras que regiones como la costa central-sur y la selva sur no mostraría mayores cambios hacia el 2030 (MINAM, 2010).

#### **2.1.6. El impacto del calentamiento global sobre la agricultura.**

Los científicos alrededor del mundo ahora están de acuerdo en que los cambios climáticos que todos estamos experimentando mundialmente son reales y son el resultado de la actividad humana. El cambio climático es una amenaza para las personas en todo el mundo. El presente trabajo estudia el impacto que ya está teniendo sobre la agricultura y sugiere algunas respuestas prácticas para prevenir desastres fatales. Los indicios actuales de cambio climático mundial son el resultado de un aumento promedio en la temperatura mundial de tan solo 0.7 centígrados desde aproximadamente el año 1900 (Informe Stern 2006). Debido a este calentamiento, los glaciares y los casquetes de hielo polar están empezando a derretirse, lo que provoca el aumento del nivel del mar. Los aumentos de las temperaturas también dan como resultado cambios significativos en los patrones climáticos provocando mayor grado de pluviosidad y fuertes vientos. Estos cambios pueden aumentar la frecuencia de sequías, inundaciones y tormentas en distintas partes del mundo.

Sin embargo, los científicos son capaces de predecir los efectos del cambio climático futuro. Las perspectivas no son esperanzadoras. Para el 2100, la tierra podría estar entre 1.4°C y 5.8°C más caliente que en 1990. Esto dependerá de si los países toman o no acciones urgentes para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en los países más ricos, que son los que producen más emisiones contaminantes al medio ambiente (Novoa, 1998).

### **2.1.7. Impacto de la agricultura y la ganadería por el cambio climático.**

Hipotéticamente se cree que el sector agropecuario es uno de los principales emisores de gases y al igual que los efectos del uso de tierras, pueden producir el cambio climático. Además de ser un importante usuario de tierras y consumidor de combustibles fósiles, la agricultura y ganadería contribuyen directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de técnicas en el cultivo y la cría de ganado. De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, los combustibles fósiles, el uso de tierras, y la agricultura, son las tres causas principales del incremento de los gases de efecto invernadero desde hace 250 años.

Se cree que el sector agropecuario es uno de los principales emisores de gases, al igual que los efectos del uso de tierras, pueden producir el cambio climático. Además de ser un importante usuario de tierras y consumidor de combustibles fósiles, la agricultura y ganadería contribuyen directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, por medio de técnicas en el cultivo, como la producción de arroz y la cría de ganado, son las tres causas principales del incremento de los gases de efecto invernadero desde hace 250 años. De acuerdo con el Panel Intergubernamental del cambio climático (Ahrens, 2003).

### **2.1.8. El cultivo de la papa y el calentamiento global.**

Según Minagri (2016), "El Perú se ha convertido en los últimos años en uno de los principales productores de alimentos del mundo y la papa es uno de las mayores contribuciones de nuestro país a la seguridad alimentaria de la humanidad". Con 317.000 hectáreas dedicadas al cultivo de papa y un rendimiento promedio de 14,9 toneladas por hectárea, Minagri, 2016 señaló que el 90% de la papa proviene de los suelos de la sierra del país, principalmente de Puno, Huánuco, Cusco, Cajamarca,

Huancavelica, Junín, entre otros. Además, la siembra de este producto andino (con más de 3.000 variedades) sirve de sustento de 711.313 familias en 19 regiones del país.

Por ejemplo, el cultivo de papa es el primer producto no cerealero y a diferencia de los principales cereales, sólo una fracción del total de su producción ingresa al comercio internacional y sus precios generalmente se establecen por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial. Es por lo tanto un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria, ya que puede ayudar a los productores de bajos recursos y a los consumidores vulnerables a sobrellevar el momento de inestabilidad que experimentan hoy el abastecimiento y la demanda mundial de alimentos. La papa es además una importante fuente de ingresos para los pequeños agricultores en todo el mundo (Vasquez, 2009).

Así también en los Andes, por ejemplo, muchas veces es el único cultivo que produce ganancias. En las tierras bajas de Bangladesh y la India la papa es cultivada principalmente para sacarle provecho durante el invierno. Es un cultivo muy popular entre los productores de montaña de Vietnam, quienes siembran los tubérculos en rotación con arroz y maíz. Las utilidades de la papa son iguales a las del arroz y el doble de las recibidas por la venta del maíz y la patata. Últimamente, sin embargo, los productores de papa deben enfrentarse no sólo a plagas y enfermedades sino también a problemas abióticos. Son frecuentes los reportes de productores e investigadores sobre condiciones de estrés por falta de agua, cambios en la distribución e intensidad de las precipitaciones e incrementos en la frecuencia de heladas y caída de nieve en zonas de montaña.

En consecuencia, el aumento de estas situaciones climáticas extremas es generalmente relacionado al calentamiento global o cambio climático. El efecto invernadero proviene de una cantidad de gases que se encuentra normalmente en la atmosfera y que atrapan la energía del sol que llega a la tierra y vuelve a salir. Gracias a estos gases la tierra tiene una temperatura que hace posible la vida en el planeta (MINAM, 2010).

El calentamiento global es el mismo efecto invernadero, pero intensificado y es debido a la concentración de ciertos gases con efecto invernadero. Aproximadamente el 15% del total de las emisiones mundiales de gases invernadero es causado por la agricultura.

Las emisiones de gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) se deben principalmente al uso de combustibles fósiles durante la mayoría de actividades agrícolas.

La agricultura produce además la mitad de las emisiones mundiales de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ), gases de invernadero muchas veces más potentes que el mismo gas carbono. Las principales fuentes de  $\text{CH}_4$  son las explotaciones de ganado vacuno, los cultivos irrigados de arroz y el almacenamiento de abonos. El  $\text{N}_2\text{O}$  se libera del suelo como consecuencia de la aplicación inadecuada de fertilizantes no naturales y abonos. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), cuyas proyecciones fueron publicadas el año pasado, predice para el año 2100 una elevación de la temperatura global entre 1.8-4°C debido al incremento de gases invernadero. Las anteriores proyecciones se basan en estudios de simulación y por lo tanto son algo inciertas. Sin embargo, lo que sí es seguro que es que el calentamiento global va a afectar a los diferentes sistemas de producción en un grado que variará de acuerdo a la región (León, 1990).

## **2.2. Marco conceptual y teórico**

### **2.2.1. Clima**

La palabra Clima viene del griego klima, que hace referencia a la inclinación del Sol. Es el conjunto de condiciones ambientales de un lugar determinado, y se caracteriza por ser el promedio de los estados del tiempo, calculado mediante observaciones realizadas durante un largo periodo de entre 10 y 30 años (Adrian, 2019).

Para Miller A. (1982) indica que, "los dos factores más importantes que determinan el clima de un área son su temperatura con sus variaciones estacionales, y cantidad y distribución de la precipitación durante cada año. A su vez, las variaciones de estos factores causadas en la forma inconstante en que la luz del sol calienta el planeta, el comportamiento del aire a diferentes temperaturas, la rotación de la tierra sobre su eje inclinado, las corrientes oceánicas, la composición química de la atmosfera y la troposfera".

Es el tiempo atmosférico que explica las condiciones de la atmosfera en un lugar determinado, para un periodo de tiempo relativamente corto, que puede ser minutos, días o semanas, este estado de la atmosfera se evalúa en términos de, temperatura,

humedad, precipitación, nubosidad, visibilidad y viento (Amador y Alfare, 2009). Así mismo, en este escenario es de esperar que el cambio climático en el Perú se exprese de forma diferenciada. Hay zonas en las que las temperaturas y precipitaciones aumentan, otras en las que disminuyen, zonas beneficiadas y zonas perjudicadas en las que vemos la imposibilidad de hablar de un efecto central del cambio climático (SENAMHI, 1999).

### **2.2.2. Variabilidad climática**

Se considera que la variabilidad del clima es fundamentalmente el resultado de dos efectos: Las variaciones generadas como respuesta a cambios en forzamientos externos y las provocadas por interacciones entre los propios componentes del sistema climático. Los forzamientos externos pueden tener origen astronómico o terrestre. Entre los primeros se incluyen, por ejemplo, las variaciones de la intensidad de la radiación solar o de los parámetros orbitales de la Tierra, y entre los segundos las alteraciones en la concentración atmosférica de los “gases invernadero” o en las características de los suelos. Por ejemplo, las variaciones estacionales del clima están claramente relacionadas con forzamientos astronómicos externos, pero hay otras variaciones que ocurren debido a causas internas, independientemente de cualquier cambio en tales forzamientos. Así, el pasado invierno no fue exactamente igual que el anterior, ni será igual al actual, a pesar de que el forzamiento solar en esos tres años sea idéntico. Las causas internas de la variabilidad climática se asocian a la multitud de realimentaciones e interacciones entre los componentes del sistema, que generan inestabilidades u oscilaciones en su estado (Castro y otros, 2005).

A nivel local, el estudio de la variabilidad climática permite analizar los impactos de la variación del clima o del cambio climático, pues se sitúa en una escala temporal y espacial adecuada. La variabilidad climática no presenta un problema en sí misma, pero sumada al cambio climático en algunos casos y sobre todo en poblaciones pobres aumenta la vulnerabilidad de éstas (Torres y Gomez, 2008).

En una escala temporal mayor, se encuentra la variabilidad estacional anual que es la fluctuación del clima a nivel mensual. "La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias está asociada con la secuencia de las estaciones de invierno,

primavera, verano y otoño; mientras que en las latitudes tropicales está relacionada con la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas (Montealegre, 2004 y Vasquez, 2009).

El Niño en el Perú está asociado con fuertes precipitaciones en la costa norte durante el calentamiento anómalo estacional de las aguas superficiales del mar en el extremo oriental del océano Pacífico y contiguo a la costa norte del Perú. El término "Fenómeno El Niño" [actualmente denominado Evento] recién empezó a utilizarse en la década de 1960, por los investigadores de Perú y Ecuador, cuando se tuvo disponible una mayor información de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región ecuatorial del Pacífico y a partir de ello, Bjerknes en sus estudios presentó evidencias del calentamiento del Pacífico ecuatorial que relacionó con el calentamiento de la costa peruana y los cambios a escala planetaria de la atmósfera, la "Oscilación del Sur" (Lagos, 2008).

### **2.2.3. Cambio global, calentamiento global y cambio climático**

Sin embargo, los impactos del cambio climático no conllevan siempre necesariamente una disminución de la producción agrícola. Por ejemplo, en el sudeste de América donde se esperan mayores precipitaciones la productividad agrícola y las cosechas podrían mantenerse, e incluso aumentar, de aquí a 2050 (IPCC, 2013). Otros términos que son relevantes de explicar para entender el desarrollo de esta investigación son los referidos a los cambios en el clima producto de las actividades humanas. A nivel global ciertos autores utilizan los términos cambio global, cambio climático y calentamiento global (Torres y Gomez, 2008).

Sin embargo, el cambio climático plantea una seria amenaza para la biodiversidad y los ecosistemas de la región, que además proporcionan importantes servicios ambientales a la sociedad. Y es que el 46% de la superficie de Iberoamérica, casi la mitad, está cubierta por bosques, de los cuales el 75% son bosques primarios, representando más de la mitad (57%) de los bosques primarios de todo el mundo, y siendo la selva amazónica el bosque primario más extenso del planeta (CEPAL, 2017). Por último, luchar contra el cambio climático significa movilizar y re-canalizar inversiones hacia la mitigación y la adaptación. En esta tarea los ministerios de medio ambiente, los de economía y finanzas, así como los actores no gubernamentales tienen

roles fundamentales que jugar. En general, casi todos los países están trabajando en dos direcciones: anclar las funciones en el sistema nacional en un departamento y transversalizar las prioridades en las diferentes instituciones del país (ODI, 2014).

Por otro lado, el calentamiento global es definido como un fenómeno observado que registra un aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre y de los océanos (PNUD, 2007), provocando un deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar (IPCC, 2007), ocasionados fundamentalmente por acción del hombre (PNUD, 2007). En su informe de síntesis el IPCC (2007) señala que “la mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado de las concentraciones de GEI antropogénicos. Así, podemos ver cómo, en primer lugar, la desigualdad aumenta la exposición de los grupos sociales desfavorecidos a los efectos adversos del cambio climático; en segundo lugar, la desigualdad aumenta la susceptibilidad de los grupos desfavorecidos a los daños; y en tercer lugar, la desigualdad disminuye la capacidad relativa de estos grupos para hacer frente y recuperarse de los daños que sufren (Islam & Winkel, 2017).

Es probable que se haya experimentado un calentamiento antropogénico apreciable en los últimos 50 años, en promedio para cada continente (exceptuada la región antártica)”. El IPCC señala mediante diversos estudios que las emisiones de GEI refuerzan este calentamiento y sus impactos, pero a pesar de ello, no ha sido capaz de aseverar que la elevación de la temperatura puede ser atribuida sólo a la actividad humana. En el Perú, la (CNCC, 2002) trata el cambio climático partiendo del efecto invernadero. Señala que el efecto invernadero es un fenómeno natural necesario para la vida en la Tierra, sin él, la temperatura sería de  $-18^{\circ}\text{C}$  y no tendríamos agua en forma líquida, ya que este proceso permite absorber parte de la radiación solar que es reflejada en la Tierra, permitiendo que la temperatura promedio del planeta sea aproximadamente  $15^{\circ}\text{C}$ .

El MINAM (2010) señala que en él, Perú los impactos del cambio climático generan los siguientes efectos: 1) El cambio en los patrones de lluvia. 2) La elevación del nivel del mar. 3) El derretimiento de los glaciares. 4) Las olas de calor que contribuyen a la expansión de enfermedades. 5) El aumento de las temperaturas intensifican la expansión de plagas e incendios forestales. 6) La frecuencia e intensidad de los

desastres climáticos es mayor. 7) El Evento El Niño será más frecuente e intenso. 8) La sabanización del Amazonas podría producir millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. 9) La biodiversidad se reduce y algunas especies están en peligro de extinción.

El término climático de sequía hace referencia a la falta o escasez de agua o a una precipitación inferior en una región determinada, no correspondiendo ese estado hídrico a la situación habitual de la zona (Fernández, 1996). Para evaluar la incidencia de la sequía sobre la actividad agrícola es necesario conocer el agua disponible, dependiente no sólo de la precipitación, sino también de la evaporación (Fernandez, 1996). En este sentido se considera sequía “a las condiciones de un balance entre la precipitación y evapotranspiración (evaporación más transpiración) en una zona en particular, referente a una condición percibida como “normal”. En este caso también se refiere al tiempo de ocurrencia, por ejemplo, si la estación lluviosa se retrasa o cambia la intensidad de las lluvias o la cantidad de días lluviosos. También tiene en cuenta el déficit de agua en el suelo, reducción del agua de subsuelo o niveles de reservorio. Las sequías pueden ser más severas si se presentan condiciones como altas temperaturas, fuertes vientos y relativamente poca humedad (Silva, 2007).

Las heladas se presentan cuando la temperatura del aire existente en las cercanías del suelo o superficie alcanza un valor por debajo de 0°C (Alva, 2005: 264; Fuentes, 2000:45; Huamani, 2005:9). “Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el Sol” (Huamani, 2005). Suceden con mayor facilidad en invierno cuando hay días con fuerte insolación y noches en calma con cielo despejado, que permiten que la tierra pierda más calor por irradiación, estas heladas son conocidas como “heladas radiactivas”. Como las heladas afectan a los cultivos, limitando la actividad agrícola, esos meses de invierno se destinan a cosecha y al barbecho. Sólo excepcionalmente y en algunos lugares con riego, se realizan labores de siembra y cultivo, aprovechando que la helada no afecta de manera continua sino a trechos y más en las llanuras que en las tierras inclinadas. También pueden darse heladas con cielo cubierto, esto puede darse incluso en temporada de lluvias, estas heladas son conocidas como “heladas advectivas” (Silva, 2007).

Las heladas que generalmente se producen en la zona de estudio son las de radiación. Estas se originan cuando hay enfriamiento intenso de la superficie terrestre durante las noches con cielo despejado y sin viento, por lo que se pueden alcanzar temperaturas



negativas en la superficie terrestre y el aire que se asienta sobre ella. En este caso el vapor de agua contenido en el aire forma escarcha sobre la superficie terrestre y los objetos situados sobre ella. Cuando estas heladas se producen en primavera pueden causar graves daños a los cultivos. (Huamaní, 2005:10; Fuentes, 2000: 45-46). En cuanto a la severidad de las heladas, según los estudios realizados para el Atlas de Heladas del Perú, en la zona de estudio estas son entre heladas suaves ( $0.0^{\circ}\text{C} < T \leq 3.0^{\circ}\text{C}$ ) y heladas agronómicas ( $3.0^{\circ}\text{C} < T \leq 6.0^{\circ}\text{C}$ ) (Huamani, 2005).

### **2.2.3.1. Cambio climático**

Según CEPAL (2016) manifiesta, que el cambio climático y el rápido aumento de la desigualdad se encuentran entre los principales factores de riesgo en el mundo de hoy. En la mayoría de los países del mundo la desigualdad ha aumentado de manera muy significativa en las últimas décadas. Si bien es cierto que en América Latina se produjeron reducciones importantes en algunos países, también hay que resaltar que muchas veces los niveles de desigualdad de partida eran de los más altos del mundo, que en algunos lo siguen siendo, y que desafortunadamente estas mejoras se han ralentizado desde 2015. Sin embargo (CEPAL, 2017). La estructura económica, especialmente dependiente del sector agrícola de algunos países, hace que estos sean más vulnerables al cambio climático. Así, Nicaragua, Honduras, Guatemala y El Salvador en Mesoamérica, y Paraguay y Bolivia en América del Sur, tienen una alta dependencia del sector agrícola para generar riqueza y empleo, por lo que presentan una vulnerabilidad extrema al cambio climático considerando con su capacidad de adaptación.

El cambio climático es definido como un cambio estable y durable es la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio (por ejemplo, más o menos eventos climáticos extremos). El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre. El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar.

En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término "cambio climático" ha llegado a ser sinónimo de "calentamiento global antropogénico". En las revistas científicas, calentamiento global se refiere a los aumentos de temperatura superficial, mientras que cambio climático incluye al calentamiento global y todos los otros aspectos sobre los que influye un aumento de los gases invernadero.

### **2.2.3.2. Calentamiento global**

Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la tierra, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro. Se ha observado un aumento de aproximadamente  $0.8^{\circ}\text{C}$ , en los últimos 30 años. La mayor parte de la comunidad científica asegura que hay más de un 90% de certeza que el aumento se debe al incremento de las concentraciones de gases invernadero por las actividades humanas que incluyen deforestación, quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas conclusiones son avaladas por las academias de ciencia de la mayor parte de los países industrializados (Aqize & Taylor, 1983).

El término calentamiento global se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro. Si se revisa el gráfico de las temperaturas de la superficie terrestre de los últimos 100 años, se observa un aumento de aproximadamente  $0.8^{\circ}\text{C}$ , y que la mayor parte de este aumento ha sido en los últimos 30 años. Nadie pone en duda el aumento de la temperatura global, lo que todavía genera controversia es la fuente y razón de este aumento de la temperatura. Aun así, la mayor parte de la comunidad científica asegura que hay más que un 90% de certeza que el aumento se debe al aumento de las concentraciones de gases invernadero por las actividades humanas que incluyen deforestación y la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas conclusiones son avaladas por las academias de ciencia de la mayor parte de los países industrializados.

Según los estudios realizados a la fecha, los efectos del calentamiento global como su nombre lo dice- tendrán consecuencias a nivel mundial, debido a un incremento de la temperatura media global de entre  $1^{\circ}\text{C}$  y  $5^{\circ}\text{C}$  durante el presente siglo. Algunos de estos efectos como la deglaciación de los nevados de la cordillera de los andes y el

blanqueamiento de los arrecifes coralinos en Australia, ya se pueden ser observados (Labor, 2007).

Las proyecciones a partir de modelos de clima fueron resumidas en el cuarto reporte del (IPCC, 2007). Indican que la temperatura global probablemente seguirá aumentando durante el siglo XXI, el aumento sería de entre 1.1 y 2.9°C en el escenario de emisiones más bajo y entre 2.4 y 6.4°C en el de mayores emisiones. Un aumento de la temperatura global resultará en cambios como ya se están observando a nivel mundial, podemos enumerar:

- a) Aumento de los niveles del mar
- b) Cambios en el patrón y cantidad de precipitaciones
- c) Expansión de los desiertos subtropicales.

El aumento de la temperatura se espera será mayor en los polos, en especial en el Ártico y se observará un retroceso de los glaciares, hielos permanentes y hielo en los mares. Otros efectos incluirían clima extremo más frecuente, lo que incluye sequías, olas de calor y precipitaciones fuertes. Se esperan extinciones de especies debido a los cambios de temperatura y variaciones en el rendimiento de las cosechas. Se postula que, si el aumento de la temperatura promedio global es mayor a 4°C comparado con las temperaturas preindustriales, en muchas partes del mundo ya los sistemas naturales no podrán adaptarse y, por lo tanto, no podrán sustentar a sus poblaciones circundantes. En pocas palabras, no habrá recursos naturales para sustentar la vida humana.

#### **2.2.4. Relación hombre clima, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación**

Entonces si bien los saberes locales no comparten, necesariamente la metodología de la ciencia, en ambos casos tienen como objetivo solucionar problemas y encontrar respuestas o mecanismos válidos. Esto se evidencia en la relación de las culturas andinas con el clima. Como indica (Gomez, 2007), la variabilidad climática es natural en la zona andina, con una presencia de 10 mil años, relacionada a eventos meteorológicos periódicos como las granizadas, heladas y sequías. Por tanto, los cambios microclimáticos influenciados por el cambio climático en las zonas altoandinas del Perú, pueden ser enfrentados mediante las estrategias de adaptación de los individuos (Torres y Gomez, 2008).

Por otro lado, existe una distinción de los diferentes tipos de adaptación, los principales son: 1) Adaptación anticipadora; que tiene lugar antes de que se observen efectos del cambio climático. Se denomina también adaptación proactiva. 2) Adaptación autónoma; que no constituye una respuesta consiente a estímulos climáticos, sino que es desencadenada por cambios ecológicos de los sistemas naturales o por alteraciones del mercado o del bienestar de los sistemas humanos. Se denomina también adaptación espontánea. 3) Adaptación planificada; resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basada en el reconocimiento de que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o para alcanzarlo (IPCC, 2007: 103).

### **2.2.5. El efecto invernadero**

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite mantener estable la temperatura promedio, en el planeta, de tal manera que posibilita el desarrollo de las actividades que realizamos día a día siendo indispensable para la vida en nuestro planeta. Éste proceso natural es fundamental, puesto que permite desarrollar condiciones habitables en el planeta, resultando en una temperatura promedio en la Tierra, en el cual la atmósfera retiene calor al absorber rayos infrarrojos gracias a los gases denominados “de efecto invernadero”. La radiación infrarroja emitida hacia el espacio se origina a una altitud en que la temperatura es de  $-19^{\circ}\text{C}$ , como promedio, en equilibrio con la radiación solar incidente neta, mientras que la superficie de la Tierra se mantiene a una temperatura mucho más alta, de  $14^{\circ}\text{C}$ , como promedio (OMM, 2001).

Todo este proceso recibe el nombre de efecto invernadero y lo causa en gran parte el gas de efecto invernadero predominante: el vapor de agua, que tiene una permanencia de 8 días en la atmósfera. Mientras que la temperatura se incrementa, se evapora más agua de los océanos, los lagos y el suelo; asimismo, una atmósfera más cálida puede retener una mayor cantidad de vapor de agua, y cuanto más calor haga mayor será el contenido de vapor de agua del aire y el calentamiento producido por el efecto invernadero (Lowenthal, 1961).

Por su parte, las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) muestran niveles sin precedentes en los últimos 800.000 años (IPCC,

2013a). Las concentraciones de CO<sub>2</sub> han aumentado de 280 partes por millón (ppm) en la era preindustrial a alrededor de 396 ppm en 2013 (Tans & Keeling, 2014), lo que se deriva fundamentalmente de la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo. Las concentraciones de metano aumentaron de aproximadamente 700 partes por mil millones (ppmm) en la era preindustrial a entre 1.758 y 1.874 ppmm en la actualidad, y el óxido nitroso aumentó de 270 ppmm a 324 ppmm. Además, alrededor del 30% del CO<sub>2</sub> antropogénico ha sido absorbido por los océanos, lo que ha provocado su acidificación (IPCC, 2013a).

Según rojas (2013) anuncia, que otros contaminantes generados por la combustión incompleta como el monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC), el material particulado (PM), o los provenientes de la oxidación de las especies no combustibles presentes en la cámara de combustión (NOX proveniente del N<sub>2</sub> contenido en el aire, SOX proveniente del azufre en el combustible y lubricantes, etc.), que causan o contribuyen a la contaminación del aire local o regional.

#### **2.2.6. Gases de efecto invernadero.**

a) **Dióxido de carbon (CO<sub>2</sub>).** Procedentes de la utilización de combustibles fósiles, se cree que es el responsable del 60% del efecto invernadero. La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha ido aumentando alrededor de un 0,3% cada año y actualmente es alrededor de un 30% mayor que antes de la revolución industrial. Una característica de este gas es su permanencia en la atmósfera alrededor de 100 años, mientras que la de vapor de agua es de sólo ocho días.

Por otro lado el dióxido de carbono contribuyen aproximadamente 64% al forzamiento radiactivo, dicho gas se libera de forma natural por erupciones volcánicas y respiración animal y vegetal, sin embargo, es el gas de efecto invernadero más importante emitido por actividades humanas incrementando la concentración de este en 30%. Este gas se origina por procesos como combustión u oxidación de materiales que contienen carbono (carbón, madera, aceites, algunos alimentos); por la fermentación de azúcares, y por la descomposición de los carbonatos bajo la acción del calor o los ácidos a través del ciclo del carbono (Rodas, 2014).

- b) **Metano (CH<sub>4</sub>).** El metano es también un gas de efecto invernadero generado durante los procesos de combustión en los vehículos. Tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del bióxido de carbono (Iniestra y otros 2009).
- c) **Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O).** Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el bióxido de carbono (Iniestra y otros 2009).
- d) **Otros gases.** Otros gases y partículas, como el ozono y gases fluorados, entre ellos los hidrofuro o carbonos (HFC), perfluor o carbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), contribuyen al efecto invernadero con el 20% restante. La intensificación del efecto invernadero por el incremento de las concentraciones de los gases que lo producen, provoca un calentamiento adicional de la atmósfera baja y de los océanos y funde el hielo de los glaciares y los casquetes polares. Este proceso es muy lento y parece irreversible, con lo cual se estaría generando un cambio climático de difícil control.

Las emisiones de gases de efecto invernadero producto de las actividades humanas se han incrementado intensamente desde la revolución industrial; como resultado de estas anomalías, la concentración de dichos gases en la atmósfera ha logrado niveles nunca vistos, lo que puede venir provocando alteraciones en el clima desconocidas hasta la fecha. El siglo XX se ha caracterizado por el mayor incremento poblacional y en el uso de algunas sustancias nuevas tales como los agroquímicos, denominación que incluye fertilizantes sintéticos (úrea, nitratos, cloruros, sulfatos, fosfatos, etc.), pesticidas sintéticos (siendo el más famoso y altamente peligroso el DDT). Los efectos adversos del cambio climático están íntimamente relacionados con las emisiones de dióxido de carbono, siendo los países ricos los que contribuyen en mayor proporción a tal propósito.

Analizando las emisiones de dióxido de carbono per capitase puede ver que un habitante de los Estados Unidos de Norteamérica emitió 20,1 toneladas, mientras que en el Perú un habitante sólo emitió 1 tonelada, esto es la vigésima parte de lo que gasta un habitante de los EE. UU. Evaluando el aporte de las emisiones al total mundial, el Perú llega a 0,1% mientras que los EE. UU alcanzan el 24,4%, esto es más de 200

veces que el Perú. Del punto de vista socioeconómico y político, las decisiones para cambiar significativamente la evolución del clima en el futuro dependen de las decisiones de los países ricos que son los principales emisores de gases de efecto invernadero, por la forma en que gestionan sus recursos; los países pobres, en cambio, son más eficientes en el uso de sus recursos, utilizan energías renovables, y gestionan adecuadamente sus prácticas agrarias y ganaderas (Barrera, 1987).

### III. MÉTODOLÓGIA

#### 3.1. Características del área de estudio.

El distrito de Cuyocuyo está ubicado en la provincia de Sandía del departamento de Puno, la capital de distrito está localizada a una altitud de 3401 m.s.n.m, situada a 201.32 Km. de distancia de la ciudad de Juliaca, y está entre los paralelos 14°28' 00" de latitud sur y 69°32' 06" de longitud oeste.

##### 3.1.1. Límites.

Los límites e distrito de Cuyocuyo, por el norte distritos de Patarnbuco y Sandía, por el sur distrito de Ananea provincia de San Antonio de Putina, por el este distrito de Quiaca y por el oeste distrito de Crucero provincia de Carabaya.

##### 3.1.2. Extensión.

Tiene un área de 633,863.5 km<sup>2</sup> que se extiende desde el altiplano, hasta zonas cercanas a los 3.000 msnm. y mínima hasta 5,000 msnm como máximo. El terreno es accidentado, con laderas escarpadas. El distrito abarca 7 comunidades campesinas, 7 sectores y/o anexos. Además cuenta varios caseríos como: Ajapata, Amayani, Apacheta, Baltimore, Ccaquencurani, Chullunquiani, Culitira, Ccunoni, Huallitira, Huarini, Huayrapata, Jebana, Kaykone, Limata, Maranserani, Pajchacuchu, Pajchani, Phorojoni Pocuri, Sallacco, San Bartolomé, Santa Fé, Saytococho, Suracucho, Tambillopata, Ticani, Tincopalca, Tinta Huarana, Yahuarjan y otros.

##### 3.1.3. Vías de comunicación y accesos.

Tabla 1: Vías de comunicación y accesos a la localidad de Cuyocuyo

De	A	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Frecuencia	Transprte
Puno	Juliaca	42.8 Km	45: min.	Asfalto	Diario	Minibus/combis
Juliaca	Cuyocuyo	201.32 Km	5: horas	Asfalto	Diario	Minibus/combis/buses

Fuente: Elaboración propia.



#### **3.1.4. Población.**

El área de sudiocuenta aproximadamente con 5024 habitantes, que están divididos en 07 comunidades, esto perteneciente a la zona alta del distrito de Cuyocuyo; la mayor concentración de la población está en la comunidad de Puna Ayllu, Ura Ayllu, Cojene – Rotojoni, Ñacoreque, Huancasayani, Kallpapata y Punalaqueque.

#### **3.1.5. Actividades económicas.**

Las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería, artesanía y el cultivo de productos agrícolas tales como papa, habas, oca, maíz, papa liza y cebada los cuales son aprovechados por los productores; puesto que la producción es limitada debido a los factores climatológicos y de la tecnología empleada. Así mismo se desarrolla la crianza de ganadería, como vacuno, ovino, animales menores (Gallinas, Cuyes) en menor escala, esta actividad les reporta un ingreso económico familiar. En cuanto a la artesanía mayormente se ocupan las mujeres con los tejidos de Ilijllas, chuspas, frazadas de lana y fajas de lana.

#### **3.1.6. Topografía de la zona.**

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Cuyocuyo tiene variaciones extremas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 1.139 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 4.005 metros. En un radio de 16 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (3.163 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (5.294 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de Cuyocuyo está cubierta de arbustos (81 %), en un radio de 16 kilómetros de arbustos (61 %) y pradera (17 %) y en un radio de 80 kilómetros de arbusto (35%) y arboles (32%).

### **3.2. Clima.**

En Cuyocuyo, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es frío durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -6 °C a 11 °C y rara vez baja a menos de -8 °C o sube a más de 13 °C.

### 3.2.1. Radiación solar.

La duración del día en Cuyocuyo varía durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de junio, con 11 horas y 16 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 59 minutos de luz natural. La salida del sol más temprana es a las 4:58 el 22 de noviembre, y la salida del sol más tardía es 1 hora y 5 minutos más tarde a las 6:04 el 10 de julio. La puesta del sol más temprana es a las 17:15 el 31 de mayo, y la puesta del sol más tardía es 59 minutos más tarde a las 18:14 el 21 de enero.

### 3.2.2. Temperatura.

La temporada templada dura 2,2 meses, del 7 de octubre al 13 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 10 °C. El día más caluroso del año es el 31 de octubre, con una temperatura máxima promedio de 11 C y una temperatura mínima promedio de 1 °C. La temporada fría dura 2,1 meses, del 7 de enero al 11 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 9 C. El día más frío del año es el 17 de julio, con una temperatura mínima promedio de -6 C y máxima promedio de 10 C.

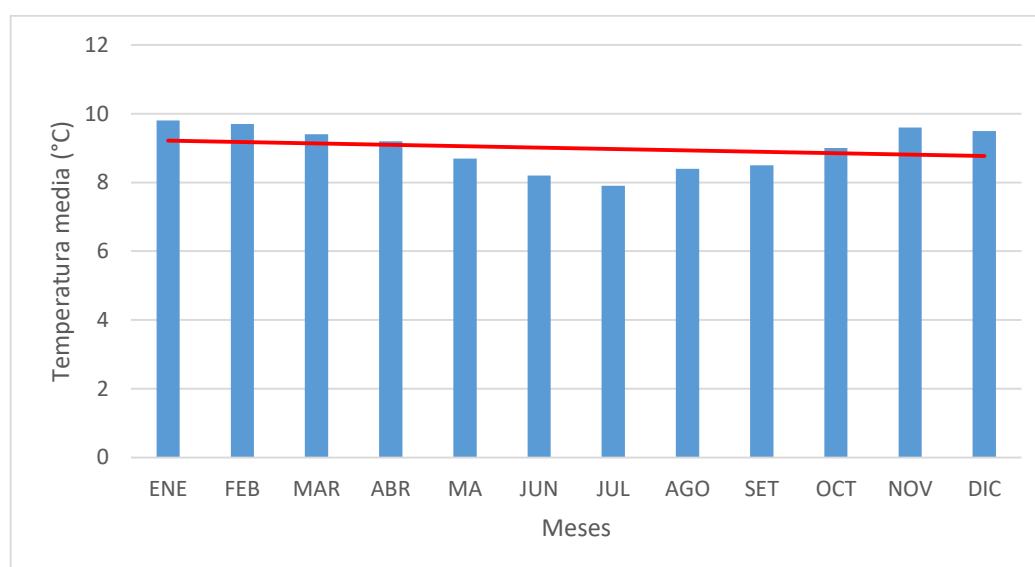


Figura 2: Temperatura media de la estación meteorológica de Cuyocuyo.

Fuente: SENAMHI Puno.

### 3.2.2.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste temperatura media mensual

El diagrama del modelo de doble masa considera zona meteorológica de Cuyocuyo, los valores de temperatura media que ocurren en diferentes puntos de esa zona en periodos anuales, guardan una relación de proporcionalidad que puede representarse gráficamente, tal como se muestra en la figura siguiente:

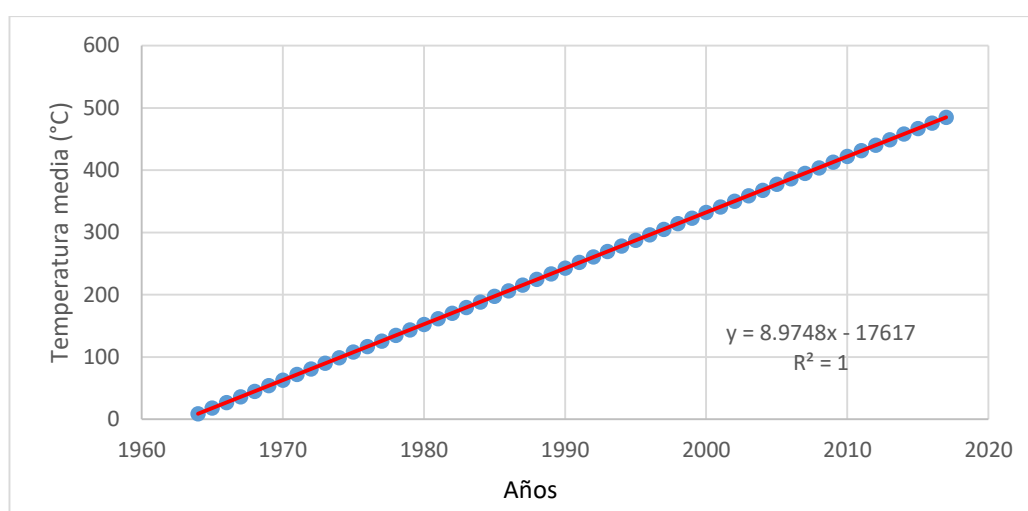


Figura 3: Diagrama de doble masa de descargas de temperatura media anuales.  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, muestra consistencia aceptable para el proceso de modelamiento de regresión cuadrática múltiple.

La prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta estación meteorológica cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. En este caso es necesario las medidas de bondad en general resume la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado  $\Delta c = 0.1537$ , es menor que el delta tabular  $\Delta t = 0.3635$ . Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%, Se obtuvieron como parámetros de la distribución normal con momentos ordinarios: cuyo parámetro de localización ( $X_m$ )= 9.0357; parámetro de escala ( $S$ )= 0.2098; y con momentos lineales: media lineal ( $X_l$ )= 9.0357 y desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 0.2074.

### 3.2.3. Precipitación pluvial

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Cuyocuyo varía muy considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 5,0 meses, de 3 de noviembre a 5 de abril, con una probabilidad de más del 34 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 60 % el 14 de enero. La temporada más seca dura 7,0 meses, del 5 de abril al 3 de noviembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 8 % el 23 de julio.

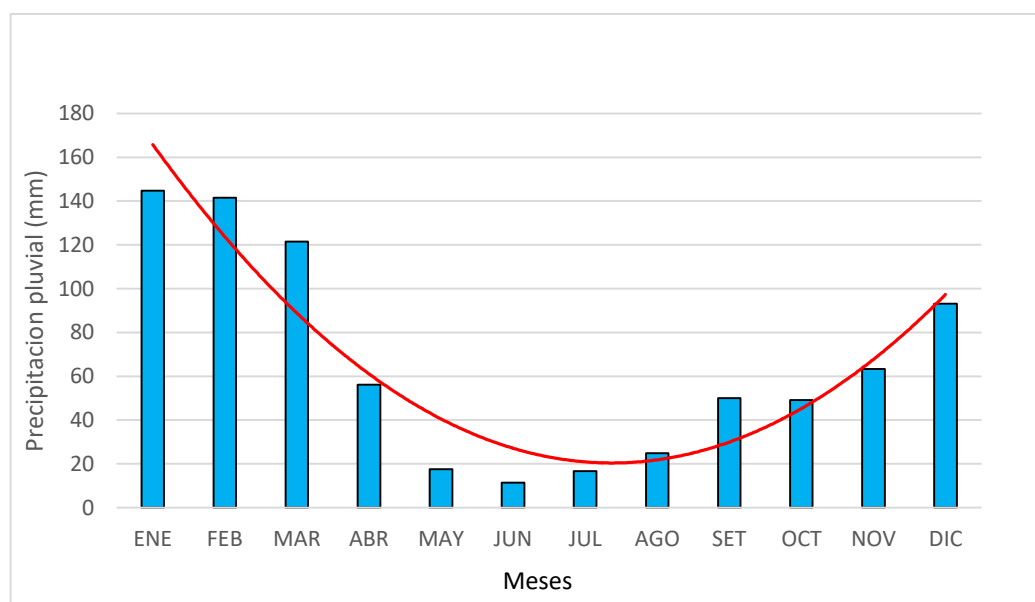


Figura 4: Precipitación pluvial total mensual de la estación de Cuyocuyo.  
Fuente: SENAMHI Puno

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 58 % el 14 de enero.

#### 3.2.3.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste precipitación total.

Los hidrogramas de las series respectivas se realizó el análisis de doble masa. El diagrama de doble masa se obtuvo ploteando en el eje de las abscisas el volumen anual promedio acumulado de precipitaciones de las estaciones en unidades de mm y en el eje de las ordenadas los volúmenes anuales acumulados de la variable hidrológica en unidades en mm de las estaciones consideradas en el presente estudio. De los gráficos

de doble masa se selecciona una estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, la cual se usó como estación base para el análisis de otras estaciones. En este análisis, los errores producidos por los fenómenos naturales y sistemáticos son detectados mediante los “quiebres” que se presentan en los diagramas y permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se debe corregirse utilizando ciertos criterios estadísticos.

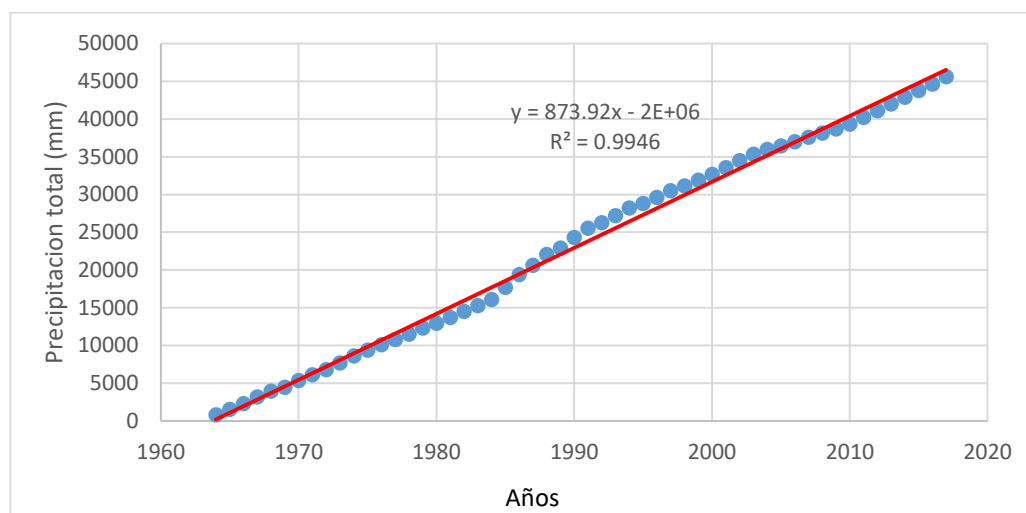


Figura 5: Diagrama de doble masa de descargas de precipitación total anuales.

Fuente: Elaboración propia

La prueba de bondad de ajuste de un modelo estadístico describe cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. Las medidas de bondad en general resumen la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado es  $\Delta_c = 0.1204$ , es menor que el delta tabular  $\Delta_t = 0.1834$ . Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%. Se obtuvieron como parámetros de la distribución Gumbel con momentos ordinarios: cuyo parámetro de localización parámetro de posición ( $\mu$ )= 58.7978; parámetro de escala (alfa)= 17.8124; y con momentos lineales: parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 59.5259; parámetro de escala (alfa)= 16.5509.

### 3.2.4. Humedad relativa

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A

diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda. El nivel de humedad percibido en Cuyocuyo, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %.

### 3.2.4.1. Análisis de doble masa y bondad de ajuste humedad relativa mensual

Con este método se analiza la consistencia de serie de valores de elemento climáticos medido en la estación. Este sistema de homogenización de series, se utiliza cuando puede suceder un cambio relativo en la variable observada, medida o registrada en una estación meteorológica. Si tomamos por caso la humedad relativa, en el análisis de dobles masas. Graficando este variable observamos.

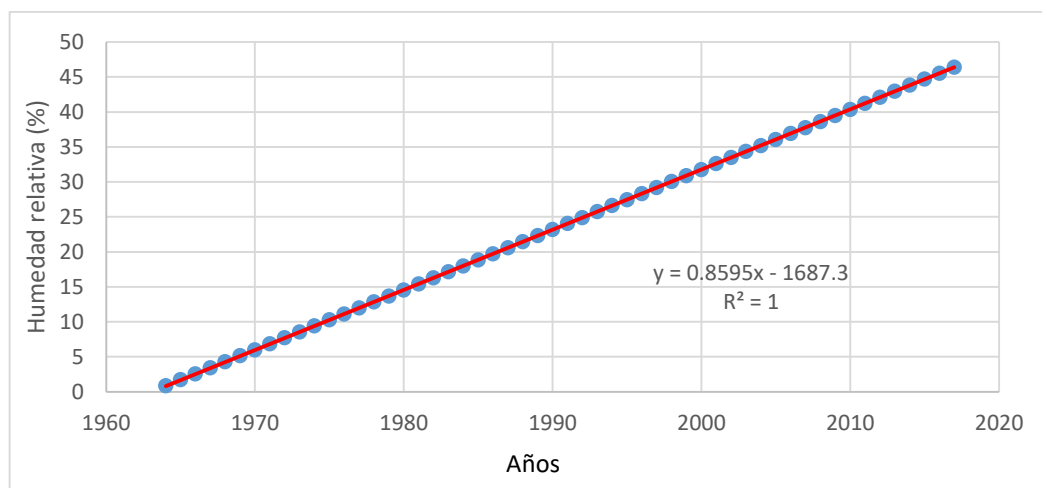


Figura 6: Diagrama de doble masa de humedad relativa anuales.

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta estación meteorológica cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. En este caso es necesario las medidas de bondad en general resume la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado  $\Delta c = 0.1358$ , es menor que el delta tabular  $\Delta t = 0.1851$ . Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%, se obtuvieron como parámetros de la distribución gumbel con momento ordinarios: cuyo parámetro de localización ( $\mu$ )= 83.918;

parámetro de escala (alfa)= 0.881; y con momentos lineales: parámetro de posición ( $\mu$ )= 83.9467; parámetro de escala (alfa)= 0.8312.

### 3.3. Serie de datos de producción de cultivos

Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, para analizar la consistencia en relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta de doble masa.

El método de doble masa considera que en una zona meteorológica homogénea, los valores de producción que ocurren en diferentes puntos de esa zona en períodos anuales o estacionales, guardan una relación de proporcionalidad que puede representarse gráficamente. Esa representación consiste en identificar el rendimiento que queremos controlar, tomando los valores anuales de producción.

#### Papa

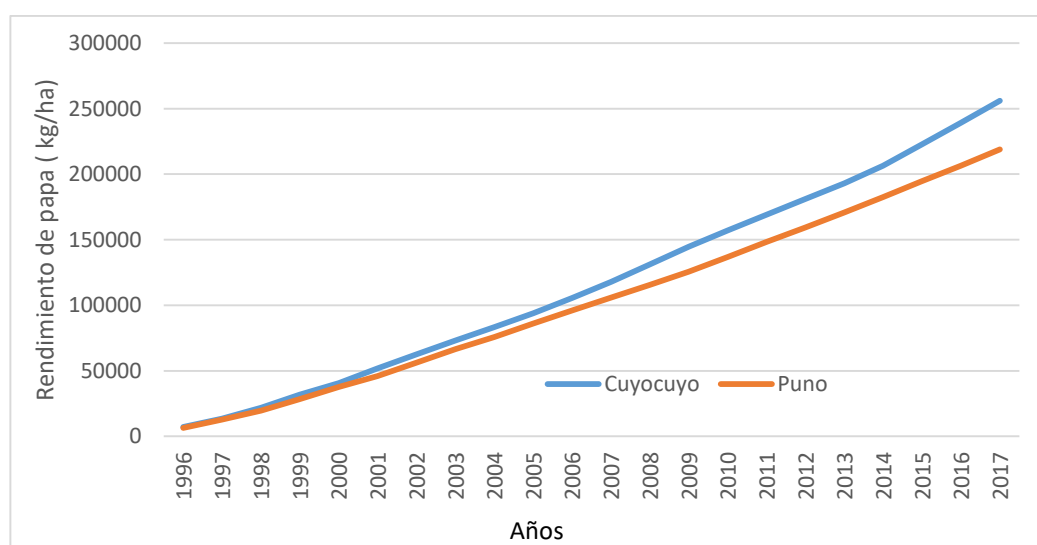


Figura 7: Comparativo de doble masa de papa entre valores de Cuyocuyo y Puno.

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta estación meteorológica cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. En este caso es necesario las medidas de bondad en general resume la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado  $\Delta c = 0.1695$ , es menor que el delta tabular  $\Delta t = 0.1851$ . Los datos se ajustan a la distribución Normal,

con un nivel de significación del 5%, Se obtuvieron como parámetros de la distribución normal con momentos ordinarios: cuyo parámetro de localización parámetro de localización ( $X_m$ )= 11330.4356; parámetro de escala ( $S$ )= 1230.1716; y con momentos lineales: Media lineal ( $X_l$ )= 11330.4356; desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 1115.4827.

## Haba

Aplicando el análisis de doble masa datos anuales de producción, cuando se quiere comprobar si los registros del rendimiento, anuales o mensuales, no han sufrido variaciones que conduzcan a valores erróneos, se utiliza la técnica de doble masa. Esas variaciones pueden ser por un cambio en la ubicación del instrumental, una variación en las condiciones periféricas del lugar de medición o un cambio del observador que efectúa las lecturas.

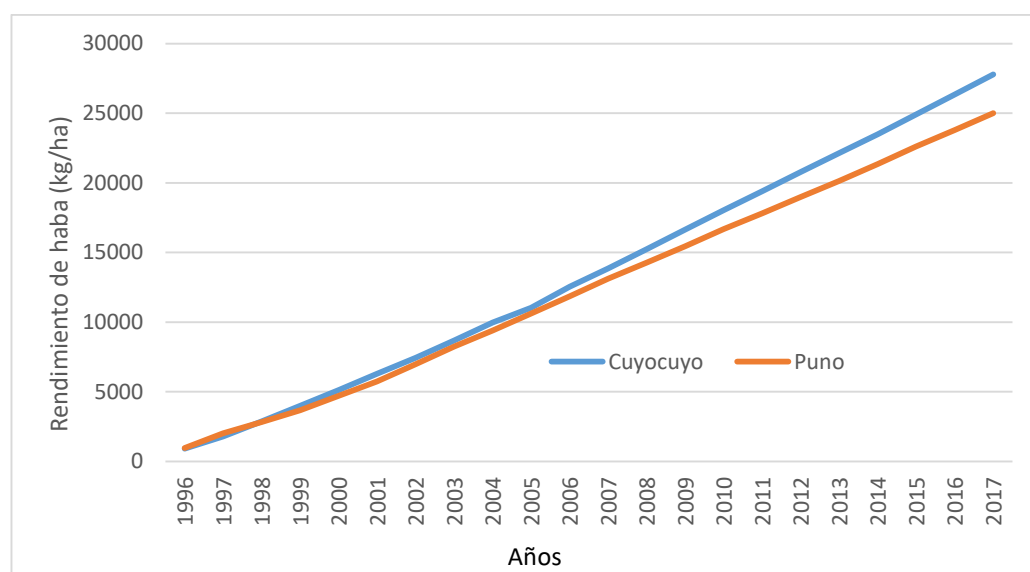


Figura 8: Comparativo de doble masa de haba entre valores de Cuyocuyo y Puno.  
Fuente: Elaboración propia

Por bondad del ajuste hay que entender el grado de acoplamiento que existe entre los datos originales y los valores teóricos que se obtienen de la regresión. Obviamente cuanto mejor sea el ajuste, más útil será la regresión a la pretensión de obtener los valores de la variable regresando a partir de la información sobre la variable regresará.

Esta prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta estación meteorológica cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. En este caso es necesario las medidas de bondad en general resume la discrepancia entre los valores



observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado  $\Delta c = 0.1441$ , es menor que el delta tabular  $\Delta t = 0.1851$ . Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5% Se obtuvieron como parámetros de la distribución normal con momentos ordinarios: cuyo parámetro de localización parámetro de localización ( $X_m$ )= 1201.6381; parámetro de escala ( $S$ )= 12.7627; y con momentos lineales: media lineal ( $X_l$ )= 1201.6381; desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 12.8126.

## Oca

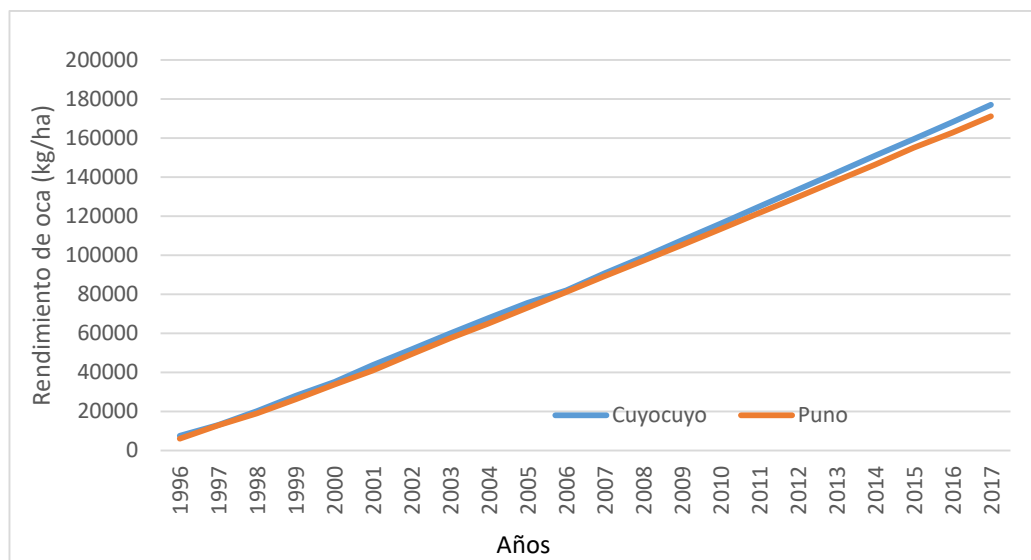


Figura 9: Comparativo de doble masa de oca entre valores de Cuyocuyo y Puno.

Fuente: Elaboración propia

La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones. Las medidas de bondad en general resumen la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Tales medidas se pueden emplear en el contraste de hipótesis

Esta prueba de bondad de ajuste, consiste en determinar si los datos de cierta estación meteorológica cuan bien se ajusta un conjunto de observaciones. En este caso es necesario las medidas de bondad en general resume la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Se ha llegado al ajuste con momentos ordinarios se concluye, que como el delta calculado  $\Delta c = 0.1758$ , es menor que el delta tabular  $\Delta t = 0.2570$ . Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5% Se obtuvieron como parámetros de la distribución

normal con momentos ordinarios: cuyo parámetro de localización Parámetro de posición ( $\mu$ )= 8097.4439; parámetro de escala (alfa)= 116.5852; y Con momentos lineales: parámetro de posición ( $\mu$ )= 8095.5644 parámetro de escala (alfal)= 119.8412.

### 3.4. Materiales meteorológicos.

Los datos meteorológicos fueron proporcionados por la Oficina del Servicio Nacional de meteorología e Hidrología de Puno (SENAMHI-157418 Cuyocuyo). Los datos meteorológicos utilizados fueron: Temperaturas medias anuales, precipitación media anual, velocidad de viento; insolación; evaporación y evapotranspiración.

### 3.5. Metodología por objetivos específicos.

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación es el método correlacional descriptivo no experimental, que consiste en la recopilación, identificación y selección de datos, para luego ser procesado con ayuda de un software estadístico de Eviews, trend, Excel y HidroEsta.

#### 3.5.1. Relación entre la rentabilidad de producción con elementos climáticos

La solución del modelo ha sido utilizando la metodología de mínimos cuadrados ordinarios, tal como se muestra en la ecuación siguiente:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 (X_1)^2 + \beta_5 (X_2)^2$$

Donde:

Y= Variable dependiente (producción)

X= Variable independiente (variabilidad climática)

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  = son parámetros de regresión cuadrática múltiple.

$\epsilon_{ij}$  : error aleatorio

#### 3.5.2. Análisis de tendencia de series históricos de la producción y climáticos

Para el análisis de tendencia se han utilizado procedimientos estadísticos paramétrica y no paramétrica, mediante la utilización del paquete estadístico de Trend 4.1, entre las pruebas utilizadas se detallan a continuación:

### 3.5.2.1. Prueba de Mann-Kendall (No paramétrica)

Los valores de la serie de tiempo  $n$  ( $X_1, X_2, X_3...X_n$ ), son remplazados por rangos relativos ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ). El estadístico es:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_i - R_{i+1})$$

Donde:

$$\text{Sgn}(X) = 1 \text{ for } X > 0$$

$$\text{Sgn}(X) = 0 \text{ for } X = 0$$

$$\text{Sgn}(X) = -1 \text{ for } X < 0$$

Si la hipótesis nula  $H_0$  es verdadera,  $S$  es aproximadamente a la distribución normal con:

$$U = 0 \quad \text{y} \quad \sigma = \mathbf{n(n - 1)(2n + 5)/18}$$

Por tanto, el estadístico  $Z$  es:  $Z = |S|/\sigma^{0.5}$

Valores críticos para varios niveles de significación se puede obtener de las Tablas de probabilidad normal. Un valor positivo de  $S$  indica que hay una tendencia creciente y viceversa.

### 3.5.2.2. Spearmans RHO (No paramétrica)

Determina si es significativa la relación entre dos variables. Al igual que la prueba de Mann – Kendall, los valores de la serie de tiempo  $n$  se sustituyen por sus filas. La RHO y la  $S$  son estadística de prueba estadística. Se obtienen en la misma forma que el coeficiente de correlación de la muestra habitual, para el uso de filas;  $X_i$  (tiempo);  $Y_1$  (variable de intereses):

$$\rho_s = S_{xy}/(S_x S_y)^{0.5}$$

$$S_x = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})$$

$$S_y = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

### 3.5.2.3. Regresión lineal (Paramétrica)

Se trata de una prueba paramétrica que supone que los datos se distribuyen normalmente. Comprueba si hay una tendencia lineal mediante un examen de la relación entre el tiempo (x) y la variable de interés (y). El gradiente de regresión se calcula por:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\alpha = \bar{Y} - b\bar{X}$$

La prueba estadística S es:  $S = b/\sigma$

Donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}}$$

La prueba estadística S sigue una distribución t de Student con n-2 grados de libertad bajo la hipótesis nula (valores críticos para varios niveles de significación se pueden obtener de Tablas estadísticas t de student). La prueba de regresión lineal asume que los datos se distribuyen normalmente y que los errores (desviaciones de la tendencia) son independientes y sigue la misma distribución normal con medio cero.

### 3.5.2.4. Autocorrelación (Paramétrica)

El coeficiente del primer retardo de la autocorrelacion se calcula como:

$$r_1 = \frac{[\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})(X_{i+1} - \bar{X})]}{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2]}$$

Si los datos de series temporales provienen de un proceso aleatorio, entonces el valor esperado y la varianza de  $r_1$  son:

$$E(r_1) = -1/n$$

$$Var(r_1) = (n^3 - 3n^2 + 4)/[n^2(n^2 - 1)]$$

Por tanto, z es el estadístico (valores estadísticos de prueba crítico para varios niveles de significación se pueden obtener de las Tablas de probabilidad normal).

$$Z = |r_1 - E(r_1)|/Var(r_1)^{0.5}$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de tendencia de rendimientos de los cultivos y elementos climáticos

#### 4.1.1. Análisis de tendencia de la producción de papa en Cuyocuyo.

Las series temporales de algunas variables aleatorias presentan una tendencia de tal manera que hay un cambio significativo a lo largo del tiempo. El análisis de tendencia de la serie hidrológica es de importancia práctica debido a los efectos del cambio climático global. Algunos procedimientos estadísticos se utilizan para la detección de las tendencias graduales en el tiempo. El propósito de las pruebas de tendencia es determinar si los valores de una variable aleatoria incrementan o disminuyen respecto a un cierto período de tiempo en términos estadísticos. Para el presente estudio se ha utilizado las pruebas paramétricas y no paramétricas para deducir si existe diferencia significativa.

Tabla 2: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de papa en Cuyocuyo.

Prueba estadística	Valor	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Result
Mann-Kendall (no paramétrica)	4.794	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Spearman's Rho (no paramétrica)	4.21	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Linear regresión (paramétrica)	9.863	1.725	2.086	2.845	S (0.01)
Auto Correlation (paramétrica)	4.019	1.645	1.96	2.576	S (0.01)

Fuente: Apoyo del Software TREND

En la tabla 2, muestran los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión, y Auto Correlación, existen alta significancia estadística, por lo tanto, existe tendencia positiva tanto para las pruebas paramétricas y no paramétricas con valores. Mann-Kendall (4.794), Spearman's Rho (4.21), Linear regresión (9.863), y Auto Correlación (4.019), tal como muestra en la tabla indicada a las probabilidades de 0.10, 0.05, 0.01 respectivamente.

El resultado neto de todos estos incrementos y decrementos de los rendimientos es el valor final de S. La tendencia de la producción de papa en el altiplano de Puno, es de características cubicas, pero sin embargo es bastante notorio que es ascendente, es decir a medida que aumenta la temperatura promedio de las diferentes estaciones meteorológicas aumenta la producción agrícola en cuanto se refiere al cultivo de papa.

El coeficiente de determinación es bastante confiable es de 82.95. Los impactos que puedan tener los cambios en las condiciones climáticas sobre el cultivo de la papa,

dependerán de múltiples factores y están relacionados directamente con la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de los sistemas de producción frente a los cambios climáticos y las variaciones de los elementos climáticos. Estos impactos probablemente conducirán a una disminución de la productividad del cultivo de la papa, pero con diferencias muy grandes entre unas regiones y otras (Arizaca, 2013).

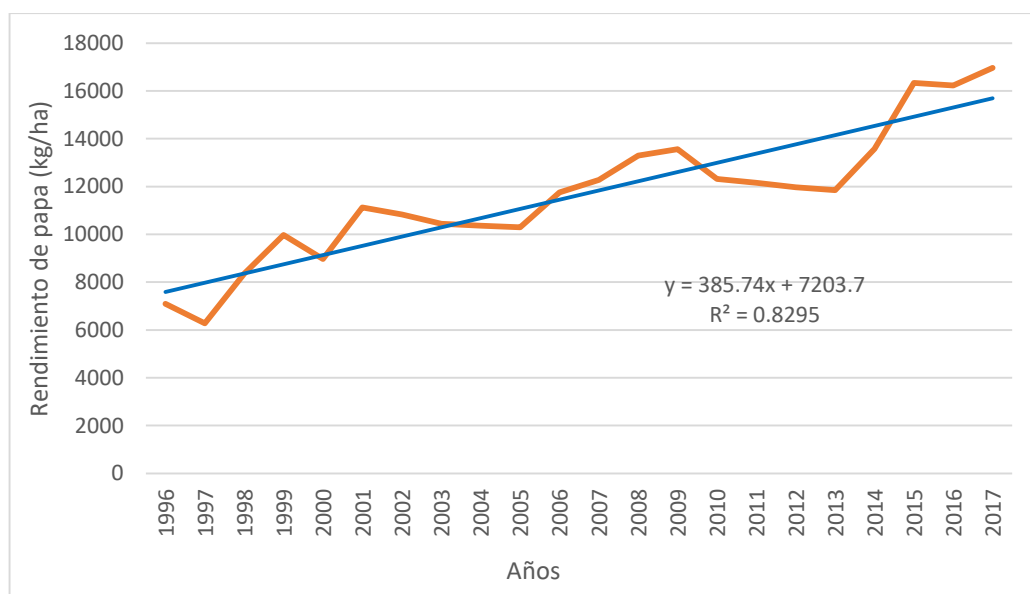


Figura 10: Diagrama de tendencia de rendimiento de papa.

Los incrementos de la temperatura atmosférica aumentan la transpiración y demanda hídrica de las plantas de papa, por lo que en aquellas zonas como el altiplano de Puno y cultivo en secano a riego se esperarían serios problemas de estrés hídrico y variaciones y disminuciones en los rendimientos, que incluso pueden conducir a la inviabilidad del cultivo. Algunas zonas, principalmente de altas altitudes y latitudes, pueden verse beneficiadas por los aumentos de temperatura, que harán aptas para el cultivo tierras en las que anteriormente el cultivo era inviable. En estas nuevas tierras, serán necesarios análisis del impacto ambiental en suelos y páramos, para entender la tolerancia de las plantas a los altos niveles de radiación ultravioleta y desarrollar el cultivo de una forma ambientalmente sostenible (Arizaca, 2013).

Rasmusson y Carpenter (1982) Afirman que, aunque los aumentos en los niveles de dióxido de carbono por si solos pueden aumentar los rendimientos de algunos cultivos como la papa, tal como lo muestran diferentes experimentos en condiciones controladas, cuando en el campo se combinen con aumentos de temperatura, de

radiación o con deficiencias hídricas, la fertilización por aumentos de CO<sub>2</sub> puede resultar no ser tan favorable.

#### 4.1.2. Análisis de tendencia de la producción de haba en Cuyocuyo.

El resultado neto de todos estos incrementos y decrementos de los rendimientos es el valor final de S. La tendencia de la producción de haba en el altiplano de Puno, es de características cúbicas, pero sin embargo es bastante notorio que es ascendente, es decir a medida que aumenta la temperatura promedio de las diferentes estaciones meteorológicas aumenta la producción agrícola en cuanto se refiere al cultivo de haba.

Tabla 3: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de haba en Cuyocuyo.

Prueba estadística	Valor	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Result
Mann-Kendall (no paramétrica)	4.455	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Spearman's Rho (no paramétrico)	3.853	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Linear regression (paramétrica)	7.172	1.725	2.086	2.845	S (0.01)
Auto Correlation (paramétrica)	3.346	1.645	1.96	2.576	S (0.01)

Fuente: Apoyo del Software TREND

En la tabla 3, muestran los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión, y Auto Correlación, existen alta significancia estadística, por lo tanto, existe tendencia positiva tanto para las pruebas paramétricas y no paramétricas con valores. Mann-Kendall (4.455), Spearman's Rho (3.853), Linear regresión (7.172), y Auto Correlación (3.346), tal como muestra en la tabla indicada a las probabilidades de 0.10, 0.05, 0.01 respectivamente.

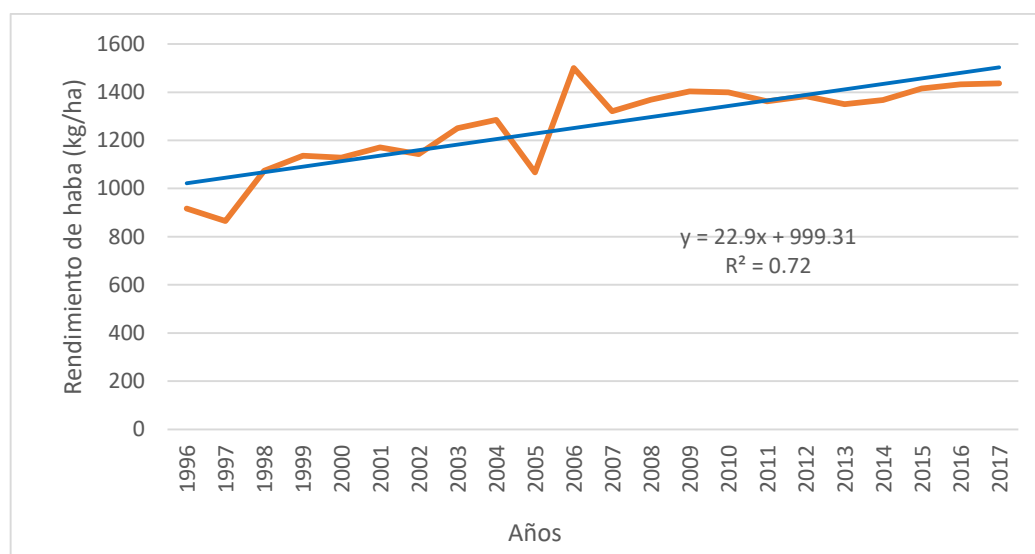


Figura 11: Diagrama de tendencia de rendimiento de haba.

En la figura 11, el coeficiente de determinación es bastante confiable es de 72%. Los impactos que puedan tener los cambios en las condiciones climáticas sobre el cultivo de la papa, dependerán de múltiples factores y están relacionados directamente con la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de los sistemas de producción frente a los cambios climáticos y las variaciones de los elementos climáticos.

Estos impactos probablemente conducirán a una disminución de la productividad del cultivo de la papa, pero con diferencias muy grandes entre unas regiones y otras. Los incrementos de la temperatura atmosférica aumentan la transpiración y demanda hídrica de las plantas de haba, por lo que en aquellas zonas como el altiplano de Puno y cultivo en secano a riego se esperarían serios problemas de estrés hídrico y variaciones y disminuciones en los rendimientos, que incluso pueden conducir a la inviabilidad del cultivo (Arizaca, 2013).

#### 4.1.3. Análisis de Tendencia de la producción de oca en Cuyocuyo.

El análisis de tendencia de la serie hidrológica es de importancia práctica debido a los efectos del cambio climático global. El propósito de las pruebas de tendencia es determinar si los valores de una variable aleatoria incrementan o disminuyen respecto a un cierto período de tiempo en términos estadísticos. En la tabla 4, se observa los resultados de las pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas cuyo resultado indica si existe alta significativa estadística.

Tabla 4: Análisis de tendencia de rendimientos del cultivo de oca en Cuyocuyo

Prueba estadística	Valor	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Result
Mann-Kendall (no paramétrica)	3.666	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Spearman's Rho (no paramétrica)	3.522	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
Linear regression (paramétrica)	4.418	1.725	2.086	2.845	S (0.01)
Auto Correlation (paramétrica)	2.46	1.645	1.96	2.576	S (0.05)

Fuente: Apoyo del Software TREND

Para el presente trabajo de investigación se han aplicado las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión, y Auto Correlación, existen alta significancia estadística, por lo tanto, hay tendencia positiva para las cuatro pruebas utilizada.



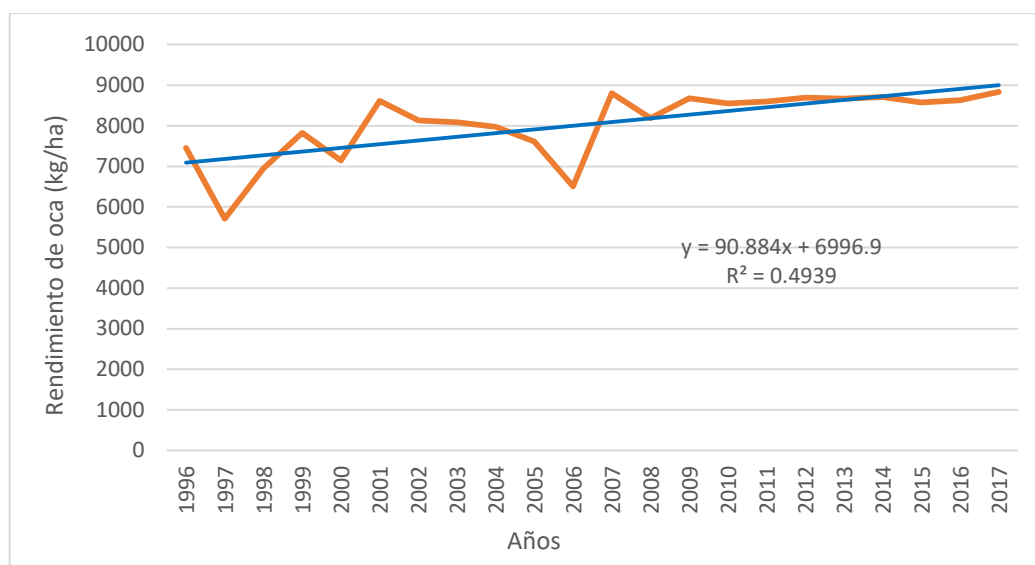


Figura 12: Diagrama de tendencia de rendimiento de oca.

En la figura 12, el coeficiente de determinación es bastante confiable es de 49.39%. Los impactos que puedan tener los cambios en las condiciones climáticas sobre el cultivo de la oca, dependerán de múltiples factores y están relacionados directamente con la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de los sistemas de producción frente a los cambios climáticos y las variaciones de los elementos climáticos.

Tabla 5: Variables predictorias de rendimientos en kg/ha, 1996 - 2017

Produccion	Coeficiente de Determinación R <sup>2</sup>	Coeficiente de correlación R	N° Datos	ESTADISTICO T		Comparativo	Tendencia Significativa
				T calculado Tc	T tabla Tt		
Papa	0.8295	0.9107	21	6.4649	1.721	[Tc] > Tt	SI
Haba	0.7200	0.8485	21	5.2460	1.721	[Tc] > Tt	SI
Oca	0.4939	0.7028	21	5.0593	1.721	[Tc] > Tt	SI

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentados en párrafos anteriores corroboramos con la tabla N° 5, donde los rendimientos de producción de la zona de estudio presentan tendencias significativas por efectos del cambio climático con una relación directa.

Analizando los resultados de tendencias en las tablas 5, con las pruebas paramétricas y no paramétricas de los rendimientos de cultivos de papa, haba y oca, presenta variaciones significativas positivas en la zona de estudio. En el periodo de 1996 al 2017 el comportamiento interanual de rendimientos de cultivo en Kg/ha, puesto que

$T_c > T_t$ , en la unidad hidrográfica presenta cambios significativos con el ascenso de la temperatura a nivel anual para el periodo analizado.

#### 4.1.4. Tendencia de precipitación total de la estación meteorológica Cuyocuyo.

Analizando simultáneamente se realizó la evaluación de la sensibilidad de tendencia sobre influencia durante los años de 1964 al 2017 dichos parámetros mediante técnicas estadísticas usadas para la precipitación del presente trabajo.

Así mismo, en las columnas de la tabla estadística se muestran los resultados de las pruebas para la estaciones meteorológicas mencionadas, denotando los valores para niveles de significancia de:  $\alpha = 0.1$ ,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha = 0.01$ , en el mismo de la última columna se encuentran los resultados de la prueba, el NS tiene como resultado no significativo, en  $\alpha = 0.1$ ; (S= 0.01) representa estadísticamente significativo.

Tabla 6: Análisis de tendencia de precipitación pluvial de la estación Cuyocuyo

Prueba estadística	Valor	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	Result
Mann-Kendall	0.56	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	0.625	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	-0.284	1.678	2.008	2.676	NS
Auto Correlation	4.563	1.645	1.96	2.576	S (0.01)

Fuente: Apoyo del Software TREND

La precipitación es un componente fundamental del sistema climático; en los actuales momentos existe un amplio consenso sobre la necesidad de profundizar el conocimiento sobre su variabilidad espacial y temporal dentro del contexto del cambio climático global. En la tabla 6, muestra los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall (0.56), Spearman's Rho (0.625), y Linear regresión (-0.284), estos valores de la tabla indican que no existe significancia estadística; sin embargo, en la prueba estadística de Auto Correlación (4.563) existe alta significancia estadística a la probabilidad de ( $p=0.01$ ).

Una de las limitaciones de muchos países, incluido para profundizar en estos análisis es la disponibilidad de datos climáticos de buena calidad, en particular datos de precipitación en forma de series de tiempo de larga duración (al menos de 20 años) y con una distribución espacial que permita analizar simultáneamente el problema de la variabilidad temporal y espacial para todo el país (Guenni, Degryze y Alvarado 2008).

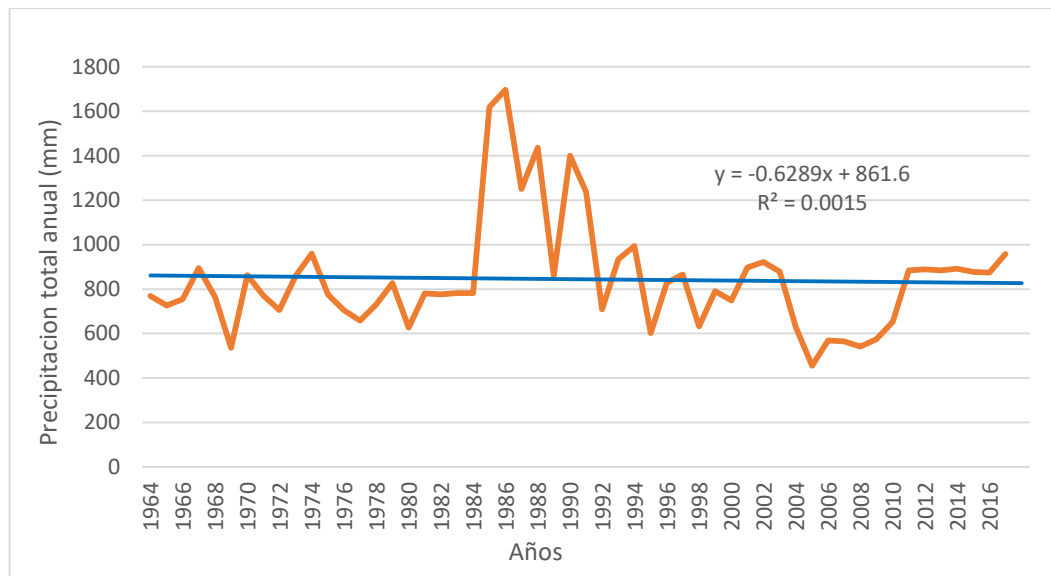


Figura 13: Tendencia de precipitación pluvial total estación Cuyocuyo

**4.1.5. Tendencia de temperatura media de la estación meteorológica Cuyocuyo.**

Análogamente, en las columnas de la tabla estadística se muestran los resultados de la prueba para la estaciones meteorológicas mencionadas, denotando los valores para niveles de significancia de:  $\alpha = 0.1$ ,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha = 0.01$ , en el mismo de la última columna se encuentran los resultados de la prueba, el NS tiene como resultado no significativo, en  $\alpha = 0.1$ ; (S= 0.01) representa estadísticamente significativo.

Tabla 7: Análisis de tendencia de temperatura media de estación Cuyocuyo

Prueba estadística	Valor	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	Result
Mann-Kendall	-0.56	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	0.907	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	-0.268	1.678	2.008	2.676	NS
Auto Correlation	-0.278	1.645	1.96	2.576	NS

Fuente: Apoyo del Software TREND

La tendencia de la temperatura media anual, se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = 0.0014$  es muy baja es decir que no existe correlación entre datos y con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.14\%$ . En la tabla 6, muestra los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall (-0.56), Spearman's Rho (0.907), Linear regresión (-0.268) y Auto Correlación (-0.278), estos valores de la tabla indican que no existe significancia estadística.

El presente trabajo de investigación se han aplicado las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión, y Auto Correlación, en la tabla 7 no

existen significancia estadística, debido probablemente por la magnitud de series históricos.

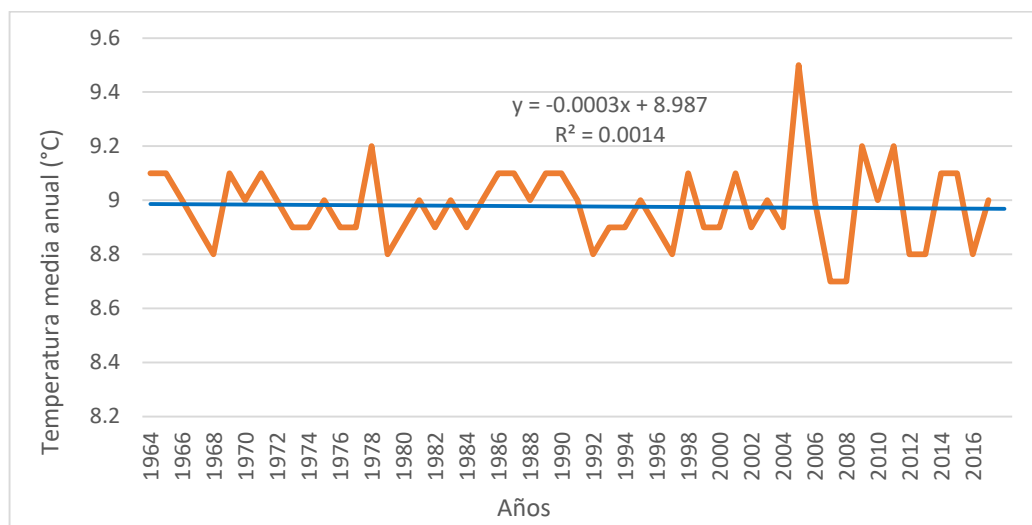


Figura 14: Tendencia de temperatura media estación Cuyocuyo

#### 4.1.6. Tendencia de humedad relativa de la estación meteorológica Cuyocuyo.

La tendencia de la humedad relativa media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = 0.0217$  y con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 2.17\%$ . La tabla 8, muestra los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall (1.358), Spearman's Rho (1.573), Linear regresión (1.074), y Auto Correlación (-0.528) estos valores de la tabla indican que no existe significancia estadística.

Tabla 8: Análisis de tendencia de humedad relativa de estación Cuyocuyo

Prueba estadística	Valor	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	Result
Mann-Kendall	1.358	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.573	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	1.074	1.678	2.008	2.676	NS
Auto Correlation	-0.528	1.645	1.96	2.576	NS

Fuente: Apoyo del Software TREND

La aplicación de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión, y Auto Correlation no existen significancia estadística, debido probablemente por la magnitud de series históricos.

La tendencia de la humedad relativa media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = 0.15$  y con un coeficiente de determinación de  $r^2 = 2.17\%$ , en 53 años de observación, es decir que la variación de la humedad relativa va en incremento.

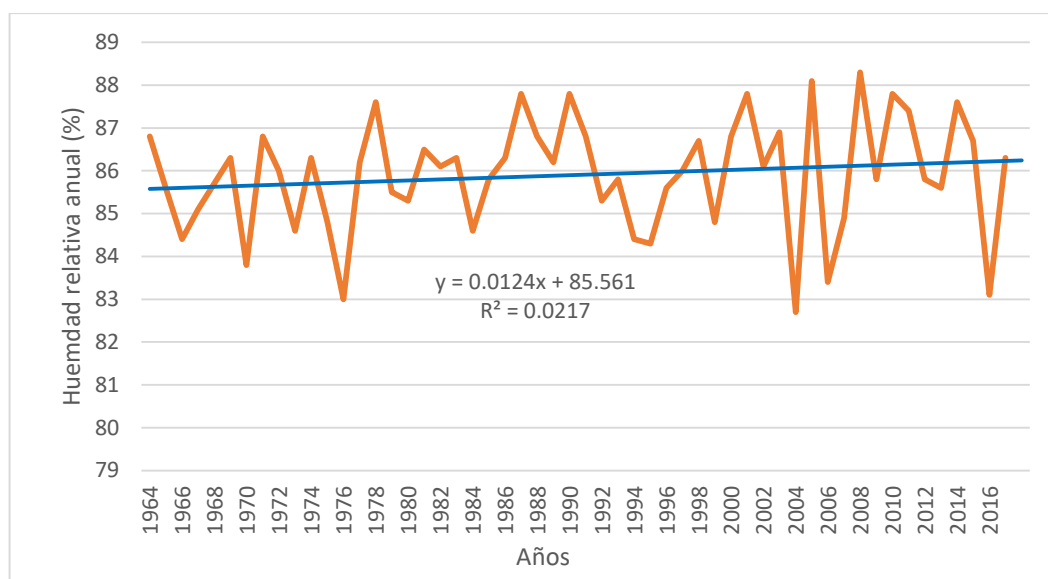


Figura 15: Tendencia de humedad relativa estación Cuyocuyo

.Por otro lado en la vertiente del Titicaca, la estacionalidad térmica es moderada, con las temperaturas más altas de diciembre a marzo, las más bajas de junio a agosto. La amplitud térmica de las temperaturas medias mensuales varía entre 5,8 °C - 6,5 °C en el norte, en el sur 7,8 °C - 10,6 °C. El mes más frío es por lo general julio, el mes más cálido diciembre. En las cercanías del lago Titicaca esta amplitud disminuye cerca de 3 °C a 4 °C, dentro del propio lago a 1,9 °C isla del Sol (MINAM, 2013).

Tabla 9: Variables climáticas predictorias anual, 1964 - 2017

Variables climáticas	Coeficiente de Determinación R2	Coeficiente de correlación R	N° Datos	ESTADISTICO T		Comparativo	Tendencia Significativa
				T calculado Tc	T tabla Tt		
Precipitación total	0.0015	0.0387	53	1.5854	1.6723	[Tc] < Tt	NO
Temperatura media	0.0014	0.0374	53	0.7041	1.6723	[Tc] < Tt	NO
Humedad relativa	0.0217	0.1473	53	0.2196	1.6723	[Tc] < Tt	NO

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados de tendencias en las tablas 9, con las pruebas paramétricas y no paramétricas, de las variables climáticas de Cuyocuyo de precipitación total, temperatura media y humedad relativa, presenta no significancia estadística en la zona de estudio. En el periodo de 1964 al 2017 el comportamiento interanual de las variables climáticas, puesto que  $T_c < T_t$ . El resultado muestra que en la estaciones de Cuyocuyo,

tanto para la precipitación pluvial, temperatura media presenta tendencia negativa, que representa ausencia de lluvias representando un comportamiento inestable en la serie temporal de las precipitaciones. El cambio climático indica un incremento de la temperatura ambiental, con variabilidad en el espacio y en el tiempo, el mayor incidencia por incremento de la temperatura en la reducción del ciclo fenológico de los cultivos anuales.

#### 4.2. Relación entre la producción agrícola y elementos climáticos

La investigación es de tipo correlacional, es decir se ha obtenido los parámetros de la regresión cuadrática múltiple y luego se ha evaluado los signos de los coeficientes y la probabilidad de cada uno de las variables y los resultados muestran valores de parámetros.

##### 4.2.1. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de papa y los elementos climáticos.

En la Tabla 10, se muestra el resultado del modelo de regresión cuadrática múltiple para el rendimiento de papa y elementos climáticos, la cual indica que de acuerdo a la probabilidad  $p \leq 0.05$  existe significancia estadística para la variable de precipitación pluvial solamente, la cual indica que la relación es directa con una probabilidad  $p = 0.0439$ , el coeficiente de regresión es de signo negativo con un valor de  $-185.6775$ ; y para las variables de temperatura media y humedad relativa no existe significancia estadística, cuyas probabilidades son  $0.1758$  y  $0.718$  respectivamente, estos valores indican que no existe relación entre los rendimientos de la producción de papa y las variables indicadas.

Tabla 10: Regresión cuadrática múltiple entre papa y elementos climáticos

Variable	Coficiente	Error Estándar	t-estadístico	Probabilidad
C Coeficiente	-2134884	1556256	-1.371808	0.1891
X <sub>1</sub> Precipitación total (mm)	-185.6775	84.88811	-2.18732	0.0439
X <sub>2</sub> Temperatura media (°C)	495435	349746.9	1.416553	0.1758
X <sub>3</sub> Humedad relativa (%)	-156.6991	426.2672	-0.367608	0.718
(X <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> Precipitación total (mm)	0.126645	0.056684	2.234223	0.0401
(X <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> Temperatura media (°C)	-27566.87	19445.86	-1.417621	0.1755
R-squared	0.265871	Mean dependent var		11639.74
Adjusted R-squared	0.036456	S.D. dependent var		2750.296
S.E. of regression	2699.698	Akaike info criterion		18.86667
Sum squared resid	1.17E+08	Schwarz criterion		19.16423
F-statistic	1.158909	Durbin-Watson stat		0.454101

Fuente: Apoyo del Software Eviews

La precipitación afecta el rendimiento y las características de calidad de producción de cultivo de papa más importante. Los cambios climáticos proyectados muy probablemente afectarán las características de calidad del rendimiento, por lo que, los sistemas de producción agropecuaria de secano están sufriendo de una baja productividad.

La media general de la producción de la papa a nivel de Cuyocuyo es de 11639.74Kg./ha, con un coeficiente de determinación de 26.58% y la prueba de F calculada es de 1.16 y el coeficiente de correlación es de 0.52 estos valores nos muestran que el rendimiento de cultivo papa y la precipitación pluvial tienen buena asociación entre estas variables.

$$Y = \alpha \pm \beta_1 X_1 \pm \beta_2 X_2 \pm \beta_3 X_3 \pm \beta_4 (X_1)^2 \pm \beta_5 (X_2)^2$$

$$Y = -2134884 - 185.6775X_1 + 495435X_2 - 156.6991X_3 + 0.126645(X_1)^2 - 27566.87(X_2)^2$$

Por otro lado Arizaca (2013) concluye, que las proyecciones efectuadas, el cambio climático afectará los elementos básicos de la vida de personas de todas partes del mundo el acceso al agua, la producción de alimentos, la sanidad, y el medio ambiente. Cientos de millones de personas podrían sufrir hambre, escasez de agua e inundaciones costeras a medida que se calienta el planeta. El cambio climático y la degradación ambiental es considerada como la crisis de la civilización moderna, que finalmente está marcada por la destrucción del hábitat de millones de especies a nivel mundial así como para el deterioro de la calidad de vida, de esta situación es culpable principalmente el proceso económico, razón por la cual es importante elaborar e implementar políticas que contribuyan a la creación de bases de sustentabilidad ecológica para elevar los niveles de desarrollo y así a través del tiempo se inicien a cambiar los patrones de producción y consumo a nivel mundial.

Según Soto (2016), es el cuarto alimento básico a nivel mundial, superado solamente por el maíz, trigo y arroz, la papa da un alto rendimiento y también produce energía y proteínas más comestibles por unidad de superficie y tiempo que muchos otros cultivos. Mientras que los países desarrollados hacen el uso más diversificado de la papa como alimento, el material comestible y crudo para productos procesados, almidón y alcohol. Para la cosecha del cultivo de la papa se necesita cumplir con un protocolo de requerimientos para poder levantar una cosecha de alto rendimiento y

libre de enfermedades, dentro de estos requerimientos del cultivo se encuentran: el clima, el suelo, la preparación del terreno, la nivelación del suelo y la fertilización adecuada para combatir efectivamente las plagas y enfermedades que se presenten en las diferentes variedades sembradas.

Por otro lado Clemente, Ricse y Medrano (2016) manifiesta que. Esta investigación buscó determinar los efectos del cambio climático, usando en consideración a ello la temperatura y las precipitaciones frente a la tasa de crecimiento de la producción de papa. Estos efectos han quedado contrastados a partir de la determinación de los puntos de inflexión 10.21 °C para la temperatura y de 1.96 mm para la precipitación; con lo cual se identifica una relación cuadrática de forma cóncava. También se puede concluir que la tasa de crecimiento de la producción de papa se vería seriamente afectada ante un incremento de la temperatura y/o precipitaciones, se debe tener en cuenta que dicha actividad capta un 36% de la PEA para el caso de Junín, lo que implicaría que también se tenga impactos sobre en el mercado de bienes, el mercado de trabajo y mercado financiero.

#### 4.2.2. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de haba y los elementos climáticos.

En la Tabla 11, se muestra el resultado del modelo de regresión cuadrática múltiple para el rendimiento de haba y elementos climáticos, la cual indica que de acuerdo a la probabilidad  $p \leq 0.01$  no existe significancia estadística para ninguno de las variables como; precipitación total, temperatura media y humedad relativa, cuyas probabilidades son 0.0699, 0.0733 y 0.6366 respectivamente, estos valores indican que no existe relación entre los rendimientos de la producción de haba y las variables indicadas.

Tabla 11: Regresión cuadrática múltiple entre haba y elementos climáticos.

Variable	Coficiente	Error Estándar	t-estadístico	Probabilidad
C Coeficiente	-189658.5	101312.8	-1.87201	0.0796
X <sub>1</sub> Precipitación total (mm)	-10.73357	5.525994	-1.942378	0.0699
X <sub>2</sub> Temperatura media (°C)	43642.49	22768.58	1.916785	0.0733
X <sub>3</sub> Humedad relativa (%)	-13.36387	27.75183	-0.481549	0.6366
(X <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> Precipitación total (mm)	0.007076	0.00369	1.917668	0.0732
(X <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> Temperatura media (°C)	-2428.637	1265.928	-1.918463	0.0731
R-squared	0.233622	Mean dependent var		1262.663
Adjusted R-squared	-0.005871	S.D. dependent var		175.246
S.E. of regression	175.7597	Akaike info criterion		13.40311
Sum squared resid	494263.4	Schwarz criterion		13.70067
F-statistic	0.975488	Durbin-Watson stat		0.346179

Fuente: Apoyo del Software Eviews



$$Y = -189658.5 - 10.73357X_1 + 43642.49X_2 - 13.36387X_3 + 0.007076(X_1)^2 - 2428.637(X_2)^2$$

La media general de la producción del haba a nivel de Cuyocuyo es de 1262.66 Kg/ha, con un coeficiente de determinación de 23.36% y la prueba de F calculada es de 0.97 y el coeficiente de correlación es de 0.48 estos valores nos muestran que el rendimiento de cultivo haba y la precipitación pluvial no tienen buena asociación entre estas variables. Sin embargo (Kama, 2017), El cultivo de haba mostró un buen comportamiento agronómico con la aplicación de dosis al 40% de bioinsumos (biol). Los mayores promedios en altura de planta, número de hojas, número de macollos, peso de vaina, y rendimiento se obtuvo con el T3 (40% de biol), seguido de la T2 (20 % de biol), luego T1 (Testigo) sin biol.

Por otro lado el aumento de la temperatura afecta el rendimiento y las características de calidad del producción más importante que los cambios en las precipitaciones. Los cambios climáticos proyectados muy probablemente afectará las características de calidad del grano de interés para los diferentes mercados y las necesidades de utilización, tal como reconocen Hogy, Poli, Marhan, Kandeler y Fangmeier, (2013).

#### **4.2.3. Modelo de regresión cuadrática múltiple entre el rendimiento de oca y los elementos climáticos**

En la Tabla 12, se muestra el resultado del modelo de regresión cuadrática múltiple para el rendimiento de oca y elementos climáticos, la cual indica que de acuerdo a la probabilidad  $p \leq 0.01$  no existe significancia estadística para ninguno de las variables como; precipitación total, temperatura media y humedad relativa, cuyas probabilidades son 0.4437, 0.7768 y 0.6937, respectivamente, estos valores indican que no existe relación entre los rendimientos de la producción de oca y las variables indicadas.

La media general de la producción de la oca a nivel de Cuyocuyo es de 8042.07 Kg/ha, con un coeficiente de determinación de 12.43% y la prueba de F calculada es de 0.45 y el coeficiente de correlación es de 0.35 estos valores nos muestran que el rendimiento de cultivo haba y la precipitación pluvial no tienen buena asociación entre estas variables.

Tabla 12: Regresión cuadrática múltiple entre oca y elementos climáticos.

Variable	Coefficiente	Error Estándar	t-estadístico	Probabilidad
C Coeficiente	-139425.5	518953.1	-0.268667	0.7916
X <sub>1</sub> Precipitación total (mm)	-22.23224	28.30572	-0.785433	0.4437
X <sub>2</sub> Temperatura media (°C)	33631.47	116627.2	0.288367	0.7768
X <sub>3</sub> Humedad relativa (%)	57.00593	142.1528	0.401019	0.6937
(X <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> Precipitación total (mm)	0.015964	0.018901	0.844584	0.4108
(X <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> Temperatura media (°C)	-1885.968	6484.447	-0.290845	0.7749
R-squared	0.124319	Mean dependent var		8042.074
Adjusted R-squared	-0.149331	S.D. dependent var		839.7704
S.E. of regression	900.2914	Akaike info criterion		16.67031
Sum squared resid	12968393	Schwarz criterion		16.96787
F-statistic	0.454301	Durbin-Watson stat		1.361724

Fuente: Apoyo del Software Eviews

$$Y = -139425.5 - 22.23224X_1 + 33631.47X_2 + 57.00593X_3 + 0.015964(X_1)^2 - 1885.968(X_2)^2$$

Las producciones de los cultivos se observan que ha ido en aumento, de 11639.74 toneladas de papa, 1262.663 toneladas de haba y 8042.074 toneladas de oca. Esto se debe a que las temperaturas de los cultivos se encuentran en el umbral requerido por los cultivos, claro está que es necesario tomar en cuenta los eventos externos, que estos si afectan a toda la agricultura de la región sur del Perú. El calentamiento global puede potencialmente reducir el período de crecimiento del cultivo, se espera que la producción y la productividad de todos los cultivos de variedades diferentes para disminuir necesidades de agua más altas debido a una menor precipitación y la temperatura alta muy superior, así como reconoce (Gohari, 2013).

Para el Minagri (2016) anuncia, "El Perú se ha convertido en los últimos años en uno de los principales productores de alimentos del mundo y la papa es uno de las mayores contribuciones de nuestro país a la seguridad alimentaria de la humanidad". Con 317.000 hectáreas dedicadas al cultivo de papa y un rendimiento promedio de 14,9 toneladas por hectárea, Minagri (2016) señaló que el 90% de la papa proviene de los suelos de la sierra del país, principalmente de Puno, Huánuco, Cusco, Cajamarca, Huancavelica, Junín, entre otros. Además, la siembra de este producto andino (con más de 3.000 variedades) sirve de sustento de 711.313 familias en 19 regiones del país.

## V. CONCLUSIONES

El resultado del modelo de regresión cuadrática múltiple para el rendimiento de papa y elementos climáticos, de acuerdo a la probabilidad  $p \leq 0.05$  existe significancia estadística para la variable de precipitación pluvial total, la cual indica que la relación es directa a una probabilidad  $p = 0.0439$ , el coeficiente de regresión es de signo negativo un valor de  $-185.6775$ ; y para las variables de temperatura media y humedad relativa no existe significancia estadística como muestra la tabla 10; para los rendimientos de haba y oca de acuerdo a la probabilidad  $p \leq 0.01$  no existe significancia estadística para ninguno de las variables; estos resultados indican que no hay relación entre la rentabilidad de los cultivos en estudio respecto a la variabilidad climática en la zona de Cuyocuyo.

Las pruebas estadísticas de Mann-Kendall (4.794), Spearman's Rho (4.21), Linear regresión (9.863), y Auto Correlación (4.019), existen alta significancia estadística, estas pruebas estadísticas son aplicadas a serie de datos de los rendimientos del cultivo de papa expresadas en kg /ha. Tal como muestra la tabla 2, estas pruebas estadísticas son aplicadas a serie de datos de rendimientos de cultivo de papa, de 21 años de registro; Y para el análisis de tendencia de la producción de haba existen alta significancia estadística para las pruebas indicadas. Los resultados de las pruebas estadísticas de; Mann-Kendall (4.455), Spearman's Rho (3.853), Linear regresión (7.172), y Auto Correlación (3.346), tal como muestra en la tabla 3 indicada a las probabilidades de 0.10, 0.05, 0.01 respectivamente.

El análisis de tendencia de la producción de oca existe alta significancia estadística para las pruebas indicadas. Tal como muestra en la tabla 4. Sin embargo la tendencia de la temperatura media anual, se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = 0.0014$  es muy baja es decir que no existe correlación entre datos y con un coeficiente de determinación de  $r = 0.14\%$ . En la tabla 7, muestra los resultados de las pruebas estadísticas de: Mann-Kendall (-0.56), Spearman's Rho (0.907), Linear regresión (-0.268) y Auto Correlación (-0.278), estos valores de la tabla indican que no existe significancia estadística; esto indica la tendencia es decir que la variación de la temperatura máxima va en incremento; y las pruebas estadísticas de Mann-Kendall, Spearman's Rho, Linear regresión y Auto Correlación no existe alta significancia estadística.

## VI. RECOMENDACIONES

La influencia de la variabilidad climática se ve con mayor frecuencia en las últimas décadas, especialmente la variación de la temperatura; se recomienda a las instituciones competentes formular planes y elaborar estrategias, con el fin de evitar bajos rendimientos y por ende bajas producciones en el cultivo de papa, haba y oca.

Se recomienda a los investigadores comprendidos al cambio climático, impulsar acciones en diversos procesos del aprovechamiento de los recursos hídricos y su adaptación a los mismos, a fin de potenciarlas en la investigación con propuestas que contribuyan a la institucionalización frente al futuro escenario climático como la mitigación y la adaptación, a través de su incorporación con instrumentos de política, a efecto de satisfacer las necesidades del consumo de agua en el tiempo.

Los diversos sectores involucrados al cambio climático, validar el conocimiento tradicional, capital cultural que puede formar parte de las estrategias básicas que fortalezcan la capacidad de sobreponerse a los resultados adversos así como la respuesta campesina frente a las amenazas del clima que pueda ocurrir en el tiempo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Adrian, Y. (2019). Definición de Clima. . Recuperado de:  
<https://conceptodefinicion.de/clima>.
- Ahrens, D. (2003). *Meteorology today : an introduction to weather, climate, and the environment* (Séptimaedición ed.). Australia: Thomson.
- Alva, W. (2005). *Geografía General del Perú*. Lima Peru: San Marcos.
- Amador y Alfare, J. (2009). Métodos de reducción de escala: aplicaciones al. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 39-52.
- Aquize, & Taylor. (1983). *El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú*.
- Arizaca, O. J. (2013). *Efectos del Cambio Climático en la Producción de Cultivos en la Vertiente del Lago Titicaca*. Puno-Peru: Tesis del programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Astete, J., Caceres, W., Gastañaga, M., Lucero, M., Sabastizagal, I., & Oblitas, T. (2009). Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* Ene-Mar;26(1), 15-9.
- Barrera, C. (1987). *Guia Saniamiento Basico Industrial*. Editoriai,Mcgraw-Hill. México.
- Belizario, Q. (2014). *Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis*. Puno - Peru: tesis Doctoral. Programa del Doctorado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Campos, M. (1997). *Proyecto Centroamericano sobre el Cambio Climático (PCCC)*. San José, Costa Rica. 15pp. (Correspondencia personal). Costa Rica: Escenarios climáticos para Costa Rica.
- Castro y otros, M. (2005). *Cambio climático:un reto social inminente*. Obtenido de Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial) Madrid, Manuel de Castro Climent Ramis Pablo Cotarelo Jorge Riechmann:  
[https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Dossier/DOSSIER\\_CAMBIO\\_CLIMATICO.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Dossier/DOSSIER_CAMBIO_CLIMATICO.pdf) reto social
- CEPAL. (2010). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 201*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2016). (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Obtenido de *La Igualdad en el Centro del Desarrollo Sostenible*. Trigésimo sexto período de

- sesiones de la CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago. Recuperado en:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/4/S1600653\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/4/S1600653_es.pdf)
- CEPAL. (2017). (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Obtenido de La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, Santiago. Recuperado de:  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis\\_pp\\_cc\\_economia\\_d\\_el\\_cambio\\_climatico\\_en\\_alac.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_economia_d_el_cambio_climatico_en_alac.pdf)
- Clemente, J. F., Ricse, F., & Medrano, E. (2016). Efectos del Cambio Climático sobre la Tasa de Crecimiento de la Producción de Papa en el Valle del Mantaro: 2000 - 2014. Huanuco Peru: Para Optar Título Profesional.
- Cline, W. R. (2007). Global warming and agricultura!: impact estimates by country. center for global development an Peterson Institute for international economics: Washington.
- CNCC. (2002). Comisión Nacional de Cambio Climático. Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- De la Torre, A. F. (2009). Desarrollo con menos carbono: Respuestas latinoamericanas al desafío del Cambio Climático. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Diario Perú 21. (2014). Actualidad. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de . Obtenido de <http://peru21.pe/economia/cambio-climatico-costara-hasta-5-pib-latinoamerica-segun-cepal-2206273>.
- Diaz, C. G. (2012). El Cambio Climatico Volumen XXXVII, Número 2. Ciencia y Sociedad.
- Fajnzylber, P. (2009). Desarrollo con menos carbono: Respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático.
- FAO. (1992). Cambio Climático: Agricultura mundial y medio ambiente rural. Roma, Italia: Grupo de trabajo sobre Cambio Climático.
- FAO. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Perspectivas alimentarias.
- Fernandez, F. (1996). Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Síntesis.
- Fuentes, Y. J. (2000). Iniciación a la meteorología y la climatología. Madrid España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Galán , M., & Garrido , M. (2012). Cambio climático. Perspectivas futuras. Observatorio Medioambiental, 15, 11-18. doi:10.5209/rev\_OBMD. 2012. v15.40329.
- Gomez, C. (2007). Tecnologías respondiendo a los desastres. Lima: Soluciones Práctica ITDG.
- GRADE, G. (Diciembre Lima de 2016). Investigación Para El Desarrollo en el Perú Once balances. Obtenido de Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE): [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362\\_es.pdf\\_peru](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362_es.pdf_peru)
- Guenni, L., Degryze, E., & Alvarado, K. (2008). Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. Revista Colombiana de estadística, Pp 41-65.
- Guerra, B. (2015). "Efectos de la variabilidad climática en la producción de cultivos bajo riego complementario en el altiplano del Perú". Puno.
- Gustavo, F., & Gonzales. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Revista peruana de medicina experimental y salud publica.
- houghton., & mifflin. (1990). english: student book grade 1 1990.
- Huamani, J. C. (2005). Atlas de heladas. Lima Peru: Ministerio de Agricultura. Dirección General de Información Agraria: SENAMHI.
- INEI, I. (2008). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. . 2da ed. Lima: INEI. Perfil Sociodemográfico del Perú .
- Iniestra, R., & Franco, P., Allen,J., Tejeda, D., & Aguilar,J. (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. Primera edición.
- IPCC. (2007). (Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Cclimatico Cambio climático): Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo 1, 11 y 111 al Cuarto Informe de. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2013). (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) En B. F. Cambio Climático Universidad de Cambridge, USA (págs. 6-10, 21,).
- IPCC. (2013a). "Summary for Policymakers"Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, T.F. Stocker y otros (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.

- Islam, S., & Winkel, J. (2017). "Climate Change and Social Inequality". Obtenido de United Nations Department of Economic and Social Affairs Working Paper N° 152, Naciones Unidas, Nueva York. Recuperado en:  
[http://www.un.org/esa/desa/papers/2017/wp152\\_2017.pdf](http://www.un.org/esa/desa/papers/2017/wp152_2017.pdf)
- Kama, A. (2017). Aplicación de biol Bovino en Cultivo de Haba (*Vicia faba* L.) Bajo Riego por Goteo en la Estacion Rxperimental choquenaira. Bolivia:. Bolivia: Tesis de Grado.
- Lagos, P. (2008). El Niño - related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences*, 231-237.
- León, G. (1990). Variabilidad de la temperatura y de la precipitación en San Andrés - Isla. *Memorias del IV Congreso Interamericano y II Congreso Colombiano de Meteorología*, pp199-204.
- Lowenthal, D. (1961). Geography, experience and imagination: towards a geographical epistemology. *Annals of the Association of American Geographers* , 241-260.
- Magrin y otros, G. (2014). "Chapter 27. Central and South America", *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, V.R. Barros y.
- Miller, A. (1982). *Climatología* (Quinta Edición ed. Vol. 1). Ediciones S. A. Barcelona-España.
- Miller, G. (2007). *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, Mexico: 8va edición, Editores Internacional Thomson.
- Miller., & Tyler. (1992). *Ecología y Medio Ambiente*. Mexico.
- Minagri. (2016). Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de sistema integrado de estadística agraria:  
[http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2016/bemsa\\_junio14-290916.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2016/bemsa_junio14-290916.pdf)
- MINAM. (2010). Obtenido de Ministerio del Ambiente. Portal de Cambio Climático. Recuperado el 29 de Setiembre de 2011.  
<http://cambioclimatico.minam.gob.pe/cambio-climatico/sobre-cambioclimatico/que-im-pactos-tiene-en-el-peru/>
- MINAM. (2013). En C. P. Ministerio del Medio Ambiente.



- MINAM. (2013-2014). Obtenido de Informe Nacional de la Calidad del Aire, Disponible en:  
file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/informe\_nacional\_calidad\_del\_aire\_2013-2014%20(4).pdf
- Montealegre, J. E. (2004). Escalas de la Variabilidad Climática. Bogotá-Colombia: Insituto de Hidrología, Meterología y Estudios Ambientales - IDEAM N°.2: 287-292.
- Novoa, G. (1998). "Medio Ambiente y Desarrollo Local. Percepción y Valoración Comunitaria del Ambiente". Lima.: GIGA - Pontificia Universidad Católica del Perú. .
- ODI. (2014). (Overseas Development Institute). Obtenido de Getting it Together: Institutional arrangements for Coordination and Stakeholder Engagement in Climate Finance. Overseas Development Institute, Londres. Recuperado de : <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9200.pdf>
- OMM. (2001). Organización Meteorológica Mundial. Obtenido de Tercer informe de evaluación cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad: resumen para responsables de políticas y resumen técnico.: <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>
- OMS. (2016). La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud. Ginebra.
- Peñuelas, J., Filella, I., & Comas, P. (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952-2000. *Global Change Biology* 8, 531-544.
- PNUD. (2007). Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático. Nueva York: solidaridad frente a un mundo dividido.
- Rasmusson, & Carpenter. (1982). El Niño, Fase cálida del ENOS.
- Rodas, S. (2014). Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la Universidad Rafael Landivar de Guatemala. Obtenido de Tesis para optar el título de Licenciado en Ciencias Ambientales con Énfasis en Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción,: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/15/Rodas-Sofia.pdf>

- Rojas, P. (2013). Estimación de Emisiones de Contaminantes Provenientes de Fuentes Móviles en la Jurisdicción CAR (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Salinger, M., Desjardins, R., Jones, B., Sivalkumar, M., Strommen, N., Veerasamy, S., & Lianhai, W. (1997). Climate variability, agriculture and forestry: an update. *World Meteorological Organization*. WMO-841 Geneva-Switzerland, 51 pp.
- SENAMHI. (1999). Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres.
- Silva, Y. (2007). Capítulo 21. Variabilidad Climática. Material de enseñanza. Lima peru: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Soto, N. F. (2016). El Cultivo de la Papa. México: Obtener el Título de: Ingeniero Agrónomo en Horticultura.
- Stern, N. (2013). "The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting.
- Tans, P., & Keeling, R. (2014). "Trends in Atmospheric Carbon Dioxide" [en línea] . Obtenido de <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>.
- Torres y Gomez, J. (2008). Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes. Lima Peru: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Vargas, M. (2016). Contaminación del aire en América Latina:. Origen, impactos y la reciente contingencia en México. ANCLA (Agencia de Noticias Científicas de Latinoamérica).
- Vasquez, N. (2009). Cambio Climatico.org. Recuperado el 3 de Noviembre de 2010. [d http://www.cambioclimatico.org/](http://www.cambioclimatico.org/), 16pp.
- Villalobos, F. R., & Retana, B. J. (1998). Efecto del Cambio Climático en la Agricultura. Experiencias en Costa Rica. Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional Email: [rvilla@imn.ac.cr](mailto:rvilla@imn.ac.cr) [jretana@imn.ac.cr](mailto:jretana@imn.ac.cr).
- Watson, R. (1997). Zinyowera,M. Moss,R. Dokken,D. The regional impactsof climatechange:anassessment.

VIII. ANEXOS

ANEXO – A

Tabla A-1 Precipitación total del distrito de Cuyocuyo.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA													
DEPARTAMENTO : PUNO		PROV. : SANDIA			DIST. CUYOCUYO			INFORMACION: PRECIPITACION TOTAL					
Estació: CO. 157418		LAT. " S " : 14°27'59,1"			Long. " W " : 69°32'17,8'						Alt. 3499 msnm		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOT	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	77.2	142.8	191.0	64.4	8.5	0.0	5.3	28.2	46.6	62.7	39.2	103.2	769.1
1965	137.4	112.6	59.2	69.3	2.1	0.0	1.5	4.7	89.7	27.6	72.0	150.0	726.1
1966	68.0	104.4	82.5	34.0	130.7	0.0	8.3	67.2	19.8	68.0	73.7	98.8	755.4
1967	80.1	101.7	185.5	61.2	45.5	26.2	22.7	79.5	67.5	64.2	33.9	125.8	893.8
1968	107.7	186.6	78.4	47.3	25.3	16.7	30.6	36.7	39.6	40.2	54.5	100.7	764.3
1969	63.7	69.1	62.4	33.6	38.0	28.3	23.1	14.6	44.2	32.7	52.4	73.9	536.0
1970	91.5	94.4	107.5	79.9	74.6	31.1	41.6	34.1	63.2	66.1	21.9	156.9	862.8
1971	127.3	204.6	56.8	49.9	13.5	9.5	0.2	9.0	43.9	63.9	67.2	125.2	771.0
1972	123.0	121.1	86.8	27.6	12.8	7.1	8.6	31.9	47.9	54.7	62.0	121.8	705.3
1973	169.6	105.8	104.9	105.6	17.1	2.5	14.7	23.2	66.5	97.7	36.9	114.9	859.4
1974	236.4	179.3	116.7	60.9	1.6	8.6	30.3	109.7	23.7	37.1	24.8	130.1	959.2
1975	143.4	109.6	103.2	29.5	41.5	12.5	0.4	5.8	51.5	61.5	62.9	153.2	775.0
1976	188.8	91.2	105.8	44.7	28.4	11.1	0.6	41.2	64.0	20.6	9.4	99.0	704.8
1977	67.3	116.5	146.9	17.2	29.0	3.1	13.6	11.7	34.6	46.3	80.2	91.3	657.7
1978	136.7	126.1	110.4	64.4	3.6	1.9	7.1	4.4	37.0	22.6	85.4	132.5	732.1
1979	202.2	83.5	161.8	71.1	14.1	0.0	18.3	8.2	28.2	68.7	71.7	98.7	826.5
1980	110.0	74.2	138.0	56.3	46.0	13.1	15.5	43.0	21.5	60.5	28.1	19.9	626.2
1981	86.9	133.5	100.5	55.8	42.7	12.5	15.2	40.7	58.8	54.8	50.8	127.8	779.9
1982	102.0	126.5	82.9	53.1	47.0	14.6	17.2	40.9	57.5	52.2	53.8	128.1	775.9
1983	101.6	127.1	96.3	49.4	53.0	16.8	20.1	46.9	46.5	58.0	49.0	117.9	782.6
1984	116.9	129.8	103.4	54.1	29.0	19.0	21.5	38.3	52.4	54.2	43.9	120.4	782.8
1985	283.7	141.0	128.3	170.1	79.0	83.1	20.0	54.0	47.0	106.0	197.3	308.8	1618.3
1986	189.7	216.2	234.2	123.3	134.2	151.9	84.5	53.1	100.5	83.0	130.2	195.7	1696.5
1987	238.6	146.3	136.5	114.7	74.7	30.6	39.9	8.5	42.5	105.1	122.4	190.1	1249.9
1988	257.8	93.9	152.0	130.8	62.7	48.4	60.1	103.5	114.8	162.3	111.6	137.7	1435.6
1989	145.4	101.9	96.9	94.2	23.7	22.6	51.4	38.4	43.4	112.8	46.8	83.0	860.5
1990	132.9	135.7	137.0	97.7	24.1	69.5	21.8	40.8	52.9	192.3	178.5	316.8	1400.0
1991	271.3	207.8	217.3	62.5	30.3	28.5	23.7	13.1	94.7	62.3	85.3	140.5	1237.3
1992	71.4	157.5	47.6	75.5	85.6	19.3	15.9	43.2	8.9	49.2	73.3	61.3	708.7
1993	145.9	103.9	146.8	92.7	22.9	16.3	13.2	90.3	43.2	32.1	95.4	131.5	934.2
1994	178.9	241.5	124.6	99.4	28.7	9.8	10.0	10.2	53.7	45.3	67.2	124.4	993.7
1995	84.0	110.1	150.1	22.7	12.4	11.2	25.4	10.5	38.6	41.8	34.5	61.4	602.7
1996	165.0	172.4	73.0	60.0	28.3	3.3	15.8	38.1	42.6	46.6	111.8	71.7	828.6
1997	219.0	186.4	120.9	45.6	17.4	10.4	5.9	35.8	57.5	31.1	66.3	69.0	865.3
1998	98.2	118.2	121.1	30.7	1.4	1.4	13.6	5.7	12.6	104.0	75.3	49.9	632.1
1999	124.3	192.5	116.7	67.6	12.2	8.7	6.6	3.1	77.6	26.3	43.2	111.4	790.2

2000	166.9	140.5	112.7	23.5	9.1	29.0	6.8	12.3	16.9	81.5	41.7	107.4	748.3
2001	231.8	147.9	153.3	61.0	37.7	5.2	20.1	41.2	24.8	69.5	35.6	69.4	897.5
2002	90.2	171.4	169.9	95.6	32.1	16.9	47.7	33.8	44.9	71.0	45.6	102.8	921.9
2003	132.8	72.5	142.8	115.3	11.5	10.0	18.8	18.2	78.9	94.6	45.5	138.0	878.9
2004	137.7	66.2	85.0	42.0	27.0	7.7	16.4	49.5	21.9	21.2	68.0	86.6	629.2
2005	85.5	76.6	47.5	3.3	0.9	0.4	7.7	9.3	27.2	61.0	51.9	84.3	455.6
2006	182.1	41.4	59.0	35.1	5.0	1.4	3.5	16.6	35.1	44.8	81.5	63.4	568.9
2007	108.4	67.6	115.6	7.5	12.2	0.8	11.7	5.7	44.0	57.4	38.8	94.6	564.3
2008	135.6	47.2	78.6	20.6	26.8	2.5	2.2	19.2	9.2	79.6	21.3	99.1	541.9
2009	129.2	118.1	48.7	38.4	3.9	0.0	8.5	8.5	21.8	24.8	88.1	84.7	574.7
2010	110.5	65.5	58.2	18.9	10.2	20.0	19.4	41.2	55.9	59.5	60.3	133.4	653.1
2011	126.9	135.8	120.5	68.5	45.3	19.8	19.3	40.5	55.2	59.8	60.7	132.1	884.3
2012	132.9	133.8	113.6	67.9	46.8	21.3	20.5	40.6	54.9	60.0	63.2	132.7	888.2
2013	133.7	133.1	113.5	67.4	45.7	21.1	20.3	39.9	54.3	60.3	63.4	131.5	884.3
2014	134.5	133.9	117.9	66.5	47.8	22.5	21.8	42.0	50.5	63.4	63.1	128.3	892.1
2015	135.0	131.9	113.2	66.5	43.7	20.6	20.1	38.8	53.4	60.6	63.9	129.6	877.4
2016	135.5	131.4	113.2	66.1	43.0	20.4	20.1	38.4	53.0	60.8	64.0	128.8	874.7
2017	168.1	134.8	131.5	76.5	37.9	24.2	22.2	38.3	50.9	69.3	72.4	131.4	957.6
TOTAL	7544.0	6672.6	5987.7	3293.	1819.6	993.5	1026.0	1773.9	2541.2	3351.0	3502.6	6318.2	37279.3
MEDIA	141.1	126.2	114.4	62.2	33.9	18.4	19.1	33.4	47.9	63.2	65.6	118.9	844.3

FUENTE SENAMHI-PUNO

Tabla A-2 Temperatura media del distrito de Cuyocuyo.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA													
DEPARTAMENTO : PUNO	PROV. : SANDIA	DIST. : CUYOCUYO						INFORMACION. TEMPERATURA MEDIA					
CO. 157418	LAT. " S " : 14°27'59,1	Long. " W " : 69°32'17,8"				8" Alt. 3499 msn							
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MED
1964	9.5	9.8	9.6	8.9	8.5	8.1	8.0	8.6	9.0	9.9	10.1	9.4	9.1
1965	9.6	9.8	9.5	9.0	8.3	8.3	8.1	8.8	9.0	9.6	9.9	9.3	9.1
1966	9.6	9.8	9.6	8.9	8.1	8.0	8.2	8.6	8.6	9.2	9.6	9.4	9.0
1967	9.5	9.8	9.5	9.1	8.2	8.1	8.1	8.4	8.4	9.0	9.6	9.4	8.9
1968	9.6	9.7	9.5	9.0	8.4	8.3	7.8	8.3	8.2	8.9	9.2	9.1	8.8
1969	9.8	10.0	9.9	9.1	8.3	8.2	8.1	8.7	8.9	9.4	9.9	9.3	9.1
1970	9.2	9.7	9.5	8.9	8.0	8.0	8.2	8.6	9.0	9.6	9.8	9.9	9.0
1971	9.7	9.7	9.7	8.9	8.2	8.1	7.9	8.9	9.3	9.7	9.9	9.2	9.1
1972	9.5	9.8	9.8	9.1	8.5	8.3	7.5	7.9	8.2	8.8	9.7	9.3	8.9
1973	9.3	9.5	9.4	9.0	8.3	8.0	8.2	8.4	8.5	9.1	9.4	9.1	8.9
1974	9.4	9.8	9.8	9.0	8.7	8.2	7.7	8.2	8.2	9.0	9.6	9.4	8.9
1975	9.4	9.4	9.1	8.8	8.0	8.1	7.9	8.8	9.1	9.8	10.0	9.3	9.0
1976	9.0	9.4	9.0	8.8	8.1	8.0	8.2	8.8	8.8	9.6	9.6	9.5	8.9
1977	9.5	9.4	9.4	9.0	8.3	8.1	8.3	8.7	8.7	9.4	9.7	9.4	9.0
1978	9.9	9.7	9.5	9.0	8.7	8.3	8.2	8.8	8.9	9.5	10.1	9.4	9.2

1979	9.4	9.5	9.1	8.9	8.5	8.4	7.8	8.3	8.3	9.0	9.3	9.3	8.8
1980	9.6	9.8	9.4	8.9	8.3	8.1	7.9	8.3	8.5	9.1	9.7	9.5	8.9
1981	9.4	9.4	9.3	8.8	8.3	8.4	8.2	8.8	8.7	9.4	9.7	9.6	9.0
1982	9.6	10.1	9.8	8.9	8.3	8.2	7.8	8.2	8.5	9.1	9.5	9.3	8.9
1983	9.4	9.6	9.7	9.3	8.8	8.3	7.8	8.5	8.4	8.8	9.8	9.6	9.0
1984	9.5	9.7	9.4	8.8	7.9	7.9	8.1	8.5	8.6	9.4	9.8	9.6	8.9
1985	9.7	9.5	9.2	8.8	8.1	8.2	8.2	8.7	8.9	9.5	9.9	9.4	9.0
1986	9.4	9.6	9.7	8.8	8.3	8.1	8.1	8.8	9.2	9.8	10.0	9.7	9.1
1987	10.0	9.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.8	8.6	8.7	9.4	9.6	9.6	9.1
1988	9.6	10.1	9.9	9.3	8.5	8.2	7.9	8.2	8.1	8.8	9.8	9.4	9.0
1989	9.7	9.7	9.5	8.9	8.2	8.1	8.2	8.9	8.9	9.6	10.2	9.7	9.1
1990	9.8	9.9	9.8	9.1	8.6	8.3	7.5	8.4	8.7	9.5	9.8	9.5	9.1
1991	9.5	9.5	9.4	9.0	8.6	8.2	8.2	8.9	9.0	9.6	9.7	9.5	9.1
1992	9.7	9.8	9.8	9.0	8.4	8.1	7.7	8.0	8.0	8.6	9.4	9.4	8.8
1993	9.4	9.8	9.8	9.3	8.4	8.1	7.8	8.3	8.4	9.0	9.5	9.3	8.9
1994	9.4	9.8	9.6	9.2	8.5	8.0	7.8	8.5	8.3	8.8	9.6	9.7	8.9
1995	9.2	9.7	9.6	8.9	7.8	8.0	8.4	8.8	8.8	9.2	10.1	9.7	9.0
1996	9.6	10.0	10.0	9.0	8.3	8.1	7.9	8.2	8.3	8.9	9.0	9.2	8.9
1997	9.6	9.5	9.6	8.8	8.2	8.1	8.0	8.2	8.1	8.9	9.5	9.3	8.8
1998	9.3	10.1	10.0	9.2	8.4	8.2	8.0	8.8	9.0	9.7	9.7	9.1	9.1
1999	9.5	9.2	9.0	9.0	8.2	8.1	7.9	8.5	8.6	9.2	9.8	9.7	8.9
2000	9.6	9.5	9.4	9.0	8.5	8.2	7.9	8.2	8.4	9.2	9.8	9.6	8.9
2001	9.6	9.9	9.9	9.1	8.8	8.3	8.0	8.5	8.5	9.1	9.8	9.6	9.1
2002	9.7	10.1	10.0	9.0	8.3	8.2	7.8	8.4	8.4	9.0	9.2	9.2	8.9
2003	9.6	9.8	9.8	8.9	8.3	8.2	7.8	8.6	8.6	9.3	10.0	9.6	9.0
2004	9.8	9.8	9.9	9.1	8.4	8.4	8.1	8.0	7.9	8.7	8.9	9.5	8.9
2005	9.9	10.4	10.3	10.3	9.2	8.4	8.3	9.1	9.0	9.6	10.0	9.7	9.5
2006	9.0	9.8	10.0	9.2	8.4	7.9	8.4	8.6	8.6	9.5	9.4	9.4	9.0
2007	10.1	9.7	9.2	9.0	8.4	8.2	7.3	7.6	8.0	8.6	9.3	9.1	8.7
2008	9.2	9.0	8.7	8.8	7.5	7.9	7.7	8.6	8.7	9.0	10.0	9.0	8.7
2009	9.4	9.6	9.4	8.8	8.4	8.2	7.8	8.7	9.6	10.3	10.6	10.0	9.2
2010	9.6	9.7	9.6	9.4	8.9	8.4	7.8	8.4	8.5	9.3	9.6	9.3	9.0
2011	9.6	9.9	9.5	9.3	8.8	8.3	7.9	8.6	8.9	9.5	10.1	9.5	9.2
2012	9.9	9.5	9.1	8.8	8.3	8.3	7.7	8.3	8.4	9.1	9.5	9.1	8.8
2013	9.5	9.3	9.0	8.9	8.5	8.3	7.7	8.4	8.6	9.1	9.2	9.4	8.8
2014	9.9	9.7	9.8	9.3	8.6	8.1	8.1	8.8	8.8	9.5	9.6	9.4	9.1
2015	9.6	9.8	9.7	9.0	8.5	8.1	7.9	8.6	8.9	9.5	10.0	9.4	9.1
2016	9.6	9.4	9.3	8.7	7.7	7.9	8.1	8.4	8.4	8.8	9.5	9.4	8.8
2017	9.8	9.7	9.4	9.2	8.7	8.2	7.9	8.4	8.5	9.0	9.6	9.5	9.0
TOTAL	516.2	524.1	516.3	487.3	452	440.9	429.6	459.1	465.5	499.9	523.6	509.2	485.3
MEDIA	9.6	9.7	9.6	9.0	8.4	8.2	8.0	8.5	8.6	9.3	9.7	9.4	9.0

FUNETE SENAMHI-PUNO

Tabla A-3 Humedad Relativa del distrito de Cuyocuyo.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA													
DEPARTAMENTO : PUNO		PROV. : SANDIA		DIST. CUYOCUYO				INFORMACION.: HUMEDAD RELATIVA					
Estación	CO. 157418	LAT. " S " : 14°27'59,1"		Long. " W " : 69°32'1" Alt. 3499 msnr									
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MA	JUN	JUL	AG O	SET	OCT	NOV	DIC	MED
1964	87	89	86	81	86	87	86	86	87	93	87	87	87
1965	81	88	83	81	84	87	86	87	87	90	86	87	86
1966	85	88	86	81	82	83	85	85	83	84	84	87	84
1967	85	89	85	84	83	85	85	85	84	84	85	87	85
1968	88	88	85	83	86	87	85	86	84	85	84	87	86
1969	90	91	88	84	84	86	85	86	86	84	85	87	86
1970	73	88	85	82	82	83	85	85	86	86	84	87	84
1971	95	89	89	83	85	86	85	87	87	85	83	87	87
1972	82	89	89	86	86	88	85	85	84	85	86	87	86
1973	79	87	85	84	85	84	85	85	84	86	84	87	85
1974	82	89	89	84	88	88	85	86	84	88	86	87	86
1975	83	86	81	80	83	85	85	86	86	90	86	87	85
1976	62	86	79	77	85	85	86	87	86	90	85	87	83
1977	87	86	86	86	85	85	86	86	86	88	86	87	86
1978	93	88	84	83	87	88	88	89	87	90	87	87	88
1979	82	86	80	82	87	89	87	87	86	88	85	87	86
1980	89	89	84	80	85	85	85	85	84	85	85	87	85
1981	82	86	84	81	86	89	89	89	87	92	86	87	87
1982	91	92	87	80	85	86	85	85	85	86	84	87	86
1983	82	88	88	88	88	88	86	87	86	82	86	87	86
1984	88	88	85	78	82	81	84	84	83	89	86	87	85
1985	92	87	81	79	84	86	86	87	87	88	86	87	86
1986	81	87	89	82	86	87	86	87	87	90	86	87	86
1987	95	90	89	85	86	87	85	87	86	90	86	87	88
1988	90	93	89	86	86	86	85	85	82	85	87	87	87
1989	89	88	85	81	84	85	86	87	86	89	87	87	86
1990	92	90	88	85	86	88	85	86	87	92	87	87	88
1991	85	87	85	84	87	88	88	89	87	90	85	87	87
1992	91	89	88	84	85	86	84	84	81	81	84	87	85
1993	86	90	89	88	85	85	84	84	83	85	84	87	86
1994	82	89	87	86	86	84	84	84	82	79	83	87	84
1995	79	89	88	82	81	83	86	86	85	80	85	87	84
1996	88	92	90	83	85	85	85	84	83	84	81	87	86
1997	90	87	89	83	85	86	85	84	82	88	86	87	86
1998	81	92	89	86	85	86	85	87	87	90	85	87	87
1999	83	84	81	85	84	85	85	85	85	87	86	87	85
2000	90	87	86	84	87	88	86	86	85	89	87	87	87
2001	90	90	90	86	88	89	87	87	86	87	87	87	88

2002	91	93	89	83	85	86	85	85	85	82	82	87	86
2003	89	90	89	83	85	87	85	86	85	90	87	87	87
2004	91	95	86	78	78	78	82	81	78	77	79	89	83
2005	91	95	93	89	86	87	86	86	86	86	85	87	88
2006	86	85	73	73	84	84	85	86	86	86	87	86	83
2007	55	87	86	86	86	89	90	90	88	88	87	87	85
2008	86	87	87	87	88	89	88	88	87	98	88	87	88
2009	89	87	87	86	87	86	86	86	81	87	82	86	86
2010	85	88	87	88	88	89	87	87	87	93	87	87	88
2011	90	90	83	85	87	88	86	87	87	91	88	87	87
2012	94	86	80	79	85	88	85	86	85	89	86	87	86
2013	86	85	81	82	87	89	86	87	87	87	83	87	86
2014	94	89	89	87	86	86	85	87	86	90	85	87	88
2015	89	89	88	84	86	86	85	86	86	88	86	87	87
2016	89	86	85	78	81	81	84	84	82	78	82	87	83
2017	93	89	82	85	87	87	85	86	85	84	85	87	86
TOTAL	4648	4782	4636	4490	4600	4649	4620	4645	4594	4698	4601	4698	4638
MEDIA	86	89	86	83	85	86	86	86	85	87	85	87	86

FUENTE SENAMHI-PUNO

Tabla A- 4 Datos de rendimiento de cultivo de papa de Cuyocuyo en Kg/ha.

año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha
1996-1997	7100	2002-2003	10836.13	2008-2009	13303.09	2014-2015	13575.56
1997-1998	6283.95	2003-2004	10447.17	2009-2010	13560.82	2015-2016	16343.35
1998-1999	8359.06	2004-2005	10358.74	2010-2011	12316.65	2016-2017	16234.29
1999-2000	9975.44	2005-2006	10300.77	2011-2012	12161.54	2017-2018	16970.18
2000-2001	8974.68	2006-2007	11760.38	2012-2013	11965.17		
2001-2002	11125.77	2007-2008	12277.67	2013-2014	11843.96		

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno

Tabla A- 5 Datos de rendimiento de cultivo de haba de Cuyocuyo en Kg/ha.

año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha
1996-1997	916.67	2002-2003	1142.86	2008-2009	1368.42	2014-2015	1367.5
1997-1998	864.86	2003-2004	1250	2009-2010	1403.23	2015-2016	1416
1998-1999	1073.53	2004-2005	1285.71	2010-2011	1400	2016-2017	1433.07
1999-2000	1136.36	2005-2006	1066.96	2011-2012	1362.5	2017-2018	1436.51
2000-2001	1128.21	2006-2007	1500	2012-2013	1383.33		
2001-2002	1171.43	2007-2008	1321.43	2013-2014	1350		

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno.

Tabla A- 6 Datos de rendimiento de cultivo de oca de Cuyocuyo en Kg/ha.

año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha
1996-1997	7450	2002-2003	8134.92	2008-2009	8186.05	2014-2015	8711.11
1997-1998	5708.33	2003-2004	8083.33	2009-2010	8678.57	2015-2016	8577.78
1998-1999	6951.22	2004-2005	7977.78	2010-2011	8551.72	2016-2017	8626.51
1999-2000	7823.08	2005-2006	7610.29	2011-2012	8600	2017-2018	8831.33
2000-2001	7148.44	2006-2007	6503.6	2012-2013	8688.89		
2001-2002	8616	2007-2008	8800	2013-2014	8666.67		

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno.

Tabla A- 7 Datos de rendimiento de cultivo de papa de Puno en Kg/ha.

año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha	año	Kg/ha
1950	5706	1967	4200	1984	5881	2001	8360
1951	5556	1968	4102	1985	6393	2002	10184
1952	4337	1969	4003	1986	6413	2003	10237
1953	5062	1970	4538	1987	4055	2004	9229
1954	5371	1971	5177	1988	5168	2005	10420
1955	5500	1972	4779	1989	6688	2006	9884
1956	1818	1973	4841	1990	3873	2007	9901
1957	1880	1974	4565	1991	4798	2008	9620
1958	4062	1975	4570	1992	4038	2009	10145
1959	4451	1976	4590	1993	6498	2010	11130
1960	1795	1977	4184	1994	8259	2011	11372
1961	2694	1978	5284	1995	6529	2012	11037
1962	2686	1979	5448	1996	6310	2013	11580
1963	1926	1980	4477	1997	6525	2014	11703
1964	3500	1981	5359	1998	6804	2015	12244
1965	4500	1982	6012	1999	8754	2016	11589
1966	3200	1983	4105	2000	9312	2017	12442

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno.

Tabla A- 8 Datos de rendimiento de cultivo de haba de Puno en Kg/ha

AÑO	Kg/ha	AÑO	Kg/ha	AÑO	Kg/ha	AÑO	Kg/ha
1962	1400	1976	801	1990	351	2004	1160
1963	1421	1977	841	1991	1315	2005	1211
1964	1100	1978	881	1992	593	2006	1240
1965	1100	1979	921	1993	1003	2007	1259
1966	600	1980	934	1994	1180	2008	1149
1967	700	1981	801	1995	984	2009	1180
1968	651	1982	995	1996	967	2010	1232
1969	551	1983	664	1997	1046	2011	1124
1970	618	1984	867	1998	804	2012	1178
1971	781	1985	1012	1999	846	2013	1153
1972	865	1986	1595	2000	1033	2014	1221
1973	836	1987	1440	2001	1041	2015	1258
1974	797	1988	1161	2002	1233	2016	1182
1975	786	1989	1136	2003	1274	2017	1211

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno.

Tabla A- 9 Datos de rendimiento de cultivo de oca de Puno en Kg/ha

Año	Kg/ha	Año	Kg/ha	Año	Kg/ha	Año	Kg/ha
1990	3299	1997	6897	2004	7637	2011	8160
1991	6548	1998	6085	2005	8024	2012	8354
1992	3731	1999	7172	2006	8055	2013	8242
1993	5530	2000	7589	2007	8175	2014	8308
1994	6261	2001	7231	2008	7875	2015	8548
1995	5479	2002	8367	2009	8030	2016	7851
1996	6021	2003	8062	2010	8141	2017	8268

Fuente: Gobierno Regional Puno Dirección Regional Agraria Puno.



ANEXO – B

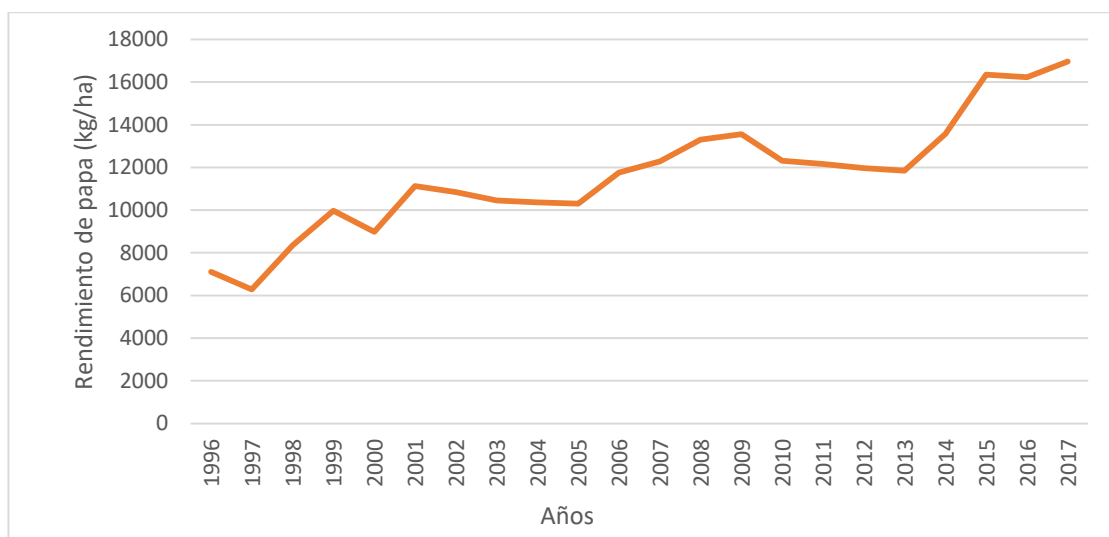


Figura B-1 Representación gráfica de rendimiento de papa de Cuyocuyo Kg/ha

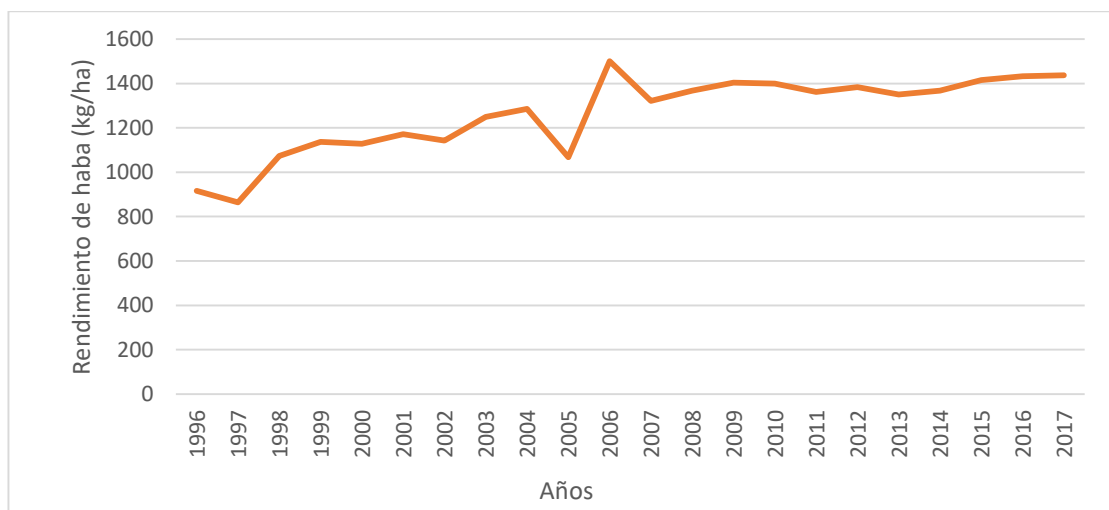


Figura B-2 Representación gráfica de rendimiento de haba de Cuyocuyo Kg/ha

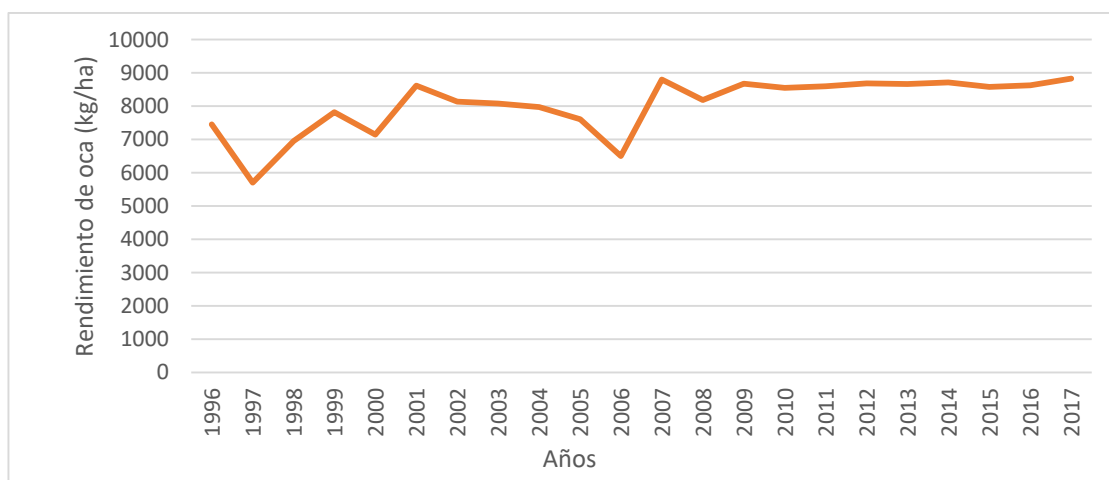


Figura B-3 Representación gráfica de rendimiento de oca de Cuyocuyo Kg/ha

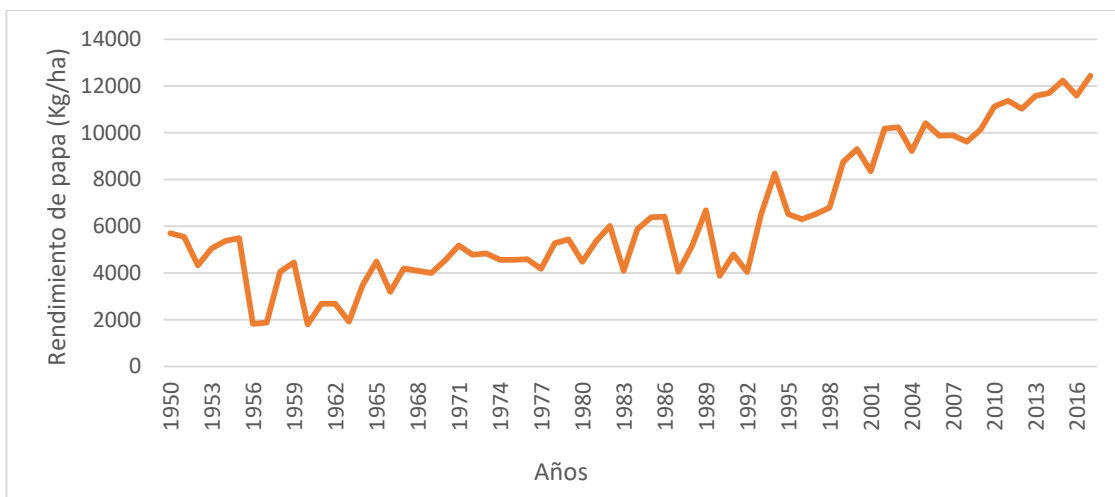


Figura B-4 Representación gráfica de rendimiento de cultivo de papa de Puno Kg/ha

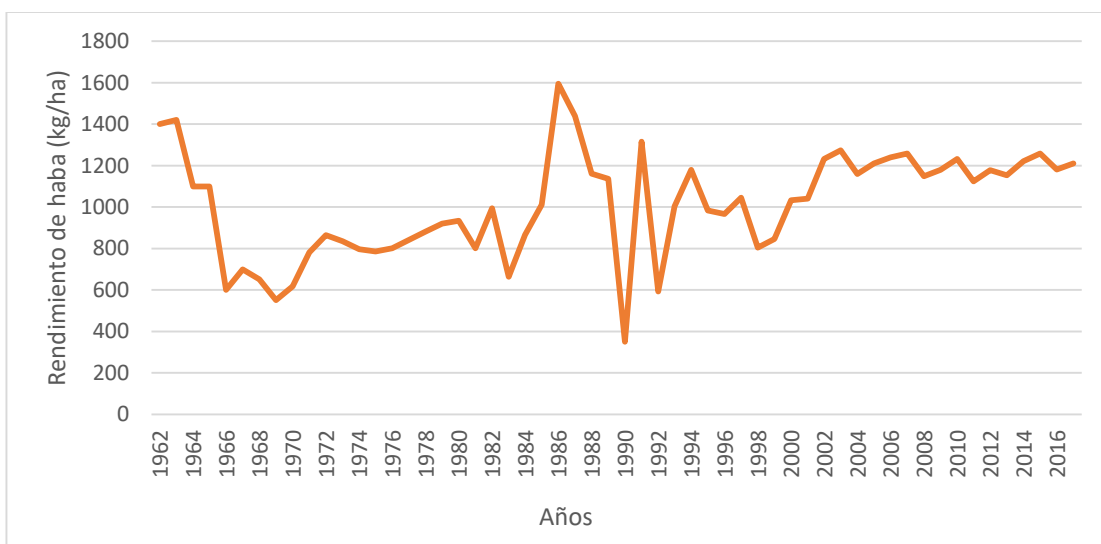


Figura B-5 Representación gráfica de rendimiento de cultivo de haba de Puno Kg/ha

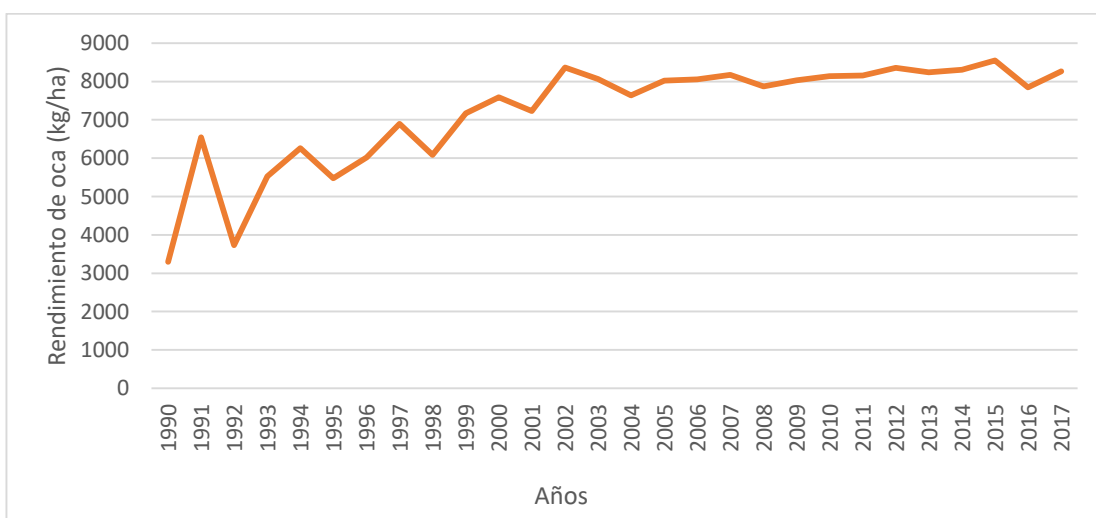


Figura B-6 Representación gráfica de rendimiento de cultivo de oca de Puno Kg/ha

## ANEXO – C



Vista C-1: Distrito de Cuyocuyo, y las comunidades de Puna Ayllu y Cojene.



Vista C-2: Andenes del sector de Huayllani del distrito de Cuyocuyo.



Vista C-3: Cultivo de papa en el sector de Laracany del distrito de Cuyocuyo.



Vista C-4: Cultivo de haba en la comunidad de Ura Ayllu del distrito de Cuyocuyo.

**ANEXO – D**

**PLANO DE UBICACIÓN DE PROYECTO Y**

**DATOS DE SERIES DE PRODUCCION AGRICOLA**

**DIRECCION REGIONAL AGRARIA PUNO**