

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA EN LA ZONA  
ALTA DEL DISTRITO DE ILAVE – EL COLLAO”**

**TESIS**

PRESENTADO POR:

**Bach. ROGER MAMANI OROCCOLLO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO AGRÍCOLA**

PUNO - PERU

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:**

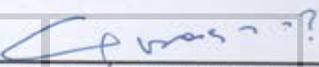
**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA PRODUCCIÓN  
DEL CULTIVO DE QUINUA EN LA ZONA ALTA DEL DISTRITO  
DE ILAVE – EL COLLAO”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**ROGER MAMANI OROCCOLLO**

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

**PRESIDENTE DEL JURADO**

  
Dr. JOSÉ J. VERA SANTA MARÍA

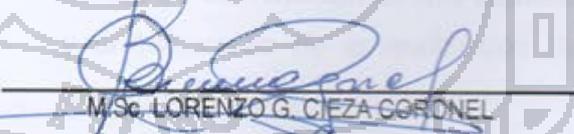
**PRIMER JURADO**

  
M.Sc. OSCAR R. MAMANI LUQUE

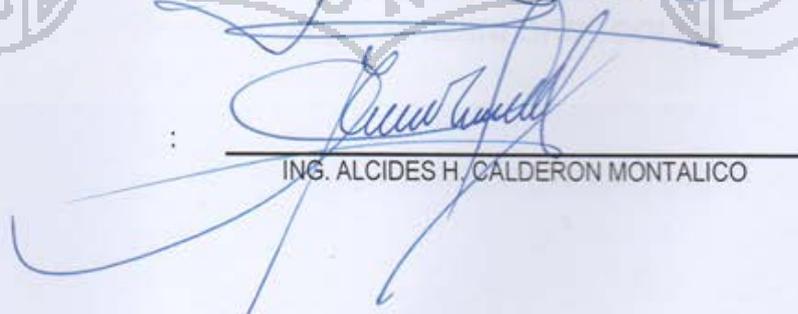
**SEGUNDO JURADO**

  
ING. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS

**DIRECTOR DE TESIS**

  
M.Sc. LORENZO G. CIEZA CORONEL

**ASESOR**

  
ING. ALCIDES H. CALDERON MONTALICO

TEMA: ORDENAMIENTO Y MEDIO AMBIENTE

ÁREA: VARIABILIDAD CLIMÁTICA

## DEDICATORIA

*Primeramente a Dios que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo.*

*Con mucho cariño e inmensa gratitud a mi padre **Gerónimo Mamani Huaricallo** y mi querida madre **Norma Oroccollo Vidal**, quienes con sus sacrificios e invalorable labores hicieron posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional.*

*A mi hermano **Amiel** con inmenso agradecimiento por su incondicional e incomparable aliento, quien supo alentarme en cada momento para la culminación del presente trabajo.*

*A mis amigos de ayer hoy y siempre quienes me han comprendido y apoyado incondicionalmente durante la fase de culminación de mis estudios y el transcurso de la realización del presente trabajo.*

**Roger MAMANI OROCCOLLO.**

## AGRADECIMIENTOS

- *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 nuestra alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela profesional de Ingeniería Agrícola, que me dio la oportunidad de formarme como profesional.*
- *Asimismo, a mi Director de M.Sc. Lorenzo G. CIEZA CORONEL, que con su empeño y dedicación compartió sus conocimientos y la labor de dirección desempeñada en este trabajo de investigación.*
- *A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.*
- *Al personal Administrativo Sra. Marleny CÓRDOVA DÍAS, Sra. Silvia LIMA ESCARCENA y todo el personal de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por su ayuda y colaboración en el desarrollo de este trabajo.*
- *A mis queridos amigos Elmer, Adolfo, Luis A. y Ovidio H., por brindarme su apoyo durante esta andadura que han estado ahí para lo que necesite.*
- *A Ministerio de Agricultura, a través de su sub órgano Agencia Agraria llave, por brindarme la información de los rendimiento del cultivo de quinua.*
- *Al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) por facilitarme la información de temperaturas y precipitación pluvial.*

*A todos ellos, mi eterna gratitud.*

**El Autor.**

## INDICE DE CONTENIDO

### RESUMEN

INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES.Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	4
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
II. MARCO TEORICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPOTESIS.....	6
2.1. MARCO TEORICO.....	6
2.1.1. Cambio climático.....	6
2.1.2. El clima.....	7
2.1.2.1. Elementos del clima.....	8
2.1.2.2. Factores del clima.....	8
2.1.2.3. Factores que modifican el clima.....	9
2.1. 2. El efecto invernadero.....	9
2.1.2.1. Principales gases de efecto invernadero.....	12
2.1.3. El cultivo de quinua.....	14
2.1.3.1. Nombres comunes.....	14
2.1.3.2. Clasificación taxonómica.....	15
2.1.3.3. Importancia.....	15
2.1.3.4. Origen.....	15
2.1.3.5. Variedades comerciales de quinua.....	17
2.1.3.6. Descripción botánica.....	19
2.1.3.7. Fases fenológicas.....	22
2.1.3.8. Requerimientos del cultivo.....	26
2.1.3.9. Rendimiento de la quinua.....	31
2.1.3.10. Plagas y enfermedades más importantes.....	32
2.1.3.11. Producción de quinua orgánica.....	33
2.1.3.12. Composición nutricional.....	34
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	39

2.2.1. Temperatura.....	39
2.2.1.1. Medición de la Temperatura.....	40
2.2.1.2. Escalas de Temperatura.....	42
2.2.1.3. Variaciones de Temperatura.....	42
2.2.2. La Quinoa.....	42
2.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	44
2.3.1. Hipótesis General.....	44
2.3.2. Hipótesis Específico.....	44
III. MATERIALES Y METODOS.....	45
3.1. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO:.....	45
3.1.1. Ámbito de estudio.....	45
3.1.2. Vías de comunicación y acceso.....	46
3.1.3. Población.....	46
3.1.4. Actividades económicas.....	46
3.1.5. Topografía de la zona.....	46
3.1.6. Clima.....	47
3.1.7. Temperatura.....	47
3.1.8. Asolamiento.....	47
3.1.9. Precipitaciones pluviales.....	47
3.1.10. Vientos.....	48
3.1.11. Humedad.....	48
3.1.12. Nubosidad.....	48
3.1.13. Días con helada.....	48
3.2. MATERIALES.....	49
3.2.1. Información temperatura.....	49
3.2.2. Información de rendimiento del cultivo de quinoa.....	49
3.2.3. Equipos utilizados.....	49
3.3. METODOLOGIA.....	50
3.3.1. Procedimiento.....	50
3.3.1.1. Coeficiente de determinación.....	51
3.3.1.2. Análisis de regresión.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55

4.1. TEMPERATURA.....	55
4.2. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA.....	56
4.3. ANALISIS DEL COMPOTAMIENTO DE TEMPERATURA PARA CADA CAMPAÑA AGRICOLA.....	57
4.4. DETERMINACION DE LA ECUACION DE CORRELACION PARA LA TEMPERATURA.....	72
4.5. ANALISIS DE TEMPERATURA VS RENDIMIENTO DE QUINUA (1998 2012).....	78
4.6. DETERMINACIÓN DE LA ECUACION DE CORRELACION PARA LA PRODUCCION.....	79
4.7. CALCULO DE RENDIMIENTOS CON DIFERENTES TEMPERATURAS.....	86
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIGRAFIA.....	90
ANEXOS.....	93



## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 2.1. Resumen de los gases que producen el efecto invernadero y sus fuentes que los originan. ....	12
Cuadro N° 2.2. Medidas para evaluar las heladas. ....	29
Cuadro N° 2.3. Composición de algunos granos andinos, en comparación con el trigo (g/100g) .....	35
Cuadro N° 2.4. Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela. ....	36
Cuadro N° 2.5. Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela. ....	36
Cuadro N° 2.6. Contenido de ácidos grasos de la quinua (g/100g de grasa) .....	37
Cuadro N° 2.7. Contenido de minerales en el grano de quinua, maíz y cebada .....	39
Cuadro N° 3.1. Vías de comunicación y acceso. ....	46
Cuadro N° 3.2. Estación meteorológica de Ilave. ....	49
Cuadro N° 3.3. Análisis de varianza (ANOVA) .....	54
Cuadro N° 4.1. Temperatura Media de Campaña Agrícola (1998 – 2012).....	55
Cuadro N° 4.2. Rendimiento del cultivo de quinua (1998 – 2012).....	56
Cuadro N° 4.3. Campaña Agrícola 1997 – 1998.....	57
Cuadro N° 4.4. Campaña Agrícola 1998 – 1999.....	58
Cuadro N° 4.5. Campaña Agrícola 1999 – 2000.....	59
Cuadro N° 4.6. Campaña Agrícola 2000 – 2001.....	60
Cuadro N° 4.7. Campaña Agrícola 2001 – 2002.....	61
Cuadro N° 4.8. Campaña Agrícola 2002 – 2003.....	62
Cuadro N° 4.9. Campaña Agrícola 2003 – 2004.....	63
Cuadro N° 4.10. Campaña Agrícola 2004 – 2005.....	64
Cuadro N° 4.11. Campaña Agrícola 2005 – 2006.....	65
Cuadro N° 4.12. Campaña Agrícola 2006 – 2007.....	66
Cuadro N° 4.13. Campaña Agrícola 2007 – 2008.....	67
Cuadro N° 4.14. Campaña Agrícola 2008– 2009.....	68
Cuadro N° 4.15. Campaña Agrícola 2009 – 2010.....	69
Cuadro N° 4.16. Campaña Agrícola 2010 – 2011.....	70
Cuadro N° 4.17. Campaña Agrícola 2011 – 2012.....	71

Cuadro N° 4.18. Calculo de sumatorias de temperatura y años .....	73
Cuadro N° 4.19. Cálculo de la sumatoria de $y$ y ajustada y error cuadrado.....	75
Cuadro N° 4.20. Calculo del análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura.....	76
Cuadro N° 4.21. Temperatura media anual y rendimiento de quinua.....	78
Cuadro N° 4.22. Calculo de sumatorias de temperatura y rendimientos. ....	80
Cuadro N° 4.23. Calculo de sumatoria de $y$ y error cuadrático .....	83
Cuadro N° 4.24. Cálculo del análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento. ....	84
Cuadro N° 4.25. rendimientos originados a diferentes niveles de temperatura.....	86



## INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 3.1. Temperatura optima de la quinua según FAO. ....	51
Grafico N° 4.1. Datos históricos de temperaturas media anual (1998 – 2012).....	55
Grafico N° 4.2. Comportamiento del rendimiento del cultivo de quinua. ....	56
Grafico N° 4.3. Temperatura media mensual de la campaña 1997 – 1998.....	57
Grafico N° 4.4. Temperatura media mensual de la campaña 1998 – 1999.....	58
Grafico N° 4.5. Temperatura media mensual de la campaña 1999 - 2000 .....	59
Grafico N° 4.6. Temperatura media mensual de la campaña 2000 - 2001. ....	60
Grafico N° 4.7. Temperatura media mensual de la campaña 2001 – 2002.....	61
Grafico N° 4.8. Temperatura media mensual de la campaña 2002 - 2003. ....	62
Grafico N° 4.9. Temperatura media mensual de la campaña 2003 - 2004. ....	63
Grafico N° 4.10. Temperatura media mensual de la campaña 2004 - 2005 .....	64
Grafico N° 4.11. Temperatura media mensual de la campaña 2005 - 2006. ....	65
Grafico N° 4.12. Temperatura media mensual de la campaña 2006 - 2007. ....	66
Grafico N° 4.13. Temperatura media mensual de la campaña 2007 - 2008. ....	67
Grafico N° 4.14. Temperatura media mensual de la campaña 2008 - 2009. ....	68
Grafico N° 4.15. Temperatura media mensual de la campaña 2009 - 2010. ....	69
Grafico N° 4.16. Temperatura media mensual de la campaña 2010 - 2011. ....	70
Grafico N° 4.17. Temperatura media mensual de la campaña 2011 - 2012. ....	71
Grafico N° 4.18. Análisis de tendencia de la temperatura media (1998 – 2012). ....	77
Grafico N° 4.19. Temperatura media anual vs rendimiento de quinua. ....	78
Grafico N° 4.20. Línea de tendencia del rendimiento de quinua. ....	85
Grafica N° 4.21. Rendimiento de quinua a diferentes niveles de temperaturas.....	87

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Efectos de cambio climático en la producción del cultivo de quinua en la zona Alta del distrito de Ilave”, surge ante el incremento en la concentración de gases del efecto invernadero, que ocasiona el calentamiento global. Este hecho genera un aumento de la temperatura, que está relacionado estrechamente con los cambios que experimentan los ecosistemas, de los cuales el más afectado es la agricultura. El presente trabajo se ha planteado como objetivo determinar y conocer cuál es el efecto de cambio climático con el comportamiento de la temperatura en la producción de quinua; se ha tomado como referencia los datos de temperatura y rendimiento de quinua de los últimos 15 años, para tener un grado de confiabilidad en los resultados. La metodología utilizada comprende en graficar y generar una ecuación polinómica de 4to grado con las variables de la temperatura y el rendimiento, con la finalidad de determinar el impacto de la variación de la temperatura que afectan al cultivo de Quinua y se evaluaron los resultados de los volúmenes de producción (basado en estándares de indicadores de rendimientos existentes), situación que ha permitido establecer el grado del efecto ocasionado en la zona de estudio. Posteriormente se procedió con el análisis de los resultados mediante el método correlacional descriptivo, llegando a la conclusión que el cultivo de quinua soporta una temperatura promedio mínima de  $7.6^{\circ}\text{C}$  y una máxima de  $10.5^{\circ}\text{C}$ , lo cual indica que el cultivo de Quinua es uno de los cultivos que tolera esta variación de temperatura y es una buena opción para fomentar su producción.

**Palabra clave:** Cambio climático, Variación de Temperatura, Producción de Quinua.

## ABSTRACT

The present named research work "Effects of climatic change in the production of the cultivation of quinoa at the Tall zone of Ilave's district", rise in front of the increment in the concentration of gases, that causes the global warming of the greenhouse effect. This fact generates an increase of temperature, the fact that the most affected is related narrowly with the changes that experience the ecosystems, of whom is the agriculture. The present work has come into question like objective to determine and to know which one is the effect of the climatic change with the behavior of the temperature in the production of the Quinoa, it has taken like reference the data of temperature and performance of the last ones 15 years, in order to have a grade of reliability in the results. The utilized methodology understands in graficar and generating a polynomial equation of 4to grade with the variables of temperature and the performance, with the purpose to determine the impact of the variation of the temperature that they affect to Quinoa's cultivation and the results of the volúmenes of production that you have allowed (based in standards of indicators of existent performances), situation evaluated themselves to establish the grade of the effect caused at the survey area. At a later time proceeded to him with the intervening income analysis the method descriptive correlacional, coming to the conclusion that than the cultivation of quinoa bears an average minimal temperature of  $7,6^{\circ}\text{C}$  and a maxim of  $10,5^{\circ}\text{C}$ , which indicates that Quinoa's cultivation is one of the cultivations that tolerates this variation of temperature and that is a good option to foment its production.

**Key word:** Climatic change, Variation of temperature, Production of quinoa.

## INTRODUCCIÓN

Para poder comprender el cambio global climático y el aumento de la temperatura, se debe primero comprender el clima global y cómo opera. El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielos (criosfera), los organismos vivos (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera). Sólo si se considera al sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y finalmente comprender las causas del cambio global.

El estudio se ha desarrollado en el ámbito de la zona alta del distrito de llave, provincia de El Collao, departamento de Puno, que está a una altura de 3880 hasta 4100 msnm. El cual presenta un clima frígido.

Los efectos del genotipo y del ambiente (temperatura), influye en rendimiento del cultivo y por ende afecta también a la producción agrícola de la Quinua.

Se ha estudiado el rendimiento de la producción de Quinua, debido que este cultivo es el que más se practica, es usado como fuente de alimentación y comercialización en las familias rurales. También la Quinua tiene otras utilidades como: alimentación de los animales, medicinal, control de plagas, como combustible, Industrial, etc.

Si bien es cierto, el rendimiento de Quinua se debe a diferentes factores como: calidad del aire, suelo, agua, la semilla, el entorno ambiental y el manejo agronómico. El presente estudio se ha tratado lo más elemental de la incidencia de estos factores, pero en el entorno principal de las pérdidas de las cosechas que se expresan en los bajos volumen de producción por efecto de las incidencias agrometeorológicas con la finalidad de adoptar medidas de contingencia científicas o tecnológicas pertinentes a fin de poder continuar conviviendo con la naturaleza.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES.Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el cambio climático se ha convertido en un grave problema ambiental que afecta a la supervivencia y el desarrollo futuro de la humanidad, ha atraído una amplia atención de las organizaciones no gubernamentales y la comunidad académica en el mundo. Uno de los sectores más sensibles al cambio climático es la agricultura, debido a que depende de factores climáticos como temperatura y precipitación, y cualquier grado de cambio climático generará impacto significativo para la producción agrícola y los procesos relacionados. El cambio climático afecta la agricultura del altiplano peruano de manera significativa, y que inevitablemente tendrá un impacto enorme en la producción agrícola en el futuro.

El altiplano peruano es afectado por el cambio climático, y se enfrenta a incremento de la temperatura promedio al igual que la frecuencia de las olas de calor; las temperaturas más cálidas aumentan la probabilidad de sequías; así como el aumento en la evaporación durante el verano podría elevar las condiciones de sequía; las temperaturas más cálidas aumentan la evaporación del agua y con ello las precipitaciones pluviales, afectando la economía en el sector agropecuario, por lo que se considera necesario conocer y precisar cómo afecta el cambio climático en la producción del cultivo de quinua en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao.

En actualidad la variación de temperatura afecta en el desarrollo del cultivo de Quinua en forma variada, cambiando así la producción y consiguiente el posible retraso en el sector agrario, generando bajos ingresos económicos en las familias que optan por comercializar este producto.

En el distrito de Ilave, los últimos años reportó una baja alimentación de los niños y por este motivo son vulnerables ante la presencia de enfermedades relacionadas con la mala alimentación, todo este problema de la insuficiente producción agrícola ocasiona que las familias emigren a otros lugares, buscando mejores alternativas de solución para su propia subsistencia,

dejando atrás la actividad agrícola y para cumplir con los objetivos del presente trabajo se ha planteado, las siguientes interrogantes:

**Interrogante General:**

- ¿Cómo influye el efecto del cambio climático en la producción de Quinua en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao?

**Interrogantes Específicas:**

- ¿Cuál es el efecto del cambio climático en el comportamiento de la temperatura en la producción de quinua, durante los últimos 15 años en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao?
- ¿Cuál es la relación entre la temperatura y el rendimiento de quinua en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao?



## 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

El cambio climático es indudablemente uno de los temas actuales más relevantes de la agenda mundial globalizada, que atraviesa la economía, el comercio y las decisiones políticas, ya que el cambio climático puede afectar el desarrollo de los países y tener grandes impactos en los países tropicales de América Latina y la región andina dentro de ella está entre los más afectados por las consecuencias del cambio climático.

(Vargas, 2009), “evidencia que el calentamiento del sistema climático es una realidad y de no adoptar una política ambiental internacional rígida frente a este tema, se habría más inminente avanzar hacia escenarios extremos de más de 5°C de aumentos de temperatura para fin de siglo; lo que significaría pérdidas de hasta 20% de PBI mundial.

Según (Senamhi, 2009) las tendencias climáticas observadas de largo plazo en los andes peruanos, la precipitación total anual y estacional presentan características regionales, y los factores locales condicionan comportamientos diferenciados con o sin dependencia de las variaciones interanuales asociadas a El Niño o La Niña. Así las tendencias observadas muestran aumentos sistemáticos en la lluvia de la vertiente occidental de la sierra, así como reducciones en parte de la vertiente oriental de la sierra sur y central

(Senamhi 2009 a,b y Senamhi 2007). Evaluaciones de los extremos climáticos de precipitación establecen que la región de la sierra central como un área homogénea con una clara tendencia a una disminución de eventos extremos de lluvia, mientras que la sierra norte se detecta un incremento de días extremadamente lluviosos. Se observa una disminución de los días fríos principalmente en la sierra sur y aumento de los días cálidos en toda la sierra. Se detecta un patrón de calentamiento en las partes altas, más intenso en relación a las partes baja y media de la vertiente occidental central (cuenca del río Santa), con tendencias de hasta +0.07 °C por año.

### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

#### 1.3.1 Objetivo General

Determinar el efecto de cambio climático en la producción del cultivo de quinua en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Graficar y analizar mediante el método correlacional descriptivo, el comportamiento de la temperatura de los últimos 15 años en la zona alta del distrito de Ilave –El Collao.
- Determinar la relación que existe entre la temperatura con el rendimiento del cultivo de quinua y generar una ecuación matemática de la zona alta del distrito de Ilave – El Collao.



## II. MARCO TEORICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPOTESIS.

### 2.1. MARCO TEORICO.

Para el presente estudio de investigación es necesario conocer los términos que se relaciona con el cambio climático, variación de la temperatura, conceptos de la quinua y su producción.

#### 2.1.1. Cambio climático.

El clima ejerce una influencia en la naturaleza y en nuestras vidas, determina en gran medida la fauna y la flora de cada lugar, la cantidad de agua dulce disponible, la variedad de los cultivos, también en la cultura y en los medios de vida de cada región del mundo.

(IPCC, 2000), Se llama cambio climático a la variación global del clima de la tierra tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etcétera. Por tanto, el cambio climático supone la ruptura de la estabilidad del clima, debido a cambios internos o externos de su sistema, bien por causas naturales o debidas a la actividad humana, e implica el paso de un estado climático a otro. Además de esta característica, el cambio climático se diferencia de una mera anomalía o fluctuación del clima, por su carácter sistemático, al afectar a todo el sistema climático.

(IPCC, 2000), El clima de la tierra nunca ha sido estático. Como consecuencia de alteraciones en el balance energético, el clima está sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Entre las variaciones climáticas más destacables que se han producido a lo largo de la historia de la tierra, figura el ciclo de unos 100.000 años de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares. El clima siempre ha variado, el problema del cambio climático es que en el último siglo el ritmo de estas variaciones se ha acelerado mucho, y la tendencia es que esta aceleración va a ser exponencial si no

se ponen medidas. Al buscar la causa de esta aceleración se encontró que existía una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado por las sociedades humanas industrializadas.

### **2.1.2. El clima.**

Según (Trewartha G., 1995), el clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un periodo representativo: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones principalmente. Estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la formación meteorológica, durante periodos que se consideran suficientemente representativos, de 30 años o más.

Estas épocas necesitan ser más largas en las zonas subtropicales y templadas que en la zona intertropical, especialmente, en la faja ecuatorial, donde el clima es más estable y menos variable en lo que respecta a los parámetros climáticos. Los factores naturales que afectan al clima son la latitud, altitud, continentalidad, corrientes marinas, vegetación y vientos. Según se refiere al mundo, a una zona o región, o localidad concreta se habla de clima global, zonal regional o local (microclima) respectivamente.

El clima es un sistema complejo por lo que su comportamiento es muy difícil de predecir, por una parte hay tendencias a largo plazo debidas, normalmente, a variaciones sistemáticas, como el aumento de la radiación solar o las variaciones orbitales pero, por otras, existen fluctuaciones caóticas debidas a la interacción entre forzamientos, retroalimentaciones y moderadores. Ni siquiera los mejores modelos climáticos tienen en cuenta todas las variables existentes por lo que, hoy en día, solamente se puede aventurar una previsión de lo que será el tiempo atmosférico del futuro más próximo. Asimismo el conocimiento del clima del pasado es, también, más incierto a medida que se retrocede el tiempo.

### 2.1.2.1. Elementos del clima

Los elementos constituyentes del clima son temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Tener un registro durante muchos años de los valores correspondientes a dichos elementos con respecto a un lugar determinado, nos sirve para poder definir como es el clima en ese lugar. De estos cinco elementos, los más importantes son la temperatura y las precipitaciones, porque en gran parte, los otros tres elementos o rasgos del clima están estrechamente relacionados con los dos que se han citado. Ello significa que la mayor o menor temperatura da origen a una menor o mayor presión atmosférica, respectivamente, ya que el aire caliente tiene menor densidad y por ello se eleva (ciclón o zona de baja presión), mientras que el aire frío tiene mayor densidad y tiene tendencia a descender (zona de alta presión o anticiclón) a su vez, estas diferencias de presión dan origen a los vientos (de los anticiclones a los ciclones), los cuales transportan la humedad y las nubes y, por lo tanto, dan origen a la desigual repartición de las lluvias sobre la superficie terrestre.

### 2.1.2.2. Factores del clima.

Según (Cazabone C. y Sivoli A., 1997), La atmosfera como capa continua de gases que envuelve a la tierra tiene una movilidad constante que se conoce como circulación atmosférica, pero cada una serie de factores influyen y modifica cada uno de los elementos del clima.

Unos son naturaleza cósmica, es decir, dependen de la forma y posición de la tierra en el sistema solar. Otros son de carácter geográfico y dependen de los mares montañas o zonas de la tierra. La atmosfera impide que los rayos solares lleguen directamente a la superficie terrestre, así protege del calor de los rayos y el enfriamiento que hay en la noche.

La latitud también influye en la climatología. Las temperaturas van en descenso del ecuador a los polos y el hemisferio sur es más húmedo y menos cálido que el norte.

La misma cantidad de calor actuando durante el mismo tiempo elevará la temperatura del suelo aproximadamente el doble que la del agua. El suelo se calienta dos veces más pronto que el agua.

### 2.1.2.3 Factores que modifican el clima.

Según (Trewartha G., 1995), los factores que modifican el clima son:

Latitud.

Altitud.

Orientación del relieve.

Masa de aguas (océanos).

Distancia al mar (continentalidad).

Dirección de los vientos planetarios y estacionales.

Corrientes oceánicas.

### 2.1. 2.El efecto invernadero

Según (Leins IT, 2011), La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno. El resto, menos de una centésima parte, son gases llamados "de invernadero". No los podemos ver ni oler, pero están allí. Algunos de ellos son el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno.

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para nuestra supervivencia. Cuando la luz solar llega a la Tierra, un poco de esta energía se refleja en las nubes; el resto atraviesa la atmósfera y llega al suelo. Gracias a esta energía, por ejemplo, las plantas pueden crecer y desarrollarse. Pero no toda la energía del Sol es aprovechada en la Tierra; una parte es "devuelta" al espacio. Como la Tierra es mucho más fría que el Sol, no puede devolver la energía en forma de luz y calor. Por eso la envía de una manera diferente, llamada "infrarroja". Un ejemplo de energía infrarroja es el calor que emana de una estufa eléctrica antes de que las barras comiencen a ponerse rojas.

Los gases de invernadero absorben esta energía infrarroja como una esponja, calentando tanto la superficie de la Tierra como el aire que la rodea. Si no existieran los gases de invernadero, el planeta sería ¡cerca de

30 grados más frío de lo que es ahora! En esas condiciones, probablemente la vida nunca hubiera podido desarrollarse. Esto es lo que sucede, por ejemplo, en Marte. En el pasado, la Tierra paso diversos periodos glaciales. Hoy día quedan pocas zonas cubiertas de hielo. Pero la temperatura mediana actual es solo 4°C superior a la del último periodo glacial, hace 18000 años.

El efecto de calentamiento que producen los gases se llama efecto invernadero: la energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero. En el Sol se producen una serie de reacciones nucleares que tienen como consecuencia la emisión de cantidades enormes de energía. Una parte muy pequeña de esta energía llega a la Tierra, y participa en una serie de procesos físicos y químicos esenciales para la vida.

Prácticamente toda la energía que nos llega del Sol está constituida por radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible. Mientras que la atmósfera absorbe la radiación infrarroja y ultravioleta, la luz visible llega a la superficie de la Tierra. Una parte muy pequeña de esta energía que nos llega en forma de luz visible es utilizada por las plantas verdes para producir hidratos de carbono, en un proceso químico conocido con el nombre de fotosíntesis. En este proceso, las plantas utilizan anhídrido carbónico y luz para producir hidratos de carbono (nuevos alimentos) y oxígeno. En consecuencia, las plantas verdes juegan un papel fundamental para la vida, ya que no sólo son la base de cualquier cadena alimenticia, al ser generadoras de alimentos sino que, además, constituyen el único aporte de oxígeno a la atmósfera.

En la fotosíntesis participa únicamente una cantidad muy pequeña de la energía que nos llega en forma de luz visible. El resto de esta energía es absorbida por la superficie de la tierra que, a su vez, emite gran parte de ella como radiación infrarroja. Esta radiación infrarroja es absorbida por algunos de los componentes de la atmósfera (los mismos que absorben la radiación infrarroja que proviene del Sol) que, a su vez, la remiten de nuevo hacia la Tierra. El resultado de todo esto es que hay una gran cantidad de

energía circulando entre la superficie de la tierra y la atmósfera, y esto provoca un calentamiento de la misma. Así se ha estimado que, si no existiera este fenómeno, conocido con el nombre de efecto invernadero, la temperatura de la superficie de la tierra sería de unos veinte grados bajo cero. Entre los componentes de la atmósfera implicados en este fenómeno, los más importantes son el anhídrido carbónico y el vapor de agua (la humedad), que actúan como un filtro en una dirección, es decir, dejan pasar energía, en forma de luz visible, hacia la tierra, mientras que no permiten que la Tierra emita energía al espacio exterior en forma de radiación infrarroja.

En lo que respecta al efecto invernadero, se está produciendo un incremento espectacular del contenido en anhídrido carbónico en la atmósfera a causa de la quema indiscriminada de combustibles fósiles, como el carbón y la gasolina, y de la destrucción de los bosques tropicales. Así, desde el comienzo de la Revolución Industrial, el contenido en anhídrido carbónico de la atmósfera se ha incrementado aproximadamente en un 20%. La consecuencia previsible de esto es el aumento de la temperatura media de la superficie de la tierra, con un cambio global del clima que afectará tanto a las plantas verdes como a los animales. Las previsiones más catastrofistas aseguran que incluso se producirá una fusión parcial del hielo que cubre permanentemente los polos, con lo que muchas zonas costeras podrían quedar sumergidas bajo las aguas. Sin embargo, el efecto invernadero es un fenómeno muy complejo, en el que intervienen un gran número de factores, y resulta difícil evaluar tanto el previsible aumento en la temperatura media de la tierra, como los efectos de éste sobre el clima.

Aun cuando no es posible cuantificar las consecuencias de éste fenómeno, la actitud más sensata es la prevención. El obtener un mayor rendimiento de la energía, así como el utilizar energías renovables, produciría una disminución del consumo de combustibles fósiles y, por lo tanto, de nuestro aporte de anhídrido carbónico a la atmósfera. Esta prevención también incluiría la reforestación, con el fin de aumentar los medios naturales de eliminación de anhídrido carbónico. En cualquier caso, lo importante es ser

conscientes de cómo, en muchas ocasiones, nuestras acciones individuales tienen influencia tanto sobre la atmósfera como sobre la habitabilidad del planeta.

### 2.1.2.1 Principales gases de efecto invernadero.

Cuadro N° 2.1: Resumen de los gases que producen el efecto invernadero y sus fuentes que los originan.

GASES DE EFECTO	FUENTE
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Gas de invernadero producido por uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación). Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra, sin embargo en la actualidad, es responsable de casi el 76 % del calentamiento global previsto para los próximos años
Metano (CH <sub>4</sub> )	Al igual que el CO <sub>2</sub> , es producido por la combustión de combustible fósil, asimismo, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón al aire libre, cultivos de arroz y por la digestión alimenticia de los animales.
Óxido Nitroso N <sub>2</sub> O	Liberado por la combustión de vehículos motorizados Diesel, así como el empleo de fertilizantes nitrogenados.
Vapor de Agua (H <sub>2</sub> O)	Por evaporación, ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo
Ozono (O <sub>3</sub> )	Presente en la estratosfera y la troposfera.
Hidrofluorocarbonos o HFC	Es usado por el hombre como disolvente para los aerosoles, refrigerantes y dispersores de espuma de uso industrial y doméstico
Perfluorocarbonos o PFC	Es provocado por la acción del hombre por la producción de aluminio por electrólisis.
Hexafluoruro de azufre o SF <sub>6</sub>	Provocado por la acción del hombre en la producción de magnesio

**FUENTE:** Asociación Civil Labor / Amigos de la Tierra – Perú

**Vapor de agua (H<sub>2</sub>O).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), el vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es el que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o el vaho blanco de una cacerola o un congelador, vulgarmente llamado "vapor", no son vapor de agua sino el resultado de minúsculas gotas de agua líquida o cristales de hielo.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), Óxido de carbono (IV), también denominado dióxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.

**Metano (CH<sub>4</sub>).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), el metano (del griego methy, vino, y el sufijo -ano) es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH<sub>4</sub>. Cada uno de los átomos de hidrógeno está unido al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida. En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Muchos microorganismos anaeróbicos lo generan utilizando el CO<sub>2</sub> como aceptor final de electrones. Constituye hasta el 97% del gas natural. En las minas de carbón se le llama grisú y es muy peligroso ya que es fácilmente inflamable y explosivo. El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que podría contribuir al calentamiento global del planeta tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 23; pero que su concentración es bajísima. Esto significa que en una media de tiempo de 100 años cada Kg de CH<sub>4</sub> calienta la tierra 25 veces más que la misma masa de CO<sub>2</sub>, sin embargo hay aproximadamente 220 veces más

dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra que metano por lo que el metano contribuye de manera menos importante al efecto invernadero.

### **Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), el término óxidos de nitrógeno (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>) se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.

### **Ozono (O<sub>3</sub>).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), el ozono (O<sub>3</sub>), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O<sub>2</sub>), formando moléculas de Ozono (O<sub>3</sub>).

### **Clorofluorocarbonos (CFC).**

Según (Colque M y Sanches V, 2007), el clorofluorocarburo, clorofluorocarbono o clorofluorocarbon, es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente. Debido a su alta estabilidad fisicoquímica y su nula toxicidad, han sido muy usados como líquidos refrigerantes, agentes extintores y propelentes para aerosoles. Fueron introducidos a principios de la década de los años 1930 por ingenieros de General Motors, para sustituir materiales peligrosos como el dióxido de azufre y el amoníaco.

## **2.1.3 El cultivo de quinua.**

### **2.1.3.1. Nombres comunes**

Según (Mújica, 1993), La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían con los diferentes idiomas.

**En Perú:** Quinoa, Jiura, Quiuna; en Colombia: Quinoa, Suba, Supha, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca; en **Ecuador:** Quinoa, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate; en **Bolivia:** Quinoa, Jupha, Jiura; en **Chile:** Quinoa, Quingua, Dahuie; en **Argentina:** Quinoa, quiuna.

### 2.1.3.2. Clasificación taxonómica

Según (Mújica, 1993), la quinua está ubicada dentro de la sección Chenopodia y tiene la siguiente posición taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Angiospermas
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: Chenopodium
Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata
Especie	: Chenopodium quinoa, Will.

### 2.1.3.3. Importancia

Según (Mújica, 1993), Constituye un aporte de nuestra cultura para todo el mundo, según estudiosos, este cultivo viene cobrando cada vez mayor importancia por su diversidad y utilidad en países con fragilidad de sus ecosistemas, sumando a sus bondades nutricionales que satisface las necesidades de alimentación básica (seguridad alimentaria) del productor, además generando ingresos económicos por la venta de sus excedentes de producción.

### 2.1.3.4. Origen

Según (Lescano 1989; Tapia, 1990), Se atribuye su origen a la zona andina del Altiplano Perú-boliviano, por estar caracterizada por la gran cantidad de especies silvestres y la gran variabilidad genética, principalmente en ecotipos, reconociéndose cinco categorías básicas.

#### a. Quinoa de los valles

Según (Tapia, 1990), crecen en los valles interandinos de 2000 a 3600 m.s.n.m., se caracterizan porque tienen gran desarrollo, pueden llegar de 2 a 2.5 m de altura, son ramificadas, su periodo vegetativo es largo, con panojas laxas, con inflorescencia amarantiforme, son tolerantes al mildiu, en este grupo tenemos a la blanca de Junín, amarilla de Marangani y rosada de Junín.

#### **b. Quinuas altiplánica**

Según (Tapia, 1990), Crecen en lugares aledaños al lago Titicaca a una altura de 3 800 m.s.n.m., estos cultivos se caracterizan por tener buena resistencia a las heladas, son bajos en tamaño, no ramificados (tienen un solo tallo y panoja terminal que es glomerulada densa), llegan a tener una altura de 1.00 a 2.00 m., con periodo vegetativo corto, se tiene quinuas precoces como: Illpa-INIA y Salcedo-INIA, semi-tardías: blanca de Juli, tardías: como la kancolla, chewecca, tahuaco, Amarilla de Marangani.

#### **c. Quinuas de los salares**

Según (Lescano, 1989), Son nativas de los salares de Bolivia, como su nombre lo indica son resistentes y se adaptan a suelos salinos y alcalinos, los granos son amargos y tienen alto porcentaje de proteínas miden de 1 a 1.5 m. de altura, presentan un solo tallo desarrollado; tenemos: la real boliviana, ratuqui, rabura, sayaña (variedades del altiplano boliviano).

#### **d. Quinuas al nivel del mar**

Según (Lescano, 1989; Tapia, 1990), Crecen en el Sur de Chile, son en su generalidad no ramificadas y los granos son de color amarillo a rosados y a su vez amargas, como en el Sur de Chile en Concepción, las quinuas se caracterizan por tener un foto período largo y la coloración de los granos de color verde intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.

### e. Quinuas sub-tropicales

Según (Lescano, 1989), Crecen en los valles interandinos de Bolivia, se caracterizan por ser plantas de color intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.

#### 2.1.3.5 Variedades comerciales de quinua

Según (Mújica, 1983), Las variedades con mayor difusión y mayor aceptación por el mercado, en el departamento se tienen:

##### a. Grano blanco

Salcedo-INIA, Illpa-INIA, blanca de Juli, kancolla, chewecca, tahuaco, Camacani I y Camacani II.

##### • Salcedo-INIA:

Selección surco-panoja var. “real boliviana x sajama”, en la estación experimental de Patacamaya, introducido en Puno en 1989, grano grande de 1.8 a 2 mm de diámetro de color blanco, panoja glomerulada, periodo vegetativo de 160 días (precoz), rendimiento 2500 Kg. /ha, resistente a heladas (- 2°C), tolerante al mildiu. Se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre.

##### • Illpa-INIA.

Esta variedad se genera a partir de la cruce de las variedades sajama x blanca de Juli, realizado en los campos experimentales de Salcedo-Puno, en el año de 1985, presenta tamaño de grano grande de 1.8 a 2mm de diámetro, de color blanquecino, panoja glomerulada, periodo vegetativo de 150 días (precoz), rendimiento promedio 3,083 Kg. /ha resistente heladas, tolerante al mildiu.

##### • Blanca de Juli.

Selección de ecotipos locales de Juli-Puno grano mediano con 1.4 a 1.8 de diámetro, de color blanco, semidulce, tipo de panoja glomerulada algo laxa, periodo vegetativo 160 a 170 días (semitardia), rendimiento 2500 Kg/ha,

tolerancia intermedio al mildiu, apta para zona circunlacustre, zonas de Juli, Pomata, Zepita, Península de Chucuito e Ilave.

- **Kancolla.**

Obtenido por la selección masal de ecotipos de Cabanillas (Puno), grano mediano de 1.6 a 1.9mm de diámetro, de color blanco o rosado, alto contenido en saponina, tipo de panoja glomerulada, periodo vegetativo 160 a 180 días (tardía) rendimiento 3500 Kg. /ha, tolerancia intermedia al mildiu, muy atacado por la kcona kcona (*Eurysacca quinoa* Povof.), recomendable para zonas alejadas del lago Titicaca, como Juliaca, Cabanillas, Azángaro.

- **Chewecca.**

Obtenida por selección de ecotipos de Orurillo (Puno), grano pequeño de 1.2mm. De diámetro, de color blanco, semidulce, tipo de panoja amarantiforme, periodo vegetativo 180 a 190 días (tardía), rendimiento 3000 Kg. /ha resistente al ataque del mildiu, recomendable para zona Melgar, recomendada para las zonas de Lampa, Azángaro, Mañazo y Vilque.

- **Tahuaco.**

Obtenida por selección surco panoja de ecotipos tipo kancolla, presenta grano de tamaño Mediano de 1.5 a 1.7mm de diámetro, de color blanco, es semi-dulce, su panoja es amarantiforme, periodo vegetativo de 180 a 190 días (tardía), rendimiento promedio de 3000Kg/ha, resistencia al ataque del mildiu, recomendada para las zonas de Lampa y Azángaro.

- **Sajama.**

Esta variedad se genera, a partir de la cruce de dos líneas, Real 547 x dulce 559, es de origen Boliviano, es precoz de alto rendimiento, de grano blanco y grande, de 2 a 2.2mm de diámetro, es una variedad dulce libre de saponina, su panoja es glomérulada, de 170 días de periodo vegetativo, llega a una altura de 1.10m, es susceptible al ataque ornitológico y mildiu por su carácter dulce, tiene un rendimiento de 3000Kg/ha; se adapta bien en Azángaro, Ayaviri y Lampa.

- **Witulla.**

Es una variedad resultado de una selección masal predominante en la zona de llave (Puno), de grano mediano de 1.5 a 1.8mm de diámetro es de color morado a rosado, panoja tipo amarantiforme, es amarga y se le cultiva por la zona de llave, con rendimientos de 1200 a 1800Kg/ha, periodo vegetativo de 180 días, resistente al ataque de mildiu.

- b. Grano de color.**

- **Pasankalla.**

Es una variedad de color de grano plumizo a rosado, de sabor amargo, periodo vegetativo tardía, con gran aceptación en el mercado externo por sus cualidades de transformación.

- **Amarilla de Maranganí o cica 17 del Cusco.**

De selección masal de zona de Sicuani (Cusco), grano de color amarillo, con alto contenido de saponina, panoja tipo amarantiforme, con rendimiento de 3500Kg/ha, tiene un periodo vegetativo de 210 días, es resistente al ataque de mildiu.

#### **2.1.3.6. Descripción botánica.**

- a. Raíz.**

Según (Tapia, 1990; Dizes y Bonifacio, 1992; Rojas, 2003), el tipo de raíz varía de acuerdo a las fases fenológicas. Empieza con raíz pivotante terminando en raíz ramificado con una longitud de 25 a 30cm., según el ecotipo, profundidad del suelo y altura de la planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias.

- b. Tallo.**

Según (Mújica, 1992), Es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando

va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la kancolla y otros colores según el ecotipo de cada zona (el color varía de acuerdo a las fases fenológicas, se pueden diferenciar bien los colores en la floración). Cuando se tiene plantas monopólicas (de un solo tallo), se puede inducir cortando la yema apical para tener plantas simpodicas (de varios tallos); esta técnica se debe realizar antes del inicio de panojamiento.

### **c. Hojas.**

Según (Tapia, 1990; Rojas, 2003), Son simples, enteras, esparcidas, glabras, pecioladas, sin estipulas, pinnatinervadas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, podemos notar que la hoja está formada por una lámina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos, las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores son lanceoladas que se ubican cerca de las panojas. Pueden tomar diferentes coloraciones, va del verde al rojo o púrpura (dependiendo de la variedad).

La inserción de las hojas en el tallo es alterna, en cada nudo se observan de 5 a 12 hojas de acuerdo a cada variedad y la distancia entre nudos es de 0.8 a 4cm. La hoja es por excelencia el órgano clorofiliano esencial de la respiración y la asimilación CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico). El número de dientes por hoja varía de 2 a 14 dependiendo de la variedad.

### **d. Inflorescencia.**

Según (Cardenas, 1944), Es de tipo racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se le denomina como una panoja, por el hábito de crecimiento algunas inflorescencias se difieren por que pueden ser axilares y terminales. En algunas variedades no se tiene una diferencia clara y pueden ser ramificadas teniendo una forma cónica, el eje principal de la

inflorescencia es de forma angulosa o piramidal y tiene dos surcos, donde se ubican las flores. De acuerdo a la forma de panoja; se le considera amarantiforme, cuando sus glomérulos están insertados en el eje secundario y glomérulada, cuando los glomérulos están insertos en el eje primario o principal y toda la panoja tiene la forma, de un solo glomérulo. De acuerdo a la densidad de panoja que se presentan estas son considerados: compactas, semicompactas o semilaxas y laxas.

#### **e. Flores.**

Según (Heisser y Nelson, 1974; Mujica, 1992), En una misma inflorescencia pueden presentar flores hermafroditas (perfectas), femeninas y androésteriles (imperfectas). Generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente. Las flores son pequeñas de 1 a 2mm de diámetro como en todas las Quenopodiáceas, son flores incompletas porque carecen de pétalos. Hay un grupo intermedio como la blanca de Juli, originaria de Puno, en el cual el grado de cruzamiento depende del porcentaje de flores pistiladas.

#### **f. Fruto.**

Según (Tapia, 1990), El que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor. El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; el color del grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana.

#### **g. Semilla.**

Según (Rojas, 2003), Tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de la semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2mm. Ejm. Var. Sajama, salcedo-INIA, Illpa-INIA; mediano de diámetro 1.8 a 1.9mm. Ejm. Var. Kancolla, tahuaco, chewecca y pequeño menos de 1.7mm de diámetro. Ej. Choclo, Blanca de

Juli. El pericarpio, está formado por tres capas, pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0.2% - 5.1%. El pericarpio es suave en los ecotipos chilenos y duro en los demás ecotipos.

Directamente bajo del pericarpio está el episperma, una membrana delgada que cubre al embrión. El embrión está formado por los dos cotiledones y la radícula envuelve al perisperma en forma de anillo. El perisperma presenta la sustancia de reserva y contiene pequeños granos de almidón. Su color es siempre blanco.

Cabe destacar que el embrión presenta la mayor proporción de la semilla (30% de peso), mientras que en los cereales corresponde solamente al 1%. De allí resulta el alto valor nutritivo de la quinua. Las semillas vienen dispuestas en panojas, éstas tienen entre 15 y 70cm, puede llegar a un rendimiento de 220g de granos por panoja.

Los colores varían según la variedad y el estado fisiológico de la planta, así van del púrpura al rosado amarillo, del verde al amarillo pálido, etc. Los granos, cuyo color también varía (blanco, gris, rosado). La capa externa que la cubre es rugosa y seca, se desprende con facilidad al ser puesta en contacto con agua caliente o hervida, en esta capa (pericarpio) se almacena la sustancia amarga denominada saponina que al ser lavada se elimina en forma de espuma. El grado de amargor varía según los tipos de quinua. El contenido de la saponina en la quinua es de entre 0-6% dependiendo de la variedad.

#### **2.1.3.7. Fases fenológicas.**

Según (Mújica, 1998), La duración de las fases fenológicas depende mucho de los factores medio ambientales que se presenta en cada campaña agrícola por ejemplo; si se presenta precipitación pluvial larga de 4 meses continuas (enero, febrero, marzo y abril), sin presentar veranillos las fases fenológicas se alarga por lo tanto el periodo vegetativo es largo y el rendimiento disminuye.

Cuando hay presencia de veranillos sin heladas, la duración de las fases fenológicas se acorta y el periodo vegetativo también es corto y el rendimiento es óptimo. También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo o alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario.

#### **a. Emergencia.**

Según (Mújica, 1998), Es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto depende de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al cuarto día o sexto día de la siembra. En esta fase la planta puede resistir a la falta de agua, siempre dependiendo del tipo de suelo; si el suelo es franco-arcilloso. Si el suelo es franco-arenoso, puede resistir aproximadamente, hasta 7 días. También la resistencia depende mucho, del tipo de siembra; si es al voleo sin hacer surco, no resistirá a la sequía; si se siembra también al voleo pero dentro del surco, podrá resistir a la sequía.

#### **b. Dos hojas verdaderas**

Según (Mújica, 1998), Es cuando dos hojas verdaderas, extendidas que ya poseen forma lanceolada y se encuentra en la yema apical el siguiente par de hojas, ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido en las raíces. En esta fase la planta también es resistente a la falta de agua, pueden soportar de 10 a 14 días sin agua, siempre dependiendo de los factores ya mencionados en la emergencia.

#### **c. Cuatro hojas verdaderas**

Según (Mújica, 1998), Se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del ápice; en inicio de formación de yemas axilares del primer par de hojas; ocurre aproximadamente a los 25 a 30 días después de la siembra.

**d. Seis hojas verdaderas**

Según (Mújica, 1998), Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre aproximadamente a los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas.

**e. Ramificación**

Según (Mújica, 1998), Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria. Desde la fase de cuatro hojas verdaderas hasta fase se puede consumir las hojas en reemplazo a la espinaca.

**f. Inicio de panoja miento**

Según (Mújica, 1998), La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observado alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello puede ocurrir aproximadamente a los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento

**g. Panojamiento**

Según (Mújica, 1998), La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, puede ocurrir aproximadamente a los 65 a los 75 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales, como por ejemplo a la coliflor.

#### **h. Inicio de floración**

Según (Mújica, 1998), Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, aproximadamente puede ocurrir a los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía con helada; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por es perigonio de un color verde limón.

#### **i. Floración**

Según (Mújica, 1998), Se considera a esta fase cuando el 50% de las flores de la inflorescencia de las panojas se encuentran abiertas, puede ocurrir aproximadamente a los 90 a 80 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas y granizadas, debe observarse la floración a medio día cuando hay intensa luminosidad solar, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentra cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas. Cuando hay presencia de veranillos o sequías de 10 a 15 días de duración en esta fase es beneficioso para una buena polinización; cruzada o autopolinizada, siempre en cuanto no haya presencia de heladas.

#### **j. Grano lechoso**

Según (Mújica, 1998), El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente el llenado de grano (en suelos franco-arenoso), pero en suelos francoarcilloso es normal.

#### **k. Grano pastoso.**

Según (Mújica, 1998), El estado de grano pastoso es cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, puede ocurrir aproximadamente a los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase

el ataque, de Kcona-kcona (*Eurysacca quinoae*) y aves (gorriones, palomas) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano. En esta fase no son necesario las precipitaciones pluviales (lluvia).

### **I. Madurez fisiológica.**

Según (Mújica, 1998), Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 160 a 180 días a más después de la siembra, el contenido de humedad del grano varia de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta. En esta fase la presencia de lluvia es perjudicial porque hace perder la calidad y sabor del grano.

#### **2.1.3.8. Requerimientos del cultivo.**

##### **a. factores ambientales**

Según (Tapia, 1990), las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación, etc.

Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos.

En lo siguiente se detallan las tolerancias y necesidades de la quinua frente a estos factores ambientales.

##### **• Suelo**

Según (Mujica, 1993), en lo referente al suelo la quinua prefiere de un suelo franco arenoso a franco arcilloso, con buen drenaje, con pendientes moderadas, con profundidad promedia y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta depende de los nutrientes aplicados al cultivo anterior

que es generalmente papa. La quinua se adapta bien a diferentes tipos de suelos.

- **pH**

Según (Mujica, 1993), la quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo de 6.5- 8.5, y con 12mhos/cm de C.E.

- **Agua**

Según (Mujica, 1993), en cuanto a la precipitación:

- Optimo: 300 – 500 mm
- Máximo: 600 – 800 mm

En cuanto al agua, la quinua es un organismo eficiente en el uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo en años más o menos seco de 300 – 500mm de agua, pero sin heladas se obtiene buena producción.

- **Temperatura**

Según (Mujica, 1993), La temperatura óptima para la quinua esta alrededor de 8 – 15°C, puede soportar hasta -4°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. La temperatura está determinada por la altura, la inclinación y exposición del campo y por la densidad del cultivo. La única posibilidad del productor de influir sobre la temperatura es mediante la selección de un campo bien ubicado y de la densidad de la siembra.

Para una germinación aceptable la temperatura mínima para la quinua es de 5°C. Temperaturas mayores a 15°C, causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (sí las condiciones son secas) u hongos (sí las condiciones son húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas diurnas fuerza la formación de la panoja y su maduración, lo que repercute en bajos rendimientos.

**• Heladas**

Según (Mujica, 1993), las heladas se dan por temperaturas < de - 4°C y causan rupturas del plasma mediante la formación de cristales de hielo en las intercelulares de la planta.

Las heladas ocurren especialmente -en alturas elevadas, cuando hay cielo despejado, ausencia de viento, en las horas de la madrugada.

La resistencia de la quinua frente a las heladas depende:

- Del estado fenológico: La quinua resiste sin problemas heladas hasta - 5°C por 20 días, excepto en sus fases críticas, que son los primeros 60 días después de la siembra y la fase de la floración.
- De la variedad: Hay ecotipos que resisten bien a heladas hasta - 8°C, y que después de daños ocurridos se recuperan a través de la producción de ramas secundarias.

**Medidas de prevención de heladas**

- Quemar aserrín, estiércol o paja; en la madrugada (desde las 3:00-6:00 a.m.) en un costado del cultivo durante la helada, calentando y produciendo movimiento del aire a la altura de las plantas.
- Regar por aspersión el campo de quinua antes de darse la helada, produciendo de esta manera un ligero aumento de temperatura a través del calor que despiden el agua durante su congelación.
- Colocar muros de piedra alrededor del campo en sitios de riesgo, para que las piedras guarden el calor durante el día y lo irradian de noche.
- Sembrar ecotipos resistentes a heladas. (seleccionar plantas sin daños en un campo afectado por heladas para obtener semilla para el próximo año).

Para evaluar daños por heladas en el campo se puede usar la escala presentada en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2.2: Medidas para evaluar las heladas.

GRADOS	RESISTENCIA	OBSERVACIONES
1	Muy resistente	Planta sin signos de daños – tallos erectos.
2	Resistente	Planta 10 – 20% afectada en sus hojas – ligeros daños en tallo y panoja
3	Poco susceptible	Planta 21 – 40% afectada en sus hojas – daños en tallo y panoja.
4	Susceptible	Planta 41 – 60% afectada en sus hojas y tallo, pocas posibilidades de recuperación posterior.
5	Muy susceptible	Planta > 61% afectada en sus hojas y tallo, pocas posibilidades de recuperación, producción nula.

FUENTE: Escala de cuantificación de daños causados por heladas.

#### • Sequía

Según (Mujica, 1993), la quinua soporta épocas de sequía prolongada hasta 60 días, excepto en los estados fenológicos de:

- Germinación hasta 4 hojas verdaderas.
- Floración.
- Madurez de estado lechoso.

Durante estas fases necesita casi 5 mm/día para un abastecimiento óptima.

#### • Humedad

Un exceso de humedad es dañino en las épocas de:

- Floración (polen se convierte inviable).
- Madurez de estado pastoso y completo (la quinua puede germinar en la panoja).
- Cosecha (altos costos de secado).

Durante todo el ciclo del cultivo un exceso de humedad, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, favorece al ataque de hongos.

### **Medidas para regular las necesidades del cultivo con agua**

- Definir la fecha correcta de la siembra (así, que la siembra coincida con épocas de lluvia y la cosecha con épocas de sequía).
- Regar.
- Elegir ecotipos adaptados a condiciones húmedas o secas.

#### **• Granizo**

Según (Mujica, 1993), los granizos causan daños en el follaje, reduciendo la fotosíntesis y el rendimiento. Es especialmente desventajoso en el estado de madurez del grano, porque puede causar un desgrane completo.

Se han visto que hay variedades menos susceptibles al granizo y que se caracterizan por:

- ser precoces.
- tener láminas gruesas.
- tener un menor ángulo de inserción de las hojas.

#### **• El viento**

Según (Mújica, 1993), Cuando las lluvias vienen acompañadas de fuertes vientos, producen el volcamiento o “acame” de la quinua, lo que incide posteriormente en la baja de los rendimientos, por la interrupción que sufre el desarrollo normal de la planta. Los granos no llenan las panojas, produciéndose lo que se conoce como vaneamiento.

Los vientos secos y calientes pueden adelantar la maduración del grano si se presentan después de su formación, lo cual trae como consecuencia el adelgazamiento del mismo y consecuentemente la pérdida de su calidad. Para el cultivo de la quinua deben evitarse los sectores excesivamente ventosos en vista de que son proclives a su rápida desecación y posteriormente, el acame de las plantas.

En determinados sectores del norte del país donde se cultiva quinua se aprovechan los fuertes vientos que aparecen en los meses de agosto y septiembre para “ventear” el grano después de que este ha sido sometido al proceso de trilla.

- **Radiación**

Según (Mujica, 1993), la quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética.

- **Fotoperiodo**

Según (Mujica, 1993), el fotoperiodismo de la quinua es variable, depende de su origen:

Variedades que vienen de cerca de la línea ecuatorial son cultivos de día corto en dos aspectos de su desarrollo: Necesitan por lo menos 15 días cortos (< que 10 horas de luz) para inducir la floración y también para la maduración de los frutos.

Este cultivo prospera adecuadamente con 12 horas de luz por día, en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú-Boliviano.

- **Altitud**

Según (Mújica, 1993), La quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4,000 metros sobre el nivel del mar. Quinuas sembradas al nivel del mar alargan su periodo vegetativo, debido a la alta humedad comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiendo obtenido hasta 6,000 Kg./ha, con riego y buena fertilización.

### **2.1.3.9. Rendimiento de la quinua.**

Según (Tapia, 1990), los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800Kg/Ha a 1400Kg/Ha en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener rendimientos hasta de 3000 Kg/Ha.

A parte del grano de quinua tenemos

- Kiri 5000Kg.
- Jipi 200 – 300Kg con mayor porcentaje de proteínas utilizado en la alimentación animal.

El Kiri, está conformado por los tallos y el Jipi, por pequeñas partes de hojas y restos de inflorescencias (tépalos o perigonio, pedúnculos).

**a. Clases de semilla:**

Semilla genética 100% de pureza.

Semilla básica.

Semilla registrada.

Semilla certificada.

Semilla autorizada 50% de pureza.

**Semilla genética.-** Esta controlado directamente por el fitomejorador, es la que se obtiene del cruzamiento o multiplicación, es libre de virus u otros patógenos, esta semilla da origen a la semilla básica que es conocida también como semilla élite, fundamentalmente esta se caracteriza por que mantiene la identidad y la pureza genética de la variedad.

**Semilla registrada.-** Es la progenie de la semilla básica, esta conserva su identidad y pureza genética, puede ser manejada por estaciones experimentales o centros experimentales y por algunos productores calificados.

**Semilla certificada.-** Es la progenie de la semilla registrada, debe mantener la suficiente identidad y pureza genética; la semilla autorizada es al progenie de la semilla certificada.

### 2.1.3.10. Plagas y enfermedades más importantes

**a. Insectos plaga.**

Según (Saravia y Quispe, 2005), la producción y productividad de la quinua es limitada por la acción nociva de insectos plaga, estos dañan directamente cortando plantas tiernas, masticando y defoliando hojas, picando-raspando y succionando la savia vegetal, minando hojas y

barrenando tallos, destruyendo panojas y granos, además, indirectamente las heridas provocadas por el daño del insecto permitirá la entrada de microorganismos y ocasionan enfermedades.

Los insectos más importantes son: “kcona kcona” o “q’haqo kuru” y “panojero” o ticuchi. Se estima que las pérdidas que ocasionan los insectos son alrededor del 35%.

#### **b. Aves plagas.**

Según (Saravia y Quispe, 2005), Se le puede considerar como una plaga porque estas atacan a las plantas, en las últimas fases fenológicas, especialmente cuando el grano está en estado lechoso, pastoso o en plena madurez, fisiológica; estas aves ocasionan la caída del grano de la panoja, este ataque es más notorio en las variedades dulces, el nivel de daño puede llegar entre 30 a 40% de la producción. Se recomienda el control mediante la colocación de espantapájaros, águilas disecadas, plásticos de colores.

Las aves silvestres solas, en pequeños grupos o en grandes bandadas también compiten con el hombre andino por alimento para sobrevivir, las más importantes son: palomas, “q’ello pesq’o”, “p’ichitanka”, “oq’e pesq’o”, “luli”, phurunkuto y urpi. De todas estas aves lo que más daño causa son las palomas porque estas rompen las panojas y tallos en la cual la panoja es embarrada con tierra.

Estas, tiene gran capacidad de dispersión solitaria o gregaria (migración en grupos), en busca de alimento, pareja, refugio/ otras propias para perpetuar su especie. Estas aves empezaron a comer quinua, por sobrevivencia porque antes comían insectos pero estos insectos están desaparecieron por el uso excesivo de productos químicos. Estos productos químicos matan a todos los insectos, por tanto altera la cadena trófica.

#### **2.1.3.11. Producción de quinua orgánica**

Según (Crodau, M. 1977), Actualmente la quinua que se produce en los Andes, se cultiva generalmente en forma orgánica. Por ejemplo, alrededor del lago Titicaca, la quinua en rotación después de un cultivo de papa no

requiere aplicación de fertilizantes químicos o solos en pequeñas dosis en la mayoría de casos.

Sin embargo, es necesario diferenciar los distintos sistemas de producción de la quinua. Un sistema es el que se cultiva en campos de rotaciones sectoriales, denominados *aynocas* en el sur del Perú y Bolivia, en donde es fácil encontrar áreas de 2 a 6 hectáreas con solo quinua. En la región de los salares al sur de Bolivia sobre los 3600 m se cultiva la quinua en suelos alcalinos y arenosos, sembrada en forma muy distanciada para utilizar mejor la escasa humedad. En los valles interandinos, entre 2000 a 3800 m, está asociada con otros cultivos como maíz, habas, papas u hortalizas.

En los últimos años numerosas alternativas tecnológicas se han investigado y propuesto para la producción de quinua orgánica sobre todo en Puno, Perú, y la región de los salares al sur del altiplano en Bolivia.

#### **2.1.3.12. Composición nutricional**

Según (Apaza, 2005), Esta especie constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de los pobladores de los andes, no tiene colesterol, no tiene grasas en el organismo, no engorda, es de fácil digestible y es un producto natural y ecológico. Desde el punto de vista nutricional, es la fuente natural de proteína vegetal económica, e alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza 350 Cal/100g, que lo caracteriza común alimento apropiado para zonas y épocas frías.

El grano de quinua contiene de 14 a 20% de proteínas, grasa 5.7 a 11.3% y fibra 2.7 a 4.2%, lo cual es mayor al del trigo de 8.5% de proteína, grasa 1.5%, y fibra 1.99%. Además contiene fitoestrógenos, sustancias que previenen enfermedades crónicas como la osteoporosis, cáncer de mama, enfermedades del corazón y otras alteraciones femeninas por la falta de estrógenos durante la menopausia.

En el cuadro N° 2.3, se muestra una comparación de la composición nutricional de los principales granos andinos en comparación al trigo principal cereal usado mundialmente.

Cuadro N°2.3: Composición de algunos granos andinos, en comparación con el trigo (g/100g)

	Quinoa (a) Blanca de Juli	Quinoa (a) Kancolla	Qañiwa (b)	Amaranto (b)	Trigo (b)
Proteínas	14.73	14.73	14.00	12.90	8.60
Grasas	5.79	6.89	4.30	7.20	1.50
Carbohidratos	65.45	64.41	64.00	65.10	73.70
Fibra	3.50	3.29	9.80	6.70	3.00
Ceniza	2.81	2.58	5.40	2.50	1.70
Humedad %	7.71	8.09	12.20	12.30	14.50

**FUENTE:** Collazos *et al.*, 1996. Apaza, 2005. (a) Valores promedio del Laboratorio EE.Illpa-INIA (2004). (b) Valores promedio de las variedades de la tabla de Composición de alimentos peruanos (1996).

#### a. Proteínas.

Según (Morón y Schejtman, 1997), las proteínas de quinua presentan una proporción de aminoácidos más balanceada que la de los cereales especialmente en lisina, histidina y metionina, lo que le proporciona una alta calidad biológica.

Se define como “proteínas de alta calidad” aquellas que originadas en aminoácidos “balanceados”, es decir en alimentos que contienen los aminoácidos básicos completos y especialmente ricos en lisina (que es fundamental para el desarrollo humano), por esta misma razón el maíz, trigo y la avena son considerados “cereales no balanceados”.

Las proteínas están formadas por albuminas y globulinas, principalmente. El bajo contenido en prolamina y glutelinas hace que la quinua no tenga gluten. La carencia de gluten limita a la harina de quinua en la panificación, pero es de gran utilidad en la dieta de personas sensibles a la presencia de gluten que ocasiona afecciones y lesiones intestinales.

Cuadro N° 2.4: Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela.

Variedades	Contenido de proteínas (%) en quinua						
	Germinada	Expandida	Perlada	Harina	Hojuela	Escarificada	Sin escarificar
Blanca de Juli	15.16	9.47	14.73	14.2	9.45	13.44	14.73
Salcedo INIA	13.35	12.62	14.49	13.9	9.62	13.79	14.49
Kancolla		6.9	13.32		9.27	12.5	14.73

FUENTE: Laboratorio UNA – Puno, 2004.

En el cuadro N° 2.5, se muestra la composición de aminoácidos de la quinua comparando con otros nutrientes; observándose que la quinua es uno de los pocos cereales que contiene los aminoácidos esenciales, sobretodo de lisina deficientes en otros cereales, que el cuerpo requiere para su desarrollo; haciéndolo un alimento completo.

Cuadro N° 2.5: Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela.

Aminoácidos (mg/g de proteínas crudas)	Huevo	Leche entera de vaca	Carne de res	Quinua *	Trigo grano entero **	Soya grano **
Histidina	22	27	34	31	25	28
Isoleucina	54	47	48	53	35	50
Leucina	86	95	81	63	71	86
Lisina	70	78	89	64	31	70
Metionina + Cistina	57	33	40	28	43	28
Fenilalanina + Tirosina	93	102	80	72	80	88
Treonina	47	44	46	44	31	42
Triptófano	17	14	12	9	12	14
Valina	66	64	5	48	47	52
Total incluida histidina	512	504	479	412	375	458
Total excluida histidina	490	477	445	381	350	430

FUENTE: \*\* FAO (1970). Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Roma.

## b. Almidon

Según (Morón y Schejtman, 1997), el mayor componente de los granos de quinua es el almidón, que constituye el 60% de peso fresco del grano con solo el 11% de amilasa (Koziol, 1992). Sus gránulos pueden encontrarse

aislados o en grupos más o menos compactos. Esta estructura contrasta con la de los cereales, donde los gránulos de almidón se encuentran aislados, son mucho más grandes y con un contenido de amilasa que va desde el 17% (arroz) al 28%(trigo). La estructura de la amilopectina del almidón de quinua es similar a la de los cereales, pero su elevado contenido hace que la pasta de quinua sea más viscosa que la del trigo. El almidón de la quinua es del tipo perispermo y no forma geles, se torna azul con el yodo, por el contrario, el almidón de los cereales se encuentra en el endospermo

### c. Grasa

Según (Carrasco, 2007), La quinua contiene grasas insaturadas, ácido linoleico (Omega 6) 50.24%, ácido oleico (Omega 9) 26.04% y ácido linolénico (Omega 3) 4.77%, cualidades muy importantes para la dieta vegetariana; por lo que en las últimas décadas están cobrando mayor importancia, al permitir mayor fluidez de los lípidos de las membranas. Otro aspecto importante es el contenido de tocoferoles es aceites de quinua. Estos son isómeros con efectos beneficiosos para la salud, ya que actúan como antioxidantes naturales y permiten mayor tiempo de conservación. En el cuadro N° 2.6 se muestra el contenido de ácidos grasos de la quinua, observándose que es uno de los pocos cereales que contiene los principales ácidos grasos esenciales Linoleico (Omega 3) y Linolénico (Omega 6), que son indispensables para el desarrollo cerebral humano.

Cuadro N° 2.6: Contenido de ácidos grasos de la quinua (g/100g de grasa)

Ácidos Grasos	Quinua de Junín (@)(* )	Quinua sin lavar (**)
Mirístico C14:0	0	0.1
Palmítico C16:0	15.2	7.7
Esteárico C18:0	31.3	0.6
Araquídico C20:0	0	0.4
Palmitoleico C16:1	0	0.2
Oleico C18:1	46	24.8
Linoleico C18:2	7.4	52.3
Linolénico C18:3	0	3.9

**FUENTE:** (@) Herrera, N y A. Faching, (1989); (\*) 6.2 g de grasa %, (\*\*) Ruales, J & B. Nair (1992).

#### **d. Vitaminas**

Según (Morón y Schejtman, 1997), La quinua contiene vitamina B, C, E, F (tiamina, riboflavina y niacina). Las vitaminas son compuestos químicos requeridos por el organismo en pequeñas cantidades para poder realizar el metabolismo, proteger la salud y asegurar el crecimiento de los niños, también están presentes en la formación de hormonas, las células de la sangre, el sistema nervioso y en todo el material genético.

#### **e. Fibra dietaria.**

Según (Morón y Schejtman, 1997), Se presta más atención no solo al contenido de fibra cruda, sino también a las fibras solubles o dietéticas totales, por sus efectos beneficiosos para la digestión, en especial por su capacidad de absorción de agua, captación de cationes, absorción de compuestos orgánicos y formación de geles.

#### **f. Minerales**

Según (Apaza, 2005), En el cuadro N° 2.7, puede destacarse que además del contenido en hierro de alta biodisponibilidad, potasio, cobre, manganeso y zinc; fácilmente disponibles para nuestro organismo, el contenido de fosforo, calcio y magnesio del amaranto es superior al de la quinua; esta a su vez lo supera en potasio, un elemento que generalmente relacionado a una mayor resistencia de la planta a bajas temperaturas.

El cuadro N° 2.7 nos muestra la comparación de minerales de la quinua con otros alimentos, mostrándonos un alto contenido de minerales como calcio, potasio, magnesio, sodio, fósforo y hierro.

Cuadro N° 2.7: Contenido de minerales en el grano de quinua, maíz y cebada

Minerales	Quinoa*(mg/g M.S)	Amaranto **(mg/g M.S)
Fosforo(P)	387	570
Potasio(K)	697	532
Calcio (Ca)	127	217
Magnesio (Mg)	270	319
Sodio (Na)	11.5	22
Hierro (Fe)	12	21
Cobre (Cu)	3.7	0.86
Manganeso (Mn)	7.5	2.9
Zinc (Zn)	4.8	3.4

FUENTE: \* Latinreco 1990: promedio de diferentes autores (mg/ 100 g de Materia Seca).\*\*Bressani; 1990

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL.

### 2.2.1. Temperatura.

Según (Quereda J, 2008), manifiesta que, la temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura.

La temperatura es una medida utilizada por la física y la química, que expresa el nivel de agitación que poseen los átomos de un cuerpo (concepto también aplicable al ambiente, que es un cuerpo gaseoso). De manera coloquial relacionamos la temperatura con la sensación subjetiva del "calor", lo que no es preciso ya que en realidad sentimos subjetivamente lo que llamamos "calor" cuando entramos en contacto por ejemplo con un ambiente a mayor temperatura que la de nuestro cuerpo, habiendo transferencia de energía. La temperatura entonces está relacionada con la energía interna (técnicamente la suma de la energía asociada al movimiento de las partículas, lo que conocemos como energía cinética interna, más la energía potencial interna) de un cuerpo; o sea a mayor temperatura mayor será la energía interna. La termodinámica es una rama

de la física que estudia la temperatura, además de la presión y el volumen de los sistemas físicos a nivel microscópico.

### **2.2.1.1. Medición de la Temperatura.**

Según (Quereda J, 2008), manifiesta que, la temperatura es el elemento más importante del clima. En la naturaleza todo aparece gobernado por lo térmico. Consecuentemente la temperatura es la causa de la circulación atmosférica y por tanto el verdadero motor del sistema climático. Al mismo tiempo que fuerza motriz, la temperatura es el elemento más sensible del clima. Fundamento básico del mundo vegetal a través de la energía fotosintética, puede afirmarse que constituye la fuente de toda la vida sobre la superficie del globo. Por ello la distribución de las formaciones vegetales del globo coincide con la de las temperaturas.

#### **a. Temperatura máxima.**

Es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde; las máximas mensuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur. Las máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros.

#### **b. Temperatura mínima.**

Se trata de la menor temperatura alcanzada en un lugar en un día, en un mes o en un año y también la mínima absoluta alcanzada en los registros de temperaturas de un lugar determinado. También en condiciones normales, las temperaturas mínimas diarias se registran en horas del amanecer, las mínimas mensuales se obtienen en enero o febrero en el hemisferio norte y en julio o agosto en el hemisferio sur. Y también las temperaturas mínimas absolutas dependen de numerosos factores.

### **c. Temperatura media.**

Se trata de los promedios estadísticos obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas. Con las temperaturas medias mensuales (promedio de las temperaturas medias diarias a lo largo del mes) se obtiene un gráfico de las temperaturas medias de un lugar para un año determinado. Y con estos mismos datos referidos a una sucesión de muchos años (30 o más) se obtiene un promedio estadístico de la temperatura en dicho lugar. Estos últimos datos, unidos al promedio de los montos pluviométricos (lluvias) mensuales de ese mismo lugar ofrecen los datos necesarios para la elaboración de un gráfico climático (a veces identificado como climograma) de dicho lugar. En el climograma empleado como ejemplo, la temperatura mínima se produce en diciembre y la máxima en julio. El gráfico podría servir como ejemplo de un clima templado mediterráneo.

(Quereda J. 2008), afirma que, en los observatorios meteorológicos se usa corrientemente el termómetro de mercurio, líquido que al dilatarse discurre en forma continua por el interior de un capilar, leyéndose directamente en la escala grabada sobre el tubo termométrico la temperatura. En graduación centígrada la escala está dividida en medios grados o en décimas de grado.

Para lugares muy fríos ( $T < 25^{\circ}\text{C}$ ) el mercurio se sustituye por alcohol que tiene un punto de solidificación más bajo.

Otra medida corriente es la máxima y mínima temperatura diaria. Un termómetro de máxima tiene un estrechamiento en la base de la columna capilar, que la impide descender. La vuelta al depósito se consigue con sacudidas bruscas. Los termómetros de mínima son de alcohol con un índice empujado por el menisco que forma el líquido al retroceder por el capilar, pero que no se mueve cuando el líquido asciende. Ambos termómetros se disponen horizontalmente para paliar la acción de la gravedad.

### **2.2.1.2. Escalas de Temperatura.**

(Fices, 2010), manifiesta que, las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: Celsius y Fahrenheit, con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada Kelvin o absoluta.

La escala Celsius es la más difundida en el mundo y se la emplea para mediciones de rutina, en superficie y en altura.

La escala Fahrenheit se usa en algunos países con el mismo fin, pero para temperaturas relativamente bajas continúa siendo de valores positivos. Se aclarará este concepto cuando se expongan las diferencias entre ambas escalas.

Tradicionalmente, se eligieron como temperaturas de referencia, para ambas escalas los puntos de fusión del hielo puro (como 0 °C ó 32 °F) y de ebullición del agua pura, a nivel del mar (como 100 °C o 212 °F).

Como puede verse, la diferencia entre estos dos valores extremos es de 100 °C y 180 °F, respectivamente en las dos escalas.

### **2.2.1.3. Variaciones de Temperatura.**

(Fices, 2010), asevera que, la cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. Ejercen influencia sobre la temperatura: Variación diurna, distribución latitudinal, variación estacional tipos de superficie terrestre, variación con la altura.

### **2.2.2. La Quinua.**

Según (Rivera, 1995), La quinua es una planta, herbácea de ciclo anual y perteneciente a la familia de los Chenopodiaceas. Su tamaño varía desde 1 m a 3.5 m. según las diferentes variedades y ecotipos.

Según (Tapia, 1997), Es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina para las

condiciones de montañas de altura, aunque un ecotipo que se cultiva en Chile, se produce a nivel del mar. Domesticada por las culturas prehispánicas, se la utiliza en la alimentación desde por lo menos unos 3000 años.

Según (Rivera, 1995), Sus características botánicas la sitúan como una planta de tallo erguido, y según su tipo de ramificaciones pueden presentarse con un tallo principal y varias ramas laterales cortas características de la zona de altiplano o de ramas de igual tamaño, característico en los ecotipos que se cultivan en los valles interandinos.

Según (Rivera, 1995), La forma de sus hojas es muy variada y sus bordes son dentados pudiendo ser pronunciados o leves según las variedades. La coloración de estas varía de verde claro a verde oscuro, las que a su vez van transformando en amarillas, rojas o púrpuras según su estado de maduración.

Según (Rivera, 1995), Sus raíces son mas o menos profundas pudiendo llegar desde 0.50 m. hasta más de 2 m. Posee una inflorescencia denominada panícula, de forma glomerulada, y pueden tener un aspecto laxo y compacto. Esta inflorescencia puede alcanzar hasta 0.70 m. de su tamaño y densidad depende en gran parte su rendimiento.

Según (Rivera, 1995), Las flores son pequeñas y pueden ser hermafroditas y femeninas, lo que le permite una gran variación sexual según los diferentes ecotipos y variedades.

Según (Rivera, 1995), El fruto de la quinua es un aquenio, pequeño y presenta diferentes coloraciones. La capa externa que la cubre es de superficie rugosa y seca que se desprende con facilidad al ser puesta en contacto con agua caliente o ser hervida. En esta capa se almacenan la sustancia amarga denominada saponina, cuyo grado de amargor varía según los tipos de quinua.

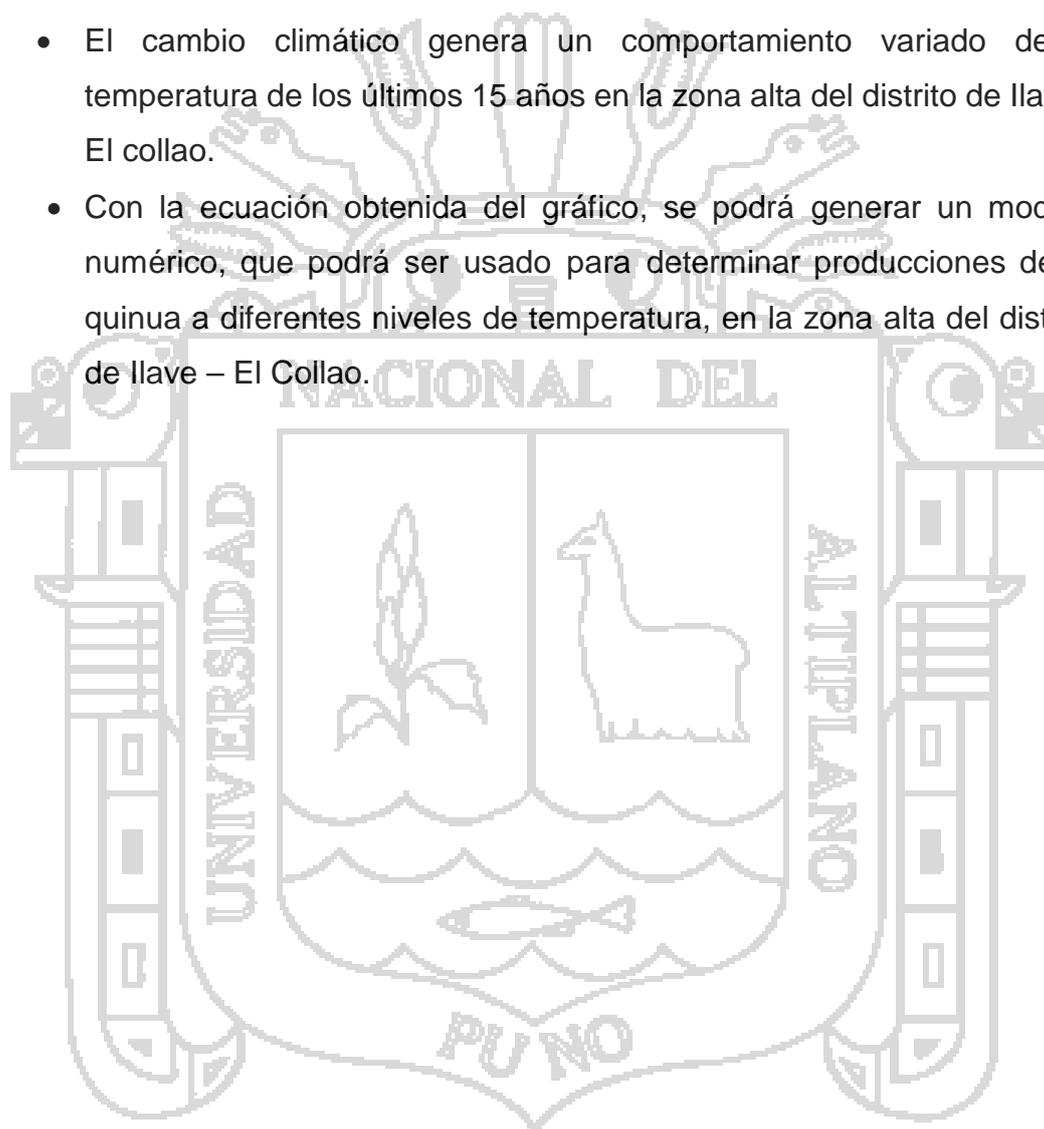
## 2.3 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.

### 2.3.1. Hipótesis General

El efecto del cambio climático influye en la producción del cultivo de quinua en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao.

### 2.3.2 Hipótesis Específico.

- El cambio climático genera un comportamiento variado de la temperatura de los últimos 15 años en la zona alta del distrito de Ilave – El collao.
- Con la ecuación obtenida del gráfico, se podrá generar un modelo numérico, que podrá ser usado para determinar producciones de la quinua a diferentes niveles de temperatura, en la zona alta del distrito de Ilave – El Collao.



### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO:

##### 3.1.1. **Ámbito de estudio.**

##### a. **Ubicación Política:**

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

Región : Puno  
 Provincia : El Collao.  
 Distrito : Ilave  
 Localidad : Zona Alta del distrito de Ilave.

##### b. **Ubicación Geográfica.**

La zona alta del distrito de Ilave se encuentra ubicada geográficamente, según el siguiente detalle:

Cuenca : Lago Titicaca  
 Sub cuenca : Rio Ilave  
 Sistema integral hídrico : Lago Titicaca  
 Región natural : Sierra (Altiplano de Puno)  
 Altitud : 3888 a 4100 msnm.

##### c. **limites:**

Por el norte : Zona madia del distrito de Ilave.  
 Por e oeste : Distrito Acora.  
 Por el este : Distrito de Juli  
 Por el sur : Distrito de Conduriri.

### 3.1.2. Vías de comunicación y accesos.

Cuadro N° 3.1: Vías de comunicación y acceso.

DE	A	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA	FRECUENCIA	TRANSPORTE
PUNO	ILAVE	54 KM.	1:00 HORA.	ASFALTADO	DIARIO	MINIBÚS/COMBIS
ILAVE	ZONA ALTA	22 KM.	1:15 HORA	TROCHA	DIARIO	COMBI

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.1.3. Población.

El área de estudio cuenta aproximadamente con 6496 habitantes, que están divididos en 12 Centros Poblados, esto perteneciente a la zona alta del distrito de Ilave; la mayor concentración de la población está en los centros poblados de Chijichaya, Checca, Jachoco Huaraco y Villa Lopez.

### 3.1.4. Actividades económicas.

Las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería, artesanía y el cultivo de productos agrícolas tales como papa, cebada, habas, quinua, kañiwa, oca, 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 ganadería, especialmente la crianza de ganado 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, fajas de lana, chompas y chalecos de lana.

### 3.1.5. Topografía de la zona.

Los suelos conforman planicies de relieve plano, de pendiente variable entre el 1 y 8%, siendo más pronunciada hacia el extremo superior, donde se inician las laderas y decrece hacia el río.

### **3.1.6. Clima.**

Por su situación geográfica, el clima durante todo el año es propio del altiplano, frígido, seco y templado, estas condiciones especiales se presentan durante todo el año, por la presencia del Lago Titicaca, teniendo ligeras variaciones de acuerdo a cada estación. Su temperatura promedio fluctúa entre los 8°C y 15°C, la precipitación anual promedio, según la estación meteorológica es del orden de 725 mm.

Las precipitaciones obedecen a una periodicidad anual de 4 meses (diciembre a marzo). Se debe hacer notar que esta periodicidad, a pesar de normar las campañas agrícolas, puede variar según características pluviales del año, originando inundaciones o sequías. En épocas de lluvia normal todas las aguas de la ciudad, escurren al Lago, por lo tanto los pequeños riachuelos que se forman en las partes planas, se filtran al suelo, ya que este es un suelo arenoso.

Entre los vientos predominantes tenemos la brisa del lago y los periódicos que generalmente soplan de oeste a este y de este a oeste, pero estos se acentúan con mayor intensidad en los meses de julio a setiembre, el resto del tiempo se presente con menor intensidad.

### **3.1.7. Temperatura.**

Temperatura mínima -1.2°C, máxima 14.2°C y con una temperatura media de 6.5°C, dependiendo de las estaciones.

### **3.1.8. Asolamiento.**

Primavera, otoño, verano: 11 horas de sol por día y 4 015 horas de sol por año. En invierno el sol se inclina más hacia el norte y las horas de sol se reducen a 9, con un promedio de 9.5 horas.

### **3.1.9. Precipitaciones pluviales.**

Las precipitaciones se presentan con mayor intensidad en los meses de Diciembre, Enero y Febrero entre 250 y 552mm. Los meses restantes son

sin precipitaciones o solamente esporádicas, la precipitación media anual es de 552mm.

#### **3.1.10. Vientos.**

Las velocidades del viento alcanzan valores reducidos menores a 3m/seg. Y fluctúan a lo largo del año, presentándose los mayores valores en el periodo de Agosto a Enero entre 2.1 y 2.6m/seg, y los valores menores en el periodo de Febrero a Julio entre 1.4 a 1.8m/seg. Las direcciones predominantes de viento de día son del Este a Oeste. Y de noche y mañana la dirección es de Oeste a Este.

#### **3.1.11. Humedad.**

La humedad varía durante el año, entre el 20% y 88%. Siendo esta de mayor intensidad durante la época de lluvias con un promedio de 54%.

#### **3.1.12. Nubosidad.**

La nubosidad con mayor intensidad se da en los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, los meses de Mayo, Junio y Julio son los de menor intensidad.

#### **3.1.13. Días con helada.**

Los días que se presenta las heladas son generalmente durante el mes de junio, con raras excepciones en las cuales se prolongan hasta el mes de Agosto.

## 3.2. MATERIALES.

### 3.2.1. Información temperatura.

La información de temperatura media mensual, se ha recopilado de la estación del distrito de llave.

Cuadro N° 3.2: Estación meteorológica de llave.

N°	Est.	Tipo	Cód.	Ubicación Política			Ubicación Geográfica			Cuenca	Propiedad
				Dpto.	Prov.	Dist.	Latitud	Longitud	Altitud		
							Sur	Oeste	(msnm)		
1	llave	CO	110879	Puno	Collao	llave	16°05'17.7"	69°38'42.0"	3880	llave	Senamhi-Puno

FUENTE: Senamhi Puno, 2012.

### 3.2.2. Información de rendimiento del cultivo de quinua.

El rendimiento del cultivo de quinua esta dado de kilogramos por hectárea (kg/ha), dicha información ha sido recopilado del Ministerio de Agricultura, a través de su oficina Agencia Agraria llave.

### 3.2.3. Equipos utilizados.

#### a. Equipos de campo.

- G.P.S Garmín.
- Cámara fotográfica CANON 14.5 Mp.
- Wincha de 60 m.
- Flexómetro de 5 m.
- Libretas campo.
- Portaminas, bolígrafos y otros.

#### b. Equipo de gabinete.

- Computadora Coren2Duo, Procesador 3.0 GHz.
- Impresora a color CANON MP250.
- Memora USB de 4Gb.
- Papel Bond A4.

### c. Software de ingeniería.

- Sistema de Información geográfica (ArcGIS 10).
- AutoCAD Civil3D 2013.
- Microsoft Office para editar documento, realizar cálculos y procesar modelos.
- Software estadístico ssps IBM y Excel.
- Software de Gis y Cad.

### 3.3. METODOLOGIA.

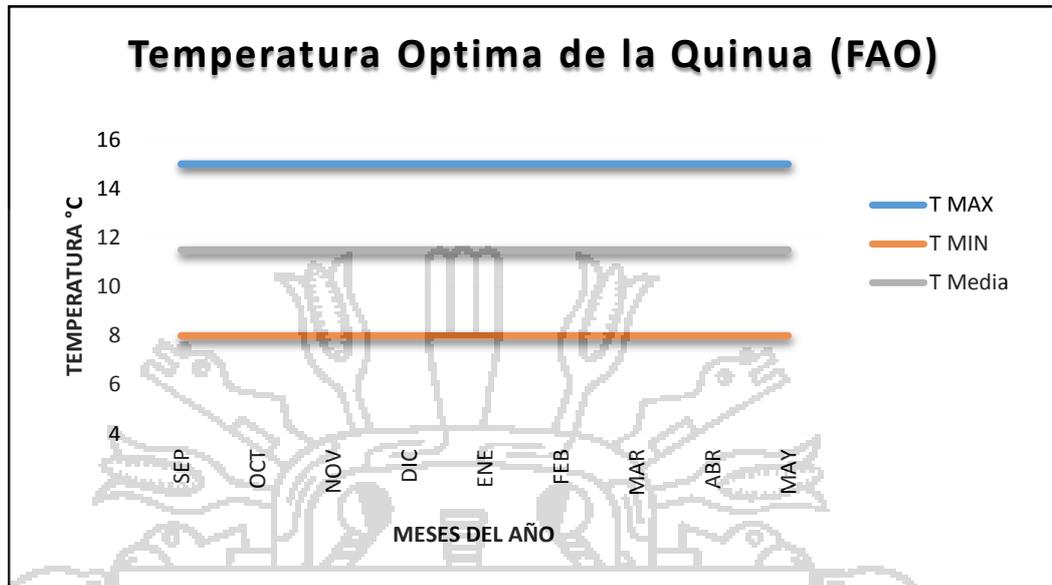
La metodología empleada en el presente trabajo de investigación es el método correlacional descriptivo no experimental, que consiste en la recopilación, identificación y selección de datos, para luego ser procesado con ayuda de un software estadístico.

Para lo cual se utilizó como herramienta base, el programa EXCEL y SSPS IBM para la obtención de cuadros y gráficos que permitirá la interpretación de los datos.

#### 3.3.1. Procedimiento

Para poder procesar los datos, se analizará el comportamiento de la temperatura en cada campaña agrícola del cultivo de Quinoa (*chenopodium quinoa*), que tiene como ciclo vegetativo de 9 meses, luego obtener un gráfico (X=Meses , Y= Temperatura), teniendo en cuenta las condiciones óptimas del cultivo que nos proporciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que indica la temperatura optima, de una temperatura mínima de 8°C y una máxima de 15°C, con este rango se puede analizar el comportamiento de la temperatura en cada campaña agrícola.

Grafico N° 3.1: Temperatura optima de la quinua según FAO.



FUENTE: FAO (2012).

Grafico N° 3.1, nos permitirá analizar el comportamiento de la temperatura en cada campaña agrícola, el mismo que se realizara durante los últimos 15 años, se graficara para cada campaña determinando como la temperatura se comporta frente a este cultivo.

Para el análisis del rendimiento de Quinua, se analizará todos los meses del ciclo vegetativo (de la siembra hasta la cosecha), tomando en cuenta la cantidad trabajada, en este caso será para la producción en Tn/ha, y el rendimiento en Kg/ha.

Con estos datos ya definidos, se generará un cuadro teniendo como datos la temperatura promedio en °C y el rendimiento en Kg/ha de cada campaña agrícola durante los últimos 15 años, luego obtener el gráfico que nos permita analizar el comportamiento del rendimiento ante la variación de la temperatura.

### 3.3.1.1. Coeficiente de determinación.

Este coeficiente nos indica la proporción o porcentaje, de la variación total de la variable dependiente  $y$ , y que es explicada por la variable independiente  $x$ , por lo cual es un criterio para explicar la importancia de la variable independiente dentro del modelo.

El porcentaje de la diferencia del coeficiente  $r^2$  nos indica que el restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas.

### 3.3.1.2. Análisis de regresión

Se usó esta técnica ya que nos ha permitido determinar la naturaleza de la relación funcional entre las dos variables, además nos ha permitido predecir los valores de  $Y=f(x)$  con un cierto grado de aproximación.

Para tal efecto se realizó los siguientes pasos.

a. Se ha seleccionado la función de correlación, teniendo en cuenta el comportamiento de los puntos obtenidos de la relación de ambas variables.

En este caso se usó la ecuación polinomial de 4to grado, Determinado por el siguiente modelo matemático:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + E$$

Donde:

$Y$ = Variable dependiente (producción)

$X$ = Variable independiente (temperatura)

$E$ = Error

$a, b, c, d, e$  = parámetros de la ecuación de regresión.

Para resolver esta ecuación Polinómica de 4to grado, se ha usado la siguiente matriz.



$$\begin{bmatrix} an & b \sum_{i=1}^n x & c \sum_{i=1}^n x^2 & d \sum_{i=1}^n x^3 & e \sum_{i=1}^n x^4 \\ a \sum_{i=1}^n x & b \sum_{i=1}^n x^2 & c \sum_{i=1}^n x^3 & d \sum_{i=1}^n x^4 & e \sum_{i=1}^n x^5 \\ a \sum_{i=1}^n x^2 & b \sum_{i=1}^n x^3 & c \sum_{i=1}^n x^4 & d \sum_{i=1}^n x^5 & e \sum_{i=1}^n x^6 \\ a \sum_{i=1}^n x^3 & b \sum_{i=1}^n x^4 & c \sum_{i=1}^n x^5 & d \sum_{i=1}^n x^6 & e \sum_{i=1}^n x^7 \\ a \sum_{i=1}^n x^4 & b \sum_{i=1}^n x^5 & c \sum_{i=1}^n x^6 & d \sum_{i=1}^n x^7 & e \sum_{i=1}^n x^8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y \\ \sum_{i=1}^n xy \\ \sum_{i=1}^n x^2y \\ \sum_{i=1}^n x^3y \\ \sum_{i=1}^n x^4y \end{bmatrix}$$

Para calcular las sumatorias se elaboró un cuadro y se reemplazó en la matriz, para después hallar la matriz inversa, se ha calculado los parámetros  $a, b, c, d$  y  $e$ , se reemplaza en la ecuación polinómica de 4to grado.

b. Una vez obtenido la función se reemplazó la variable  $X$  para obtener la variable  $y$  ajustada, la diferencia de  $\hat{y} - y$  nos da el *error*, a la suma de estos errores se les denomina, suma de cuadrados de la regresión (*SCR*).

c. Para calcular el coeficiente de correlación  $R^2$  se debe encontrar también la suma de los cuadrados totales (*SCT*), que tiene la siguiente formula.

$$SCT = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

Donde:

$Y$ = variable dependiente

$n$ = número de pares

d. Una vez calculado estos valores se tiene el coeficiente de correlación de la siguiente manera.

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}$$

e. finalmente se calculó el análisis de varianza (ANOVA), para la polinomial según el siguiente cuadro.

Cuadro N° 3.3: Análisis de varianza (ANOVA)

F. variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F. calculada
REGRESION	$SSR=SCT-SCR$	N	$MSR=SSR/N$	$F_c=MSR/MSE$
ERROR	SCR	N-K-1	$MSE=SCR/N-K-1$	-
TOTAL	SCT	N-1	-	-

FUENTE: Elaboración propia.

Una vez que se tiene el valor de  $F_c$ , se usa la distribución de FISHER con los valores de (N, N-K-1) y con un nivel de significación de  $\alpha=0.05$ .

Toma de decisión:

Si  $F_c < F_t$ ; se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Si  $F_c > F_t$ ; se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. TEMPERATURA

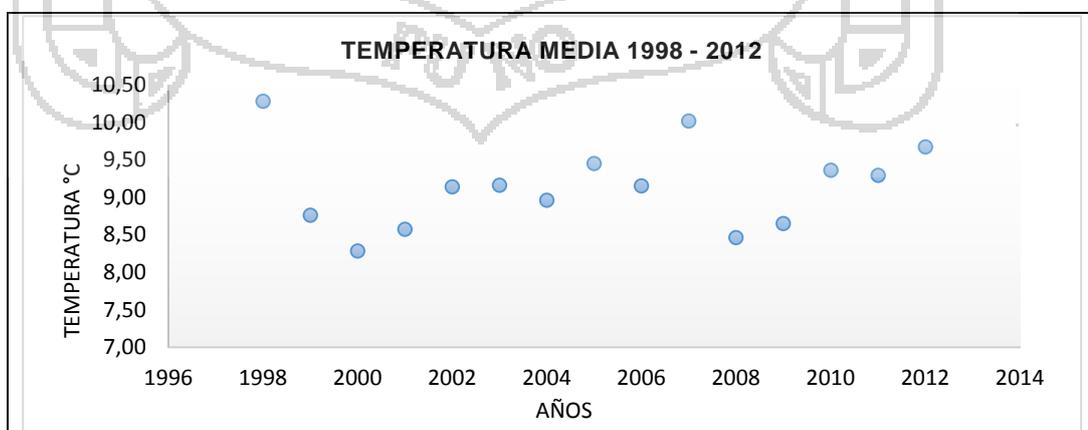
Se realizó la recopilación de la información de las series históricas de temperaturas media mensual de llave (CO. 110879), que pertenece al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) como Órgano Público Descentralizado, adscrito al Ministerio del Ambiente. Los datos de la temperatura media se organizaron por campaña agrícola, en este caso comprende entre los meses de setiembre a mayo, tal como se muestra en la Cuadro N° 4.1:

Cuadro N° 4.1: Temperatura Media de Campaña Agrícola (1998 – 2012).

	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	PROM.
1997-1998	8.70	9.50	10.30	11.20	11.20	11.50	11.40	10.50	8.30	<b>10.29</b>
1998-1999	8.30	9.30	9.60	10.40	9.40	8.90	8.50	8.00	6.50	<b>8.77</b>
1999-2000	7.20	7.80	8.70	9.70	8.70	8.60	8.60	8.20	7.10	<b>8.29</b>
2000-2001	7.40	8.70	9.80	9.50	8.60	9.20	8.80	8.30	6.90	<b>8.58</b>
2001-2002	7.90	9.20	10.40	9.50	9.50	9.70	9.80	8.80	7.50	<b>9.14</b>
2002-2003	8.10	9.50	10.10	10.30	10.00	10.00	9.70	8.80	6.00	<b>9.17</b>
2003-2004	6.90	8.90	9.80	10.60	9.50	9.70	10.00	9.30	6.00	<b>8.97</b>
2004-2005	8.00	9.50	10.20	10.70	10.00	9.50	10.10	9.50	7.60	<b>9.46</b>
2005-2006	7.90	9.30	9.70	9.60	9.70	10.60	10.70	9.20	5.70	<b>9.16</b>
2006-2007	7.10	9.50	10.90	11.70	11.60	11.00	10.40	9.90	8.10	<b>10.02</b>
2007-2008	8.10	9.40	8.80	9.70	9.60	9.50	8.90	7.30	4.90	<b>8.47</b>
2008-2009	6.90	9.00	10.60	9.00	9.70	9.80	9.00	8.20	5.70	<b>8.66</b>
2009-2010	7.30	9.20	10.40	10.40	10.10	10.90	10.00	9.10	6.90	<b>9.37</b>
2010-2011	7.90	8.90	9.20	10.60	10.90	10.10	9.90	9.10	7.10	<b>9.30</b>
2011-2012	9.60	11.50	11.00	10.10	10.00	9.80	9.50	9.50	6.10	<b>9.68</b>

FUENTE: SENAMHI – PUNO

Grafico N° 4.1: Datos históricos de temperaturas media (1998 – 2012).



FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.2. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA.

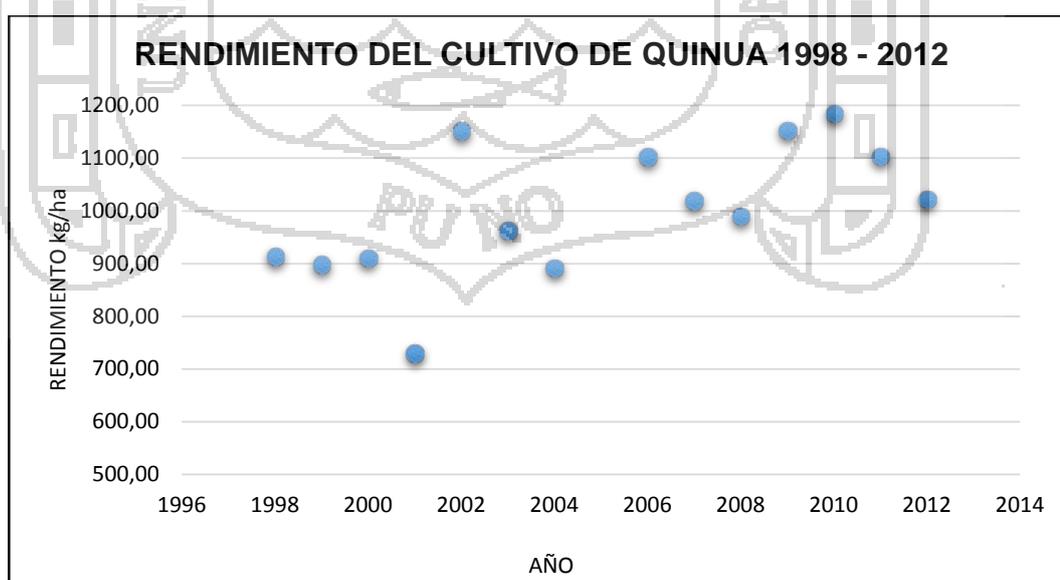
Los datos históricos del rendimiento de cultivo de quinua se recopilaron de la Agencia Agraria llave, que comprende de la campaña agrícola de (1997-1998 a 2011- 2012), tal como se muestra en el cuadro N° 4.2.

Cuadro N° 4.2: Rendimiento del cultivo de quinua (1997-1998 a 2011– 2012).

Campaña Agrícola	Rendimiento (kg/ha)
1997 - 1998	914.28
1998 - 1999	899.32
1999 - 2000	910.81
2000 - 2001	730.61
2001 - 2002	1151.55
2002 - 2003	962.69
2003 - 2004	892.06
2004 - 2005	1202.48
2005 - 2006	1103.36
2006 - 2007	1020.44
2007 - 2008	990.58
2008 - 2009	1153.40
2009 - 2010	1184.98
2010 - 2011	1103.85
2011 - 2012	1022.72

FUENTE: Agencia Agraria – llave.

Grafico N° 4.2: Comportamiento del rendimiento del cultivo de quinua.



FUENTE: Elaboración propia.

4.3. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA PARA CADA CAMPAÑA AGRICOLA.

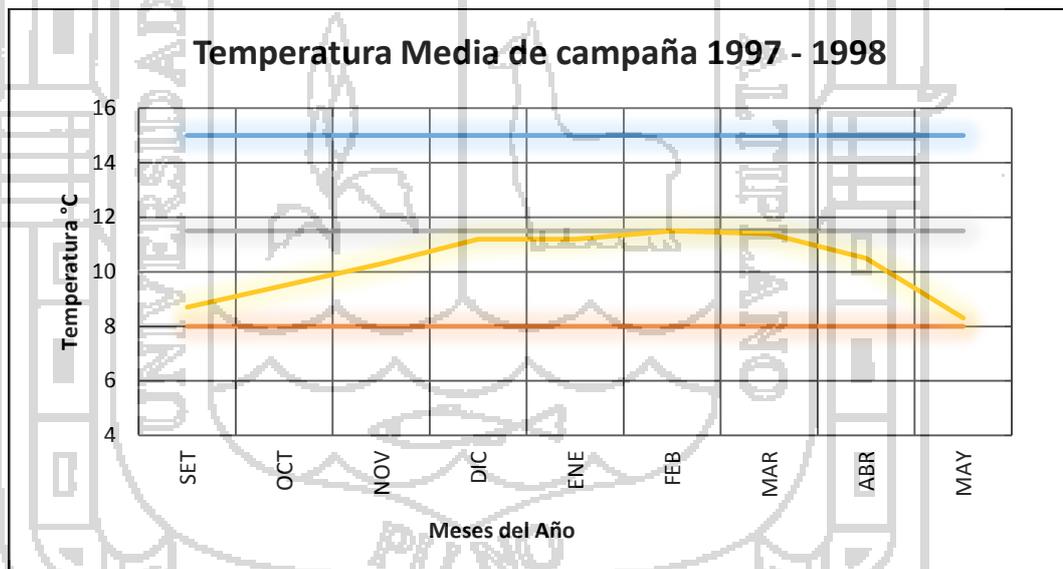
A continuación se desarrolla el análisis de comportamiento de las temperaturas medias mensual para cada campaña agrícola, que comprende desde 1997 - 1998 hasta el 2011 - 2012, con sus respectivos gráficos.

Cuadro N° 4.3: Campaña Agrícola 1997 – 1998

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
1997 - 1998	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,060.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	3,060.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	914.28
		Producción (t.)	2,797.70

FUENTE: Elaboración propia.

Gráfico N° 4.3: Temperatura media mensual de la campaña 1997 – 1998.



FUENTE: Elaboración propia.

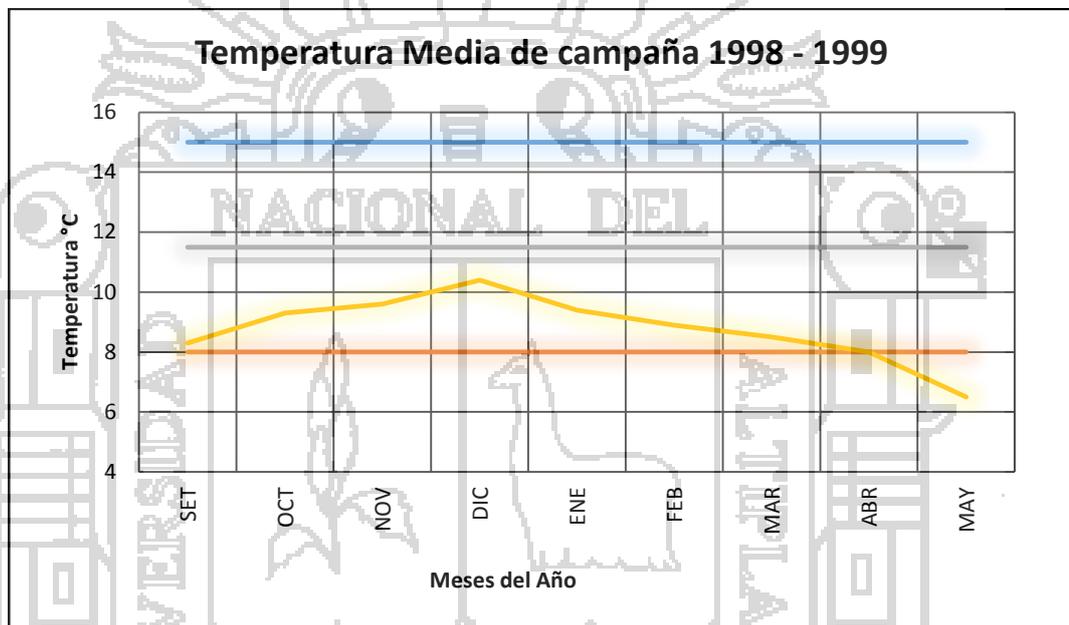
En el gráfico N° 4.3, se observa que el comportamiento de la temperatura de esa campaña agrícola, está dentro de los límites de temperatura establecida por la FAO, y el rendimiento que se obtuvo es de 914.28kg/ha. Esto se debe a la cantidad de área sembrada que se realizó en dos meses y la cosecha de igual manera durante los últimos dos meses de las campañas agrícolas.

Cuadro N° 4.4: Campaña Agrícola 1998 - 1999

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
1998 - 1999	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	2,920.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	2,920.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	899.32
		Producción (t.)	2,626.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.4: Temperatura media mensual de la campaña 1998 – 1999.



FUENTE: Elaboración propia.

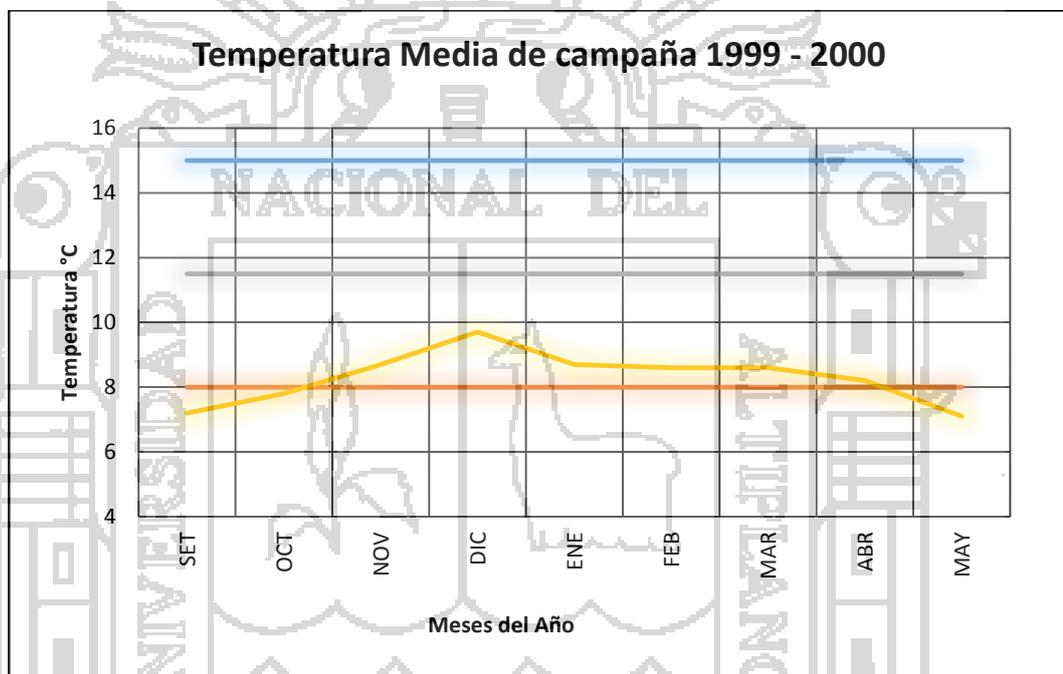
En el grafico N° 4.4, se observa que la temperatura promedio mensual tiene un comportamiento variado, en el meses de mayo se tuvo un descenso por debajo de los parámetros establecidos según el FAO, entonces el rendimiento ha disminuido a comparación de la campaña agrícola anterior es de 25.08 kg/ha. La siembra se realizó durante los primeros meses y la duración de la campaña agrícola fue solo de ocho meses.

Cuadro N° 4.5: Campaña Agrícola 1999 - 2000

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
1999 - 2000	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,450.00
		Sup. Perdida (ha.)	8.00
		Cosechas (ha.)	3,442.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	910.81
		Producción (t.)	3,135.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.5: Temperatura media mensual de la campaña 1999 - 2000.



FUENTE: Elaboración propia.

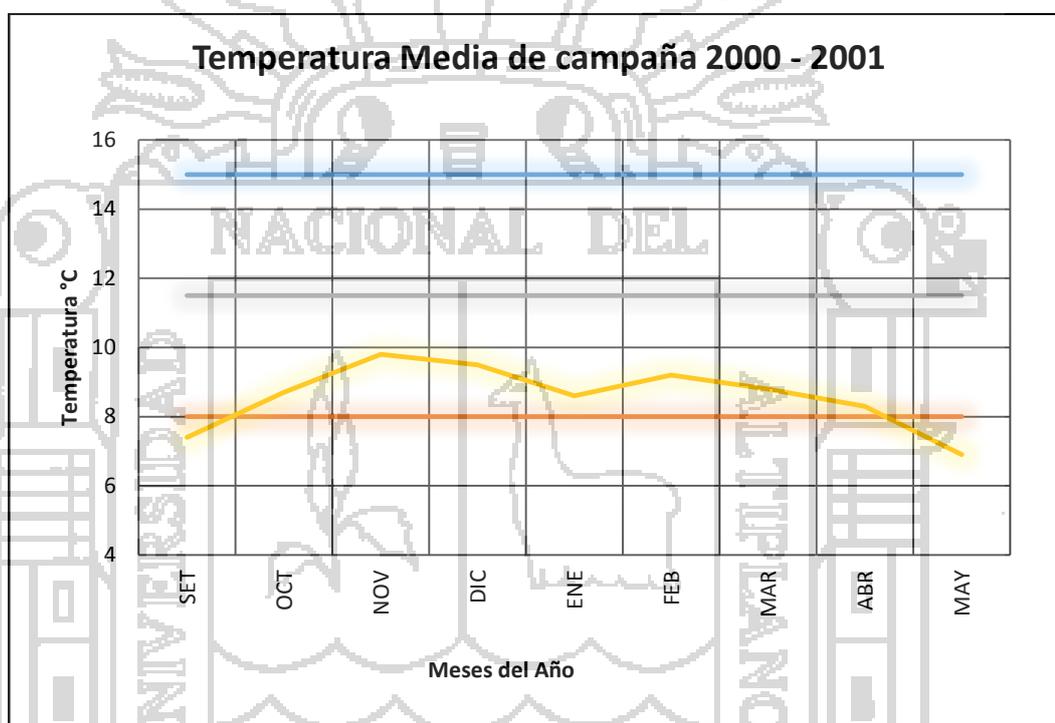
En el grafico N° 4.5, se observa que la temperatura media mensual tiene un comportamiento muy variado durante el ciclo vegetativo, en los meses setiembre y mayo tuvo un descenso por debajo del parámetro establecido por el FAO, y es una de las campañas agrícolas que ha registrado menor temperatura media. Se obtuvo un incremento en el rendimiento en un 11.49 kg/ha de anterior campaña agrícola, y se reportó una pérdida de 8ha de área cultivada por cambios brusco del clima durante la campaña agrícola.

Cuadro N° 4.6: Campaña Agrícola 2000 – 2001

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2000-2001	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,700.00
		Sup Perdida (ha.)	218.00
		Cosechas (ha.)	3,482.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	730.61
		Producción (t.)	2,544.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.6: Temperatura media mensual de la campaña 2000 - 2001.



FUENTE: Elaboración propia.

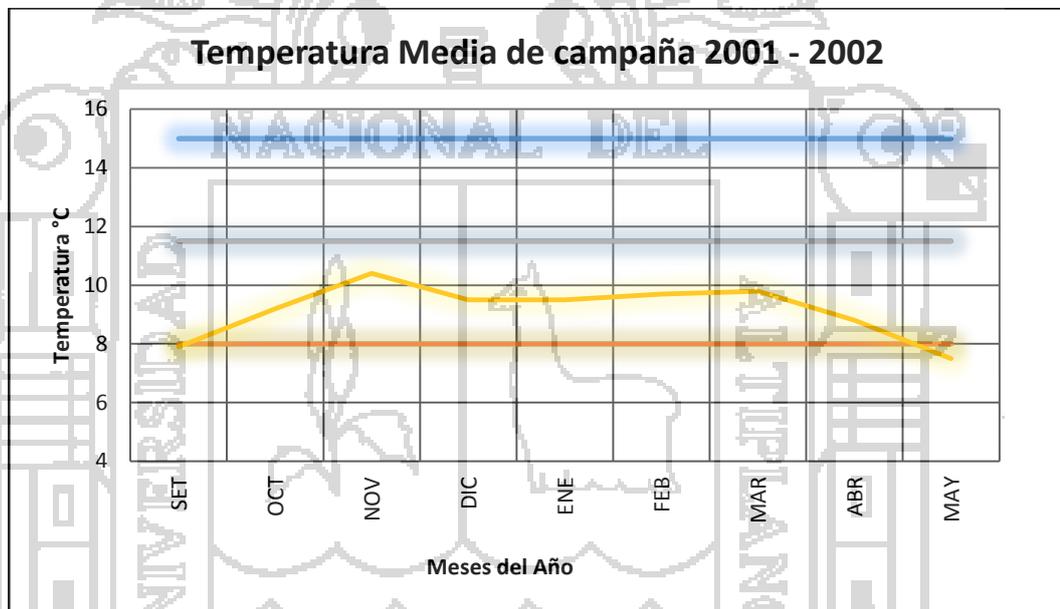
En el grafico N° 4.6, en presente campaña agrícola el comportamiento de temperatura media mensual es muy variado durante el ciclo vegetativo de quinua, ya que podemos denotar que en los meses de setiembre y mayo, hubo un descenso por debajo de los límites permisibles según FAO. Esta fue una de la campaña registro un menor rendimiento con 730.61kg/ha, y sufrió una pérdida de 218ha este hecho por bajas temperaturas y ausencia de precipitaciones pluviales.

Cuadro N° 4.7: Campaña Agrícola 2001 – 2002

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2001-2002	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,190.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	4,190.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,151.55
		Producción (t.)	4,825.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.7: Temperatura media mensual de la campaña 2001 – 2002.



FUENTE: Elaboración propia.

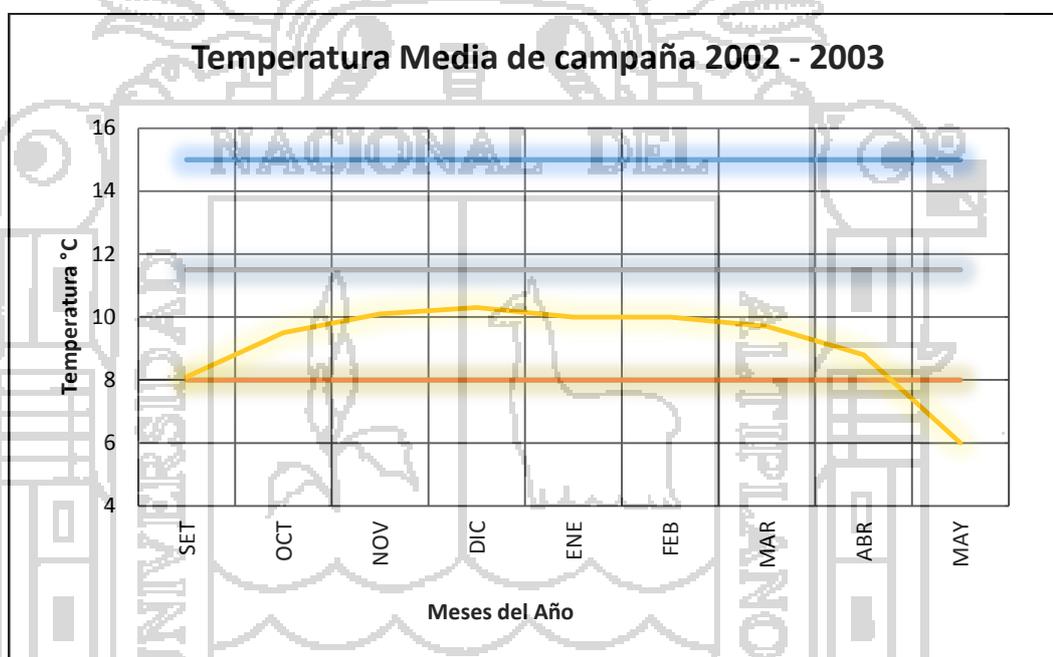
En el grafico N° 4.7, podemos denotar que en mes de mayo descenso de la temperatura por debajo de los parámetros establecidos según FAO, esto no ocasionó pérdidas en la producción, ya que empezaron a cosechar la mayor parte en el mes de abril y la otra parte en el mes de mayo. En el presente campaña agrícola se obtuvo un rendimiento de 1151.55 kg/ha, esto se ha logrado que el comportamiento de clima fue mucho mejor que los años anteriores.

Cuadro N° 4.8: Campaña Agrícola 2002 – 2003

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2002 - 2003	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,190.00
		Sup. Perdida (ha.)	62.00
		Cosechas (ha.)	4,128.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	962.69
		Producción (t.)	3,974.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.8: Temperatura media mensual de la campaña 2002 - 2003.



FUENTE: Elaboración propia.

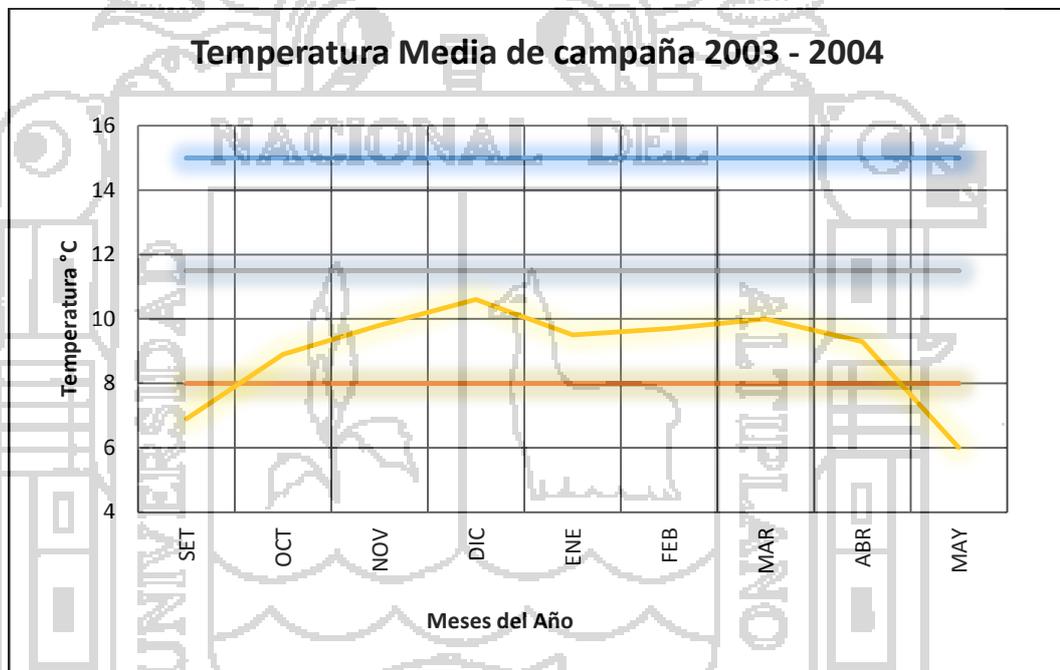
En el grafico N° 4.8, de igual manera podemos observar un descenso de la temperatura media mensual en el mes de mayo con 6°C, y en el resto de los meses está dentro de los límites óptimos según FAO. En esta campaña se obtuvo un rendimiento de 962.69kg/ha, y tuvo una reducción de 188.86 kg/ha a comparación con la campaña agrícola anterior y registro una pérdida de 62ha este hecho es por ausencia de precipitaciones pluviales durante la campaña agrícola y bajas temperaturas en los últimos meses del ciclo vegetativo de la quinua.

Cuadro N° 4.9: Campaña Agrícola 2003 – 2004

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2003-2004	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,035.00
		Sup. Perdida (ha.)	5.00
		Cosechas (ha.)	4,030.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	892.06
		Producción (t.)	3,595.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.9: Temperatura media mensual de la campaña 2003 - 2004.



FUENTE: Elaboración propia.

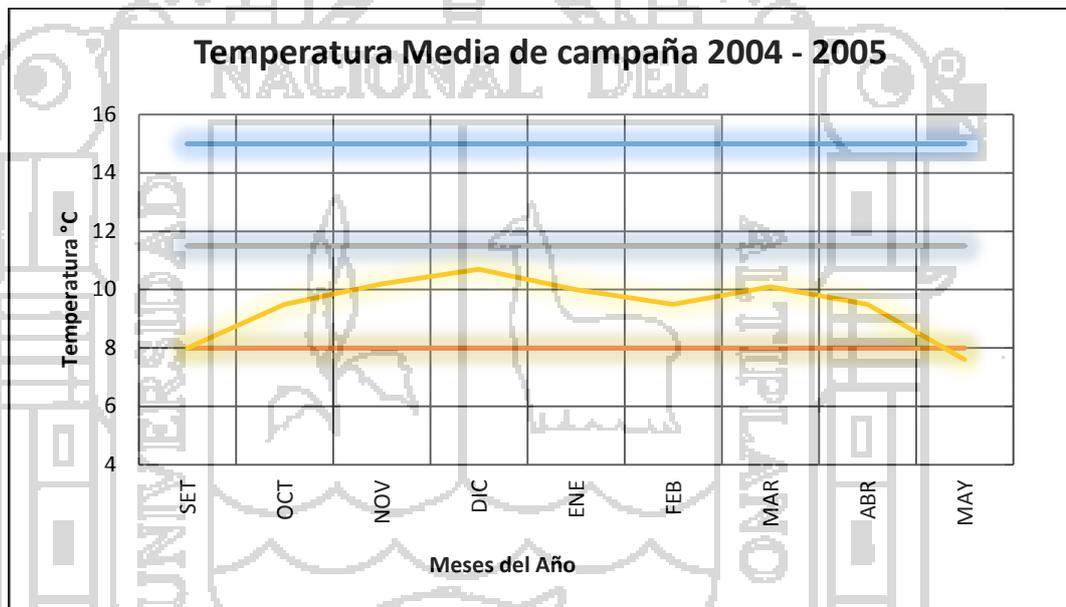
En el grafico N° 4.9, en presente campaña agrícola el comportamiento de temperatura media mensual es muy variado durante el ciclo vegetativo de quinua, ya que podemos denotar que en los meses de setiembre y mayo, hubo un descenso por debajo de los límites permisibles según FAO, mientras en el resto de los meses estuvo dentro de los límites. Se observó que el rendimiento ha reducido en 70.63 kg/ha con respecto al campaña anterior a causa de cambios brusco del clima, y tuvo una pérdida de 5ha a efectos de bajas temperaturas en la siembra.

Cuadro N° 4.10: Campaña Agrícola 2004 – 2005

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2004-2005	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,040.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	4,040.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,202.48
		Producción (t.)	4,858.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.10: Temperatura media mensual de la campaña 2004 - 2005



FUENTE: Elaboración propia.

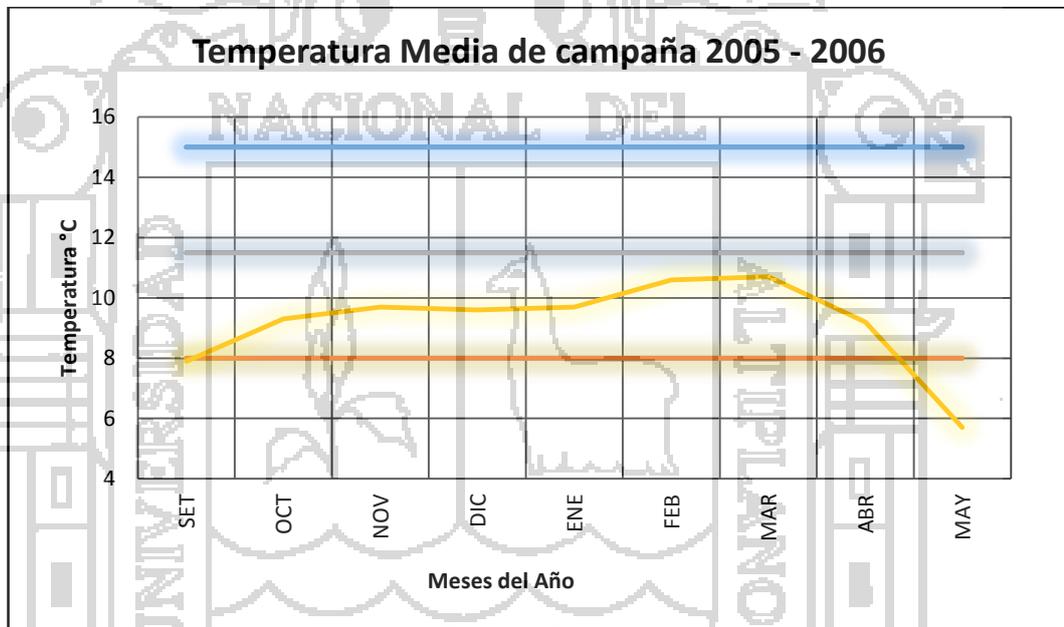
En el grafico N° 4.10, se puede observar que el comportamiento de la temperatura media mensual está dentro de los límites óptimos establecidos por la FAO, excepto en el mes de mayo el mismo que no ocasiono perdidas por hectárea. Por lo tanto se obtuvo un buen rendimiento de 1202.48 kg/ha, esto se logró a un buen comportamiento del clima durante la campaña agrícola.

Cuadro N° 4.11: Campaña Agrícola 2005 – 2006

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2005-2006	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,048.00
		Sup. Perdida (ha.)	33.00
		Cosechas (ha.)	4,015.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,103.36
		Producción (t.)	4,430.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.11: Temperatura media mensual de la campaña 2005 - 2006.



FUENTE: Elaboración propia.

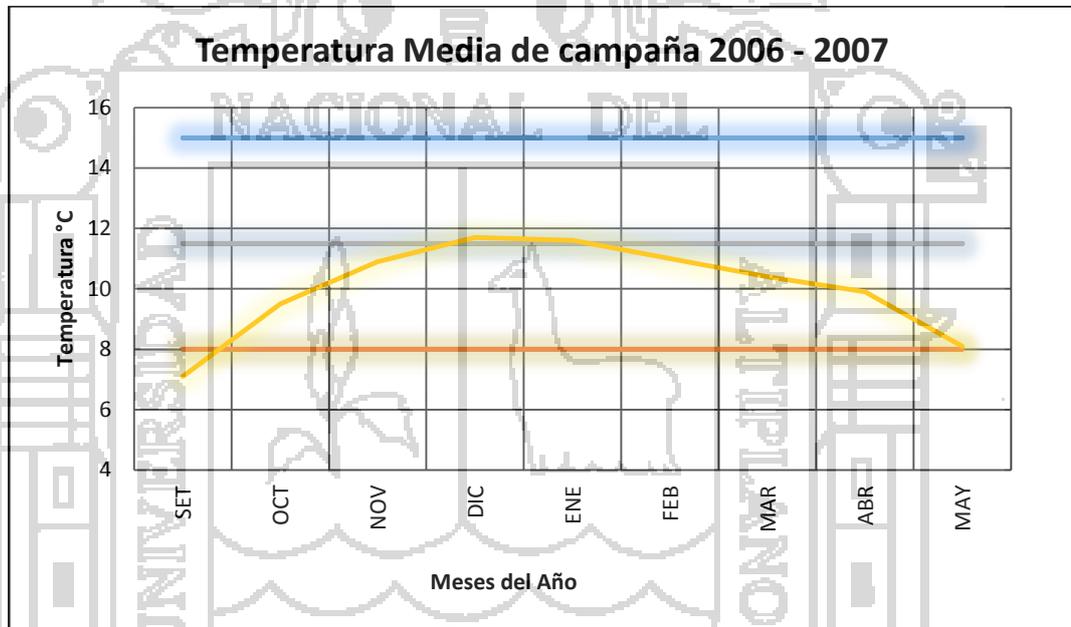
En el grafico N° 4.11, se observa que hay un descenso de la temperatura media mensual por debajo del límite óptimo del FAO, mientras que el resto de los meses de la campaña estuvieron dentro del límite óptimo. El rendimiento en esta campaña fue de 1103.36 kg/ha, hubo una variación de 99.12 kg/ha con respecto al campaña anterior, y se registró una pérdida de 33ha, esto debido a las bajas temperaturas en el último mes y exceso de precipitación pluvial durante la campaña agrícola.

Cuadro N° 4.12: Campaña Agrícola 2006 – 2007

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2006-2007	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	4,000.00
		Sup. Perdida (ha.)	86.00
		Cosechas (ha.)	3,914.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,020.44
		Producción (t.)	3,994.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.12: Temperatura media mensual de la campaña 2006 - 2007.



FUENTE: Elaboración propia.

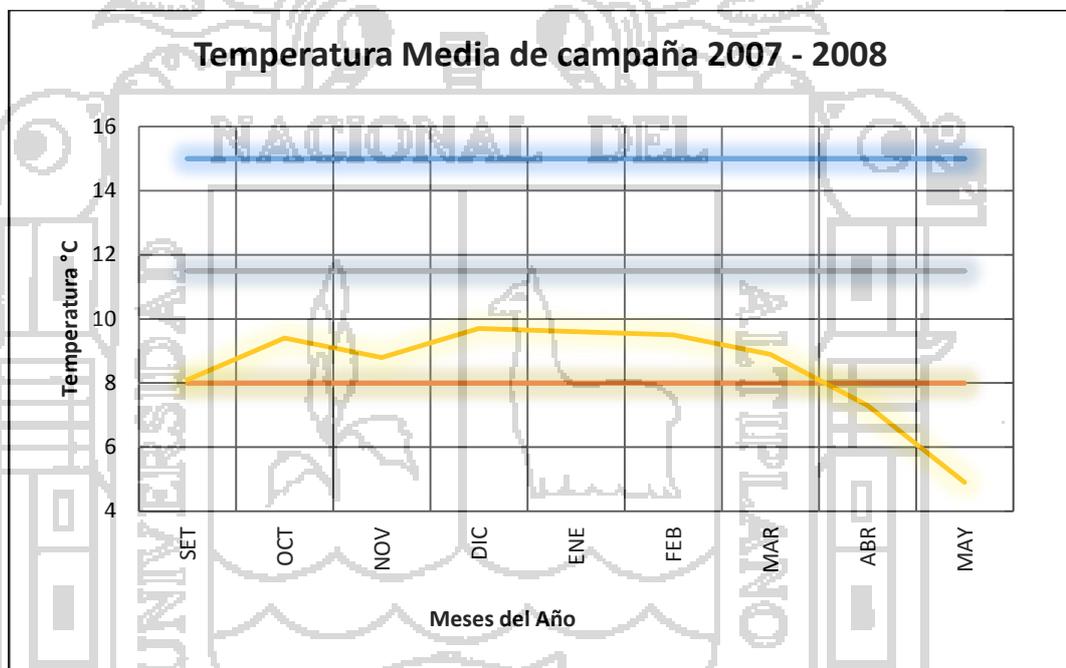
En el grafico N° 4.12, se observa de que la temperatura media mensual de toda la campaña agrícola está dentro del límite optimo establecido por la FAO, excepto en el mes de setiembre. En esta campaña se obtuvo de 1020.44 kg/ha, que hubo una reducción de 82.92 kg/ha con respecto a la campaña agrícola anterior, y se registró una pérdida de 86ha, esto a causa bajas temperaturas y ausencia de precipitaciones pluviales en los primeros meses del ciclo vegetativo del cultivo de quinua.

Cuadro N° 4.13: Campaña Agrícola 2007 – 2008

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2007-2008	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,614.00
		Sup. Perdida (ha.)	3.00
		Cosechas (ha.)	3,611.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	990.58
		Producción (t.)	3,577.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.13: Temperatura media mensual de la campaña 2007 - 2008.



FUENTE: Elaboración propia.

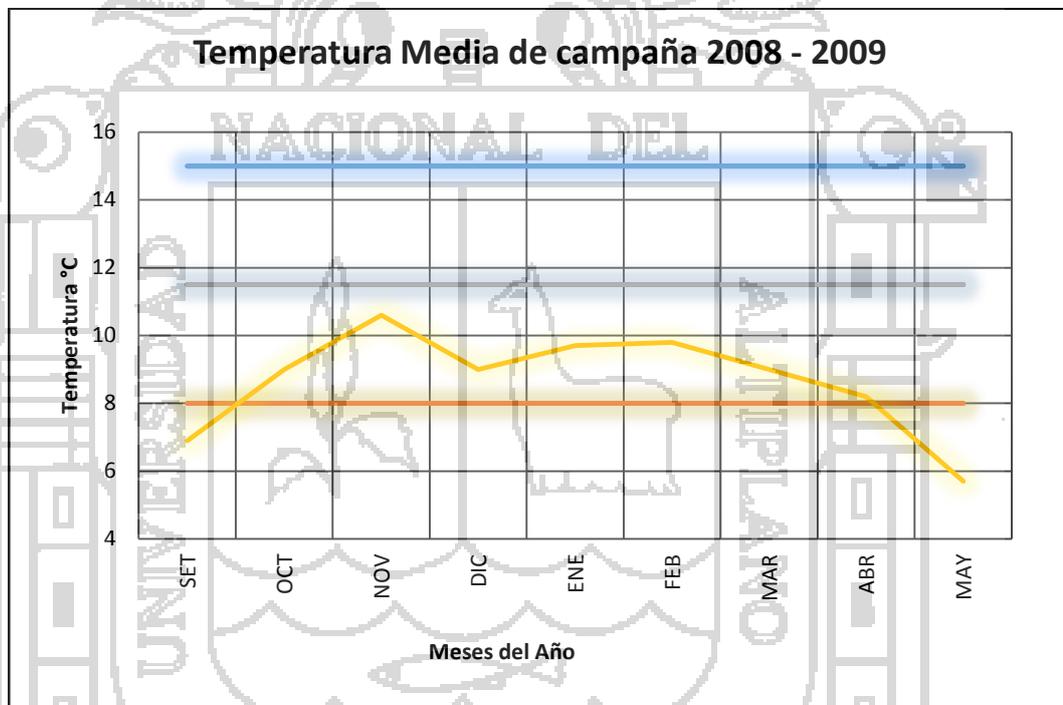
En el grafico N° 4.13, en presente campaña agrícola el comportamiento de temperatura media mensual es muy variado durante el ciclo vegetativo de quinua, ya que podemos denotar que en los meses de abril y mayo, hubo un descenso por debajo de los límites permisibles según FAO, mientras en el resto de los meses estuvo dentro de los limites. En esta campaña se obtuvo un rendimiento de 990.58 kg/ha, que tuvo un descenso de 29.86 kg/ha con respecto al anterior campaña agrícola y registro un perdida de 3ha, este hecho es por cambios bruscos del clima durante el ciclo vegetativo de la quinua.

Cuadro N° 4.14: Campaña Agrícola 2008– 2009

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2008-2009	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,618.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	3,618.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,153.40
		Producción (t.)	4,173.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.14: Temperatura media mensual de la campaña 2008 - 2009.



FUENTE: Elaboración propia.

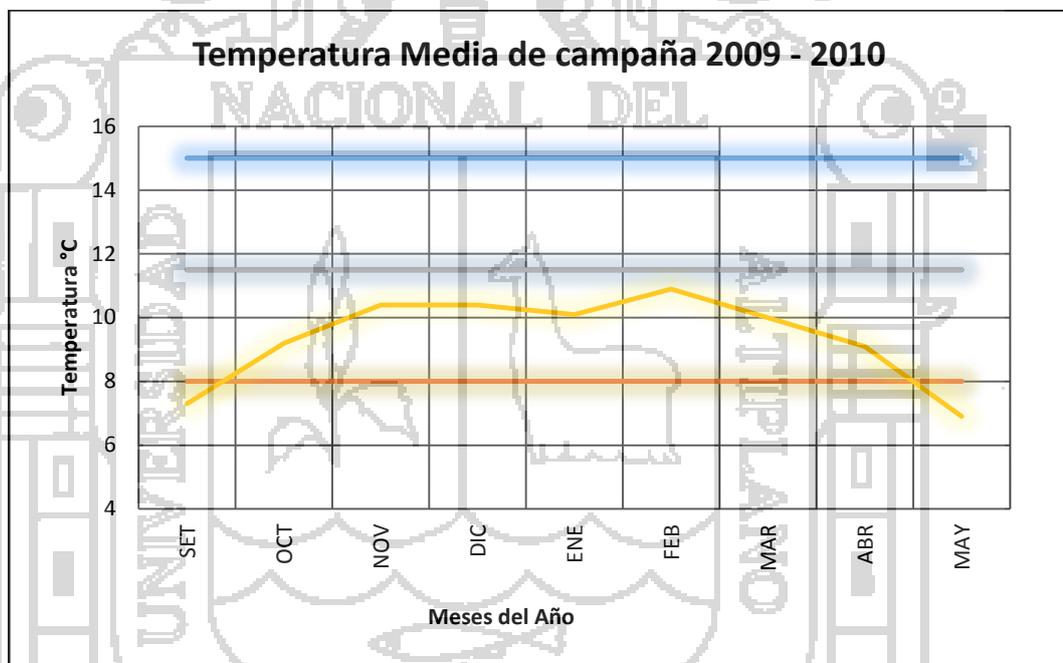
En el grafico 4.14, se observa de que en los meses de setiembre, abril y mayo la temperatura media mensual estuvo por debajo del límite óptimo según FAO, mientras que el resto de los meses estuvo dentro de los límites. En esta campaña se ha obtenido un rendimiento de 1153.40, que hubo un incremento en 162.82 kg/ha con respecto al anterior campaña y no registro ninguna perdida, esto debido al mejor comportamiento del clima durante la campaña agrícola.

Cuadro N° 4.15: Campaña Agrícola 2009 – 2010

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2009-2010	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,622.00
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	3,622.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,184.98
		Producción (t.)	4,292.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.15: Temperatura media mensual de la campaña 2009 - 2010.



FUENTE: Elaboración propia.

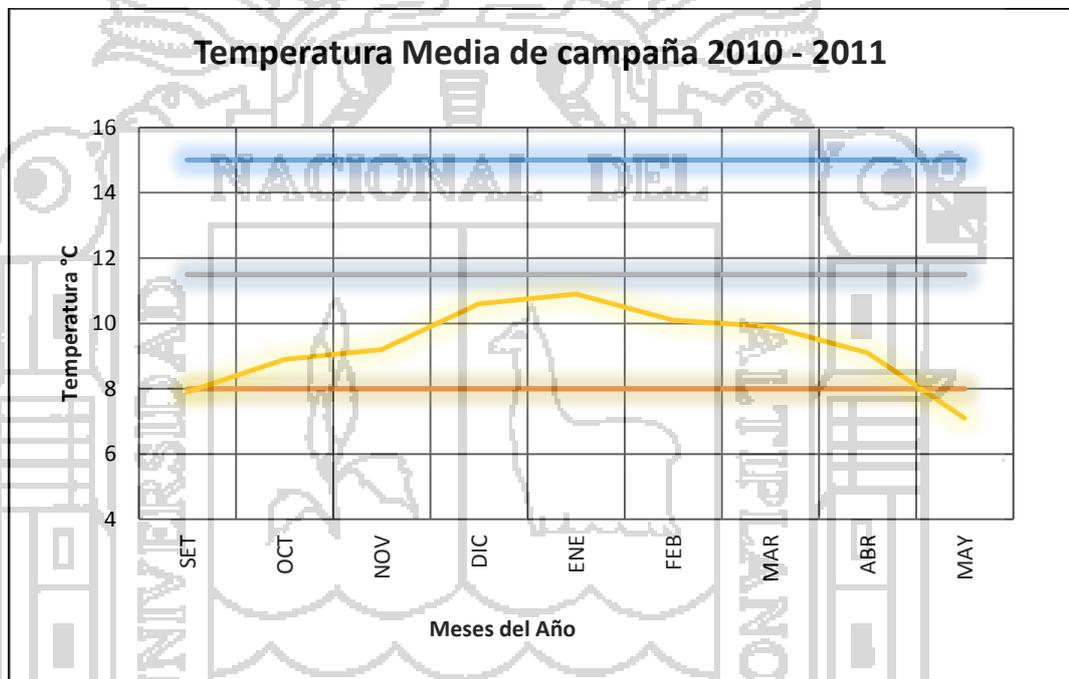
En el grafico N° 4.15, se observa que la temperatura media mensual de la campaña está dentro de los límites óptimos de la FAO, excepto en los meses de setiembre y mayo que estuvo menor a 8°C. En esta campaña agrícola no ha registrado pérdidas de hectáreas, y hubo un incremento de 31.58 kg/ha con respecto a la campaña anterior.

Cuadro N° 4.16: Campaña Agrícola 2010 – 2011

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2010-2011	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,666.50
		Sup. Perdida (ha.)	
		Cosechas (ha.)	3,241.50
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,103.85
		Producción (t.)	3,609.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.16: Temperatura media mensual de la campaña 2010 - 2011.



FUENTE: Elaboración propia.

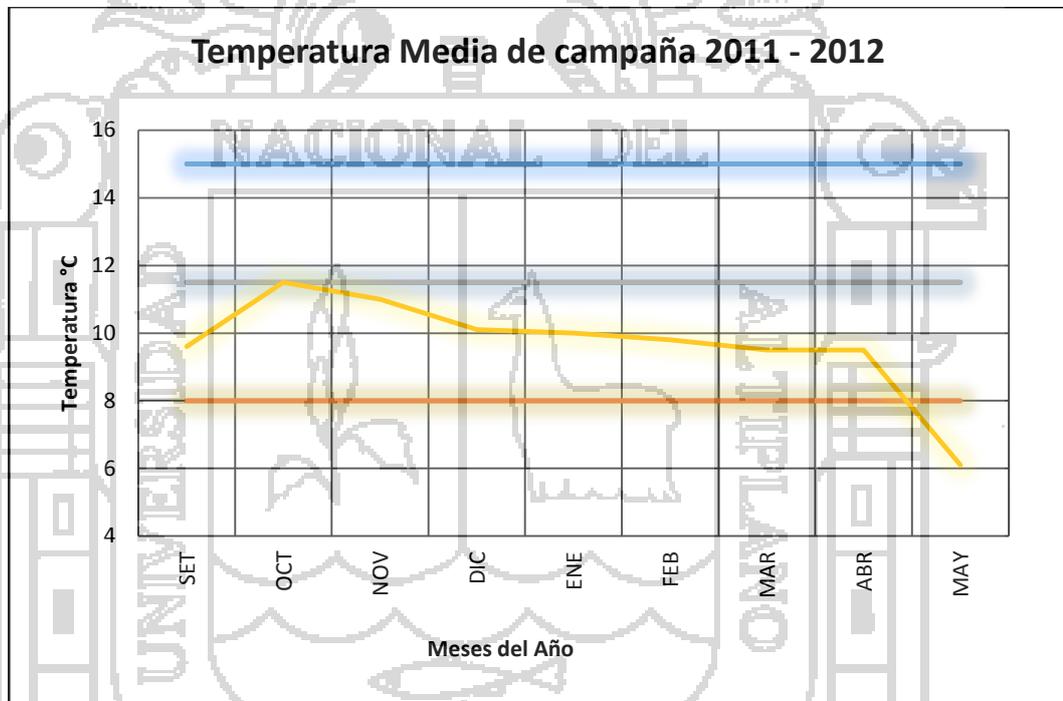
En el grafico N° 4.16, de igual manera el comportamiento de la temperatura media está dentro de los límites óptimos de la FAO, en excepción del mes de mayo que está por debajo de 8°C. En el presente campaña agrícola se obtuvo un rendimiento de 1103.85kg/ha, que hubo una reducción de 81.13 kg/ha con respecto a la campaña anterior y no se registró ninguna perdida por hectárea.

Cuadro N° 4.17: Campaña Agrícola 2011 – 2012

PERIODO	CULTIVO	VARIABLES	TOTAL EJEC.
2011-2012	QUINUA	Sup. Verde (ha.)	
		Siembras (ha.)	3,711.00
		Sup. Perdida (ha.)	850.00
		Cosechas (ha.)	2,861.00
		Rendimiento (Kg./ha.)	1,022.72
		Producción (t.)	2,926.00

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.17: Temperatura media mensual de la campaña 2011 - 2012.



FUENTE: Elaboración propia.

En el grafico N° 4.17, se observa que el comportamiento de las temperaturas están dentro los limite óptimo de la FAO, excepto del mes de mayo que estuvo inferior de 8°C. En esta campaña agrícola el rendimiento fue de 1022.72 kg/ha, que hubo un decremento de 81.13 kg/ha y se registró un perdida de 850ha por bajas temperaturas y ausencia de las precipitaciones pluviales en el mes de febrero.

4.4. DETERMINACION DE LA ECUACION DE CORRELACION PARA LA TEMPERATURA.

En el gráfico N° 4.1, se muestra una nube de puntos, que nos permite determinar la ecuación de regresión, por el comportamiento de estos puntos se deduce que la ecuación es polinómica de 4to grado, como se muestra en el siguiente modelo matemático:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + E$$

Donde:

Y = Temperatura en °C

X = Años

E = Error

a,b,c,d,e = parámetros de la ecuación de regresión.

Para resolver esta ecuación polinómica de 4to grado, el método es por medio de matrices de la siguiente forma.

$$\begin{bmatrix} an & b \sum_{i=1}^n x & c \sum_{i=1}^n x^2 & d \sum_{i=1}^n x^3 & e \sum_{i=1}^n x^4 \\ a \sum_{i=1}^n x & b \sum_{i=1}^n x^2 & c \sum_{i=1}^n x^3 & d \sum_{i=1}^n x^4 & e \sum_{i=1}^n x^5 \\ a \sum_{i=1}^n x^2 & b \sum_{i=1}^n x^3 & c \sum_{i=1}^n x^4 & d \sum_{i=1}^n x^5 & e \sum_{i=1}^n x^6 \\ a \sum_{i=1}^n x^3 & b \sum_{i=1}^n x^4 & c \sum_{i=1}^n x^5 & d \sum_{i=1}^n x^6 & e \sum_{i=1}^n x^7 \\ a \sum_{i=1}^n x^4 & b \sum_{i=1}^n x^5 & c \sum_{i=1}^n x^6 & d \sum_{i=1}^n x^7 & e \sum_{i=1}^n x^8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y \\ \sum_{i=1}^n xy \\ \sum_{i=1}^n x^2y \\ \sum_{i=1}^n x^3y \\ \sum_{i=1}^n x^4y \end{bmatrix}$$

Cuadro N° 4.18: Cálculo de sumatorias de temperatura y años.

AÑO	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>	X <sup>7</sup>	X <sup>8</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	X <sup>3</sup> Y	X <sup>4</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1999	2	8.77	4	8	16	32	64	128	256	17.54	35.08	70.16	140.32	76.9129
2002	5	9.14	25	125	625	3125	15625	78125	390625	45.7	228.5	1142.5	5712.5	83.5396
2003	6	9.17	36	216	1296	7776	46656	279936	1679616	56.02	330.12	1980.72	11884.32	84.0889
2006	9	9.16	81	729	6561	59049	531441	4782969	43046721	82.44	741.96	6677.64	60098.76	83.9056
2010	13	9.37	169	2197	28561	371293	4826809	62748517	815730721	121.81	1583.53	20585.89	267616.57	87.7969
2011	14	9.30	196	2744	38416	537824	7529536	105413504	1475789056	130.2	1822.8	25519.2	357268.8	86.49
<b>SUMA</b>	49	54.91	511	6019	75475	979099	12950131	173303179	2336636995	452.71	4741.99	55976.11	702721.27	502.7339

FUENTE: Elaboración propia.

N=	6
K=	4

Donde:

N= Numero de pares.

K= Grado del polinomio.

Reemplazando las sumatorias en la matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 6 & 49 & 511 & 6019 & 75475 \\ 49 & 511 & 6019 & 75475 & 979099 \\ 511 & 6019 & 75475 & 979099 & 12950131 \\ 6019 & 75475 & 979099 & 12950131 & 173303179 \\ 75475 & 979099 & 12950131 & 173303179 & 2336636995 \end{bmatrix}$$

Matriz inversa  $A^{-1}$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 51.034197 & -39.350989 & 9.218597 & -0.834947 & 0.025675 \\ -39.350989 & 31.417018 & -7.499114 & 0.687346 & -0.021311 \\ 9.218597 & -7.499114 & 1.816065 & -0.168327 & 0.005264 \\ -0.834947 & 0.687346 & -0.168327 & 0.0157567 & -0.000497 \\ 0.025675 & -0.021311 & 0.005264 & -0.000497 & 0.000016 \end{bmatrix}$$

Matriz B

$$B = \begin{bmatrix} 54.91 \\ 452.71 \\ 4741.99 \\ 55976.11 \\ 702721.27 \end{bmatrix}$$

Matriz incógnita

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.624873 \\ 0.867040 \\ -0.175494 \\ 0.014852 \\ -0.000438 \end{bmatrix}$$

Entonces los valores de los parámetros de la ecuación serán.

a = 7.624873

b = 0.867040

c = -0.175494

d = 0.014852

e = -0.000438

Reemplazando en la ecuación de regresión polinómica de 4to grado tenemos:

$$y = -0.000438x^4 + 0.014852x^3 - 0.175494x^2 + 0.867040x + 7.624873$$

Cuadro N° 4.19: Cálculo de la sumatoria de  $\hat{y}$  ajustada y error cuadrado.

AÑO	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>	X <sup>7</sup>	X <sup>8</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	X <sup>3</sup> Y	X <sup>4</sup> Y	Y <sup>2</sup>	$\hat{y}$	E	E <sup>2</sup>
1999	2	8.77	4	8	16	32	64	128	256	17.54	35.08	70.16	140.32	76.91	8.77	0.0	1.47E-06
2002	5	9.14	25	125	625	3125	15625	78125	390625	45.70	228.50	1142.50	5712.50	83.54	9.16	0.0	2.43E-04
2003	6	9.17	36	216	1296	7776	46656	279936	1679616	55.02	330.12	1980.72	11884.32	84.09	9.15	0.0	4.02E-04
2006	9	9.16	81	729	6561	59049	531441	4782969	43046721	82.44	741.96	6677.64	60098.76	83.91	9.17	0.0	6.42E-05
2010	13	9.37	169	2197	28561	371293	4826809	62748517	815730721	121.81	1583.53	20585.89	267616.57	87.80	9.36	0.0	2.99E-05
2011	14	9.30	196	2744	38416	537824	7529536	105413504	1475789056	130.20	1822.80	25519.20	357268.80	86.49	9.30	0.0	9.72E-06
<b>SUMA</b>	49	54.91	511	6019	75475	979099	12950131	173303179	2336636995	452.71	4741.99	55976.11	702721.27	502.73	54.91	-	0.00075

FUENTE: Elaboración propio.

Entonces:

$$SCR = 0.00075$$

**a. Calculo de SCT**

$$SCT = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

Reemplazando datos

$$SCT = 502.73 - \frac{54.91^2}{6}$$

$$CT = 0.215883333$$

**b. Calculo del coeficiente de correlación  $R^2$ .**

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}$$

Reemplazando:

$$R^2 = 1 - \frac{0.00075}{0.215883333}$$

$$R^2 = 0.9965$$

Cuadro N° 4.20: Calculo del análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura.

F. VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F. CALCULADA
REGRESION	0.21513	4	0.0538	71.74
ERROR	0.000749693	1	0.00074969	-
TOTAL	0.215883333	5	-	-

FUENTE: Elaboración propia.

Usando la distribución de Fisher para  $\alpha = 0.05$  (4,1)

Se tiene:

F calculada = 71.74

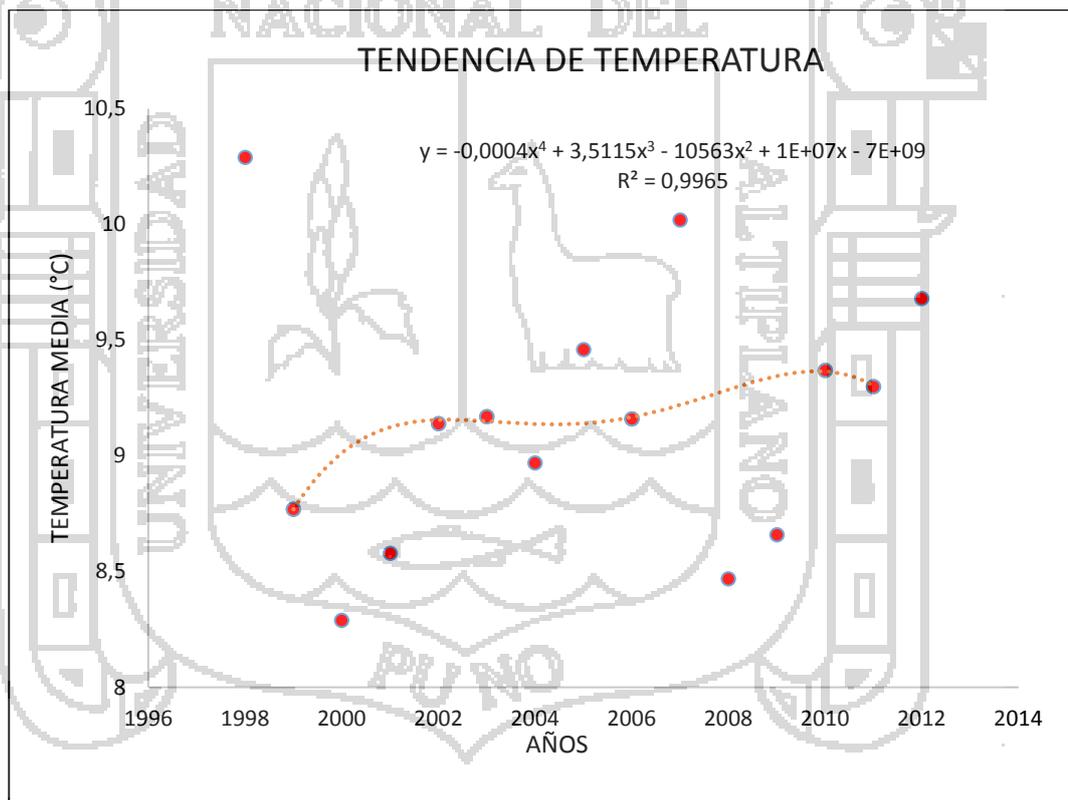
F tabla = 224.58

**c. Criterio de decisión.**

Debido a que la F calculada del análisis ANOVA es mayor que la F tablas, cae en la región de rechazo, entonces rechazamos la hipótesis nula  $H_0$ , lo cual el Modelo de Regresión Polinómica es significativa.

En el siguiente gráfico se muestra la línea de tendencia.

Gráfico N° 4.18: Análisis de tendencia de la temperatura media (1998 – 2012).



FUENTE: Elaboración propia.

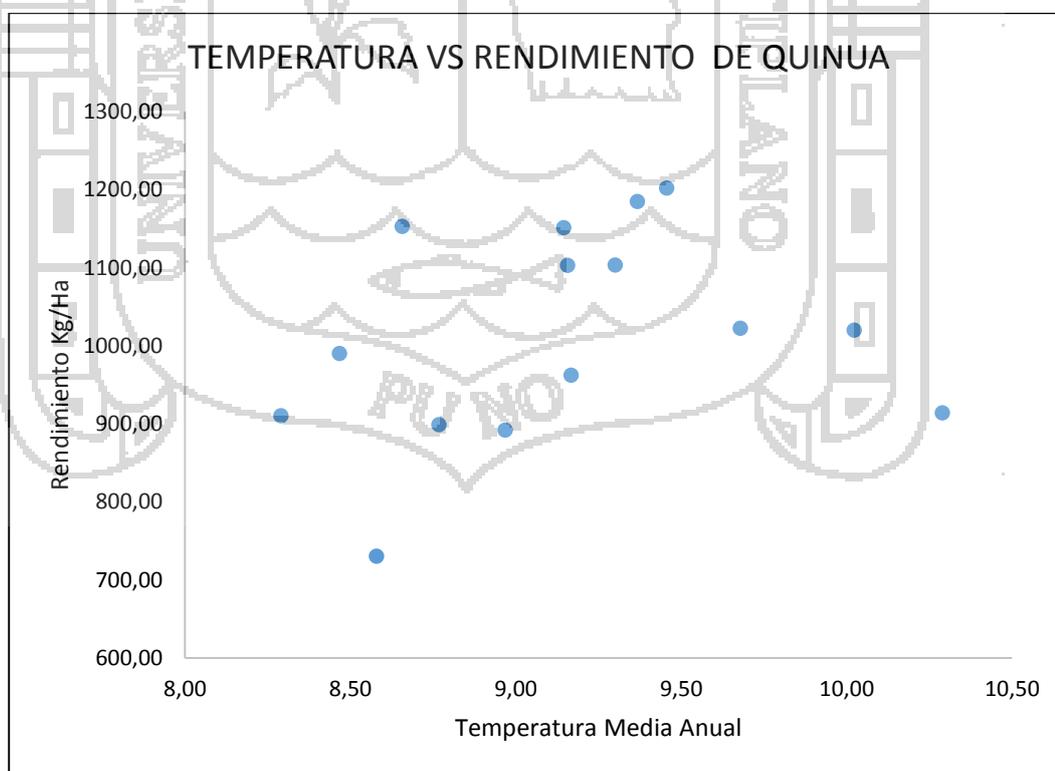
4.5. ANALISIS DE TEMPERATURA VS RENDIMIENTO DE QUINUA (1998 2012).

Cuadro N° 4.21: Temperatura media anual y rendimiento de quinua.

Campaña Agrícola (Años)	T. Media Anual (°C)	Rendimiento (kg/ha)
1997-1998	10.29	914.28
1998-1999	8.77	899.32
1999-2000	8.29	910.81
2000-2001	8.58	730.61
2001-2002	9.14	1151.55
2002-2003	9.17	962.69
2003-2004	8.97	892.06
2004-2005	9.46	1202.48
2005-2006	9.16	1103.36
2006-2007	10.02	1020.44
2007-2008	8.47	990.58
2008-2009	8.66	1153.40
2009-2010	9.37	1184.98
2010-2011	9.30	1103.85
2011-2012	9.68	1022.72

FUENTE: Elaboración propia.

Grafico N° 4.19: Temperatura media anual vs rendimiento de quinua.



FUENTE: Elaboración propia.

4.6. DETERMINACIÓN DE LA ECUACION DE CORRELACION PARA LA PRODUCCION.

Por el comportamiento de los puntos se deduce que la ecuación que se genera es Polinómica de 4to grado.

Modelo matemático:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + E$$

Donde:

y = Rendimiento en Kg/Ha.

x = Temperatura en °C

E= Error

a,b,c,d,e = parámetros de la ecuación de regresión.

Para resolver esta ecuación polinómica de 4to grado, se usara la siguiente matriz.

$$\begin{bmatrix} an & b \sum_{i=1}^n x & c \sum_{i=1}^n x^2 & d \sum_{i=1}^n x^3 & e \sum_{i=1}^n x^4 \\ a \sum_{i=1}^n x & b \sum_{i=1}^n x^2 & c \sum_{i=1}^n x^3 & d \sum_{i=1}^n x^4 & e \sum_{i=1}^n x^5 \\ a \sum_{i=1}^n x^2 & b \sum_{i=1}^n x^3 & c \sum_{i=1}^n x^4 & d \sum_{i=1}^n x^5 & e \sum_{i=1}^n x^6 \\ a \sum_{i=1}^n x^3 & b \sum_{i=1}^n x^4 & c \sum_{i=1}^n x^5 & d \sum_{i=1}^n x^6 & e \sum_{i=1}^n x^7 \\ a \sum_{i=1}^n x^4 & b \sum_{i=1}^n x^5 & c \sum_{i=1}^n x^6 & d \sum_{i=1}^n x^7 & e \sum_{i=1}^n x^8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y \\ \sum_{i=1}^n xy \\ \sum_{i=1}^n x^2y \\ \sum_{i=1}^n x^3y \\ \sum_{i=1}^n x^4y \end{bmatrix}$$



Cuadro N° 4.22: Cálculo de sumatorias de temperatura y rendimientos.

AÑO	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>	X <sup>7</sup>	X <sup>8</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	X <sup>3</sup> Y	X <sup>4</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1	8.47	990.58	71.74	607.65	5146.757	43593.030	369232.960	3127403.172	26489104.867	8390.246	71065.388	601923.834	5098294.871	981256.661
2	8.77	899.32	76.85	673.76	5906.606	51781.243	453948.894	3979618.640	34887990.079	7883.995	69116.355	605920.043	5311899.043	808767.469
3	8.97	892.06	80.46	721.73	6473.956	58071.389	520900.361	4672476.237	41912111.842	8001.769	71775.870	643829.554	5775151.098	795769.259
4	9.17	962.69	84.09	771.10	7070.943	64840.548	594587.828	5452370.378	49998236.369	8827.895	80951.795	742327.964	6807147.429	926777.812
5	9.30	1103.85	86.49	804.36	7480.520	69568.837	646990.183	6017008.706	55958180.967	10265.800	95471.943	887889.072	8257368.372	1218483.719
6	9.37	1184.98	87.80	822.66	7708.296	72226.730	676764.462	6341283.012	59417821.822	11103.263	104037.571	974832.036	9134176.179	1404177.600
7	9.46	1202.48	89.49	846.59	8008.746	75762.742	716715.536	6780128.967	64140020.030	11375.414	107611.412	1018003.955	9630317.412	1445946.126
8	10.29	914.28	105.88	1089.55	11211.443	115365.745	1187113.513	12215398.048	1256964445.909	9407.951	96807.821	996152.476	10250408.982	835909.747
<b>SUMA</b>	<b>73.80</b>	<b>8150.24</b>	<b>682.81</b>	<b>6337.38</b>	<b>59007.267</b>	<b>551210.263</b>	<b>5166253.737</b>	<b>48585687.160</b>	<b>458499911.883</b>	<b>75256.333</b>	<b>696838.154</b>	<b>6470878.934</b>	<b>60264763.386</b>	<b>8417088.394</b>

FUENTE: Elaboración propia.

N=	8
K=	4

Donde:

N= número de pares

K= grado del polinomio

Reemplazando en la matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 8 & 73.8094.5 & 682.81 & 6337.38 & 59007.267 \\ 73.80 & 682.81 & 6337.38 & 59007.267 & 551210.263 \\ 682.81 & 6337.38 & 59007.267 & 551210.263 & 5166253.737 \\ 6337.38 & 59007.267 & 551210.263 & 5166253.737 & 48585687.160 \\ 59007.267 & 551210.263 & 5166253.737 & 48585687.160 & 458499911.883 \end{bmatrix}$$

Matriz inversa  $A^{-1}$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 10127183242 & -4390563341 & 712652604 & -51325014 & 1383780.113 \\ -4390563365 & 1903580970 & -308992656 & 22254514.6 & 1383780.113 \\ 712652611.2 & -308992658.1 & 50158414.7 & -3612702.7 & 97410.67377 \\ -51325014.6 & 22254514.84 & -3612702.67 & 260218.826 & -7016.664196 \\ 1383780.143 & -600032.0593 & 97410.6748 & -7016.6642 & 189.2081846 \end{bmatrix}$$

Matriz B

$$B = \begin{bmatrix} 8150.2365 \\ 75256.33329 \\ 696838.1542 \\ 6470878.934 \\ 60264763.39 \end{bmatrix}$$

Matriz incógnita

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4422202.9531 \\ 1991363.0156 \\ -335211.1572 \\ 25002.7686 \\ -697.1608 \end{bmatrix}$$

Entonces los valores de los parámetros de la ecuación serán.

$$a = -4422202.9531$$

$$b = 1991363.0156$$

$$c = -335211.1572$$

$$d = 25002.7686$$

$$e = -697.1608$$

Reemplazando en la ecuación de regresión polinómica de 4to grado tenemos:

$$y = -4422202.9531 + 1991363.0156x - 335211.1572x^2 + 25002.7686x^3 - 697.1608x^4$$

Para calcular  $\hat{y}$  se reemplaza los datos de  $x$  en la ecuación obtenida, los resultados se muestran en el Cuadro N° 4.23.



Cuadro N° 4.23: Cálculo de sumatoria de  $\hat{y}$  y error cuadrático.

X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>	X <sup>7</sup>	X <sup>8</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	X <sup>3</sup> Y	X <sup>4</sup> Y	Y <sup>2</sup>	E	E <sup>2</sup>
1	990.58	71.74	607.645	5146.757	43593.030	369232.960	3127403.172	26489104.867	8390.246	71065.388	601923.834	5098294.871	981256.661	-2.170	4.708
2	899.32	76.85	673.757	5906.606	51781.243	453948.894	3979618.640	34887990.079	7883.995	69116.355	605920.043	5311899.043	808767.469	9.647	93.074
3	892.06	80.46	721.734	6473.956	58071.389	520900.361	4672476.237	41912111.842	8001.769	71775.870	643829.554	5775151.098	795769.259	-6.483	42.028
4	962.69	84.09	771.095	7070.943	64840.548	594587.828	5452370.378	49998236.369	8827.895	80951.795	742327.964	6807147.429	926777.812	26.852	721.056
5	1103.85	86.49	804.357	7480.520	69568.837	646990.183	6017008.706	5958180.967	10265.800	95471.943	887889.072	8257368.372	1218483.719	16.867	284.500
6	1184.98	87.80	822.657	7708.296	72226.730	676764.462	6341283.012	59417821.822	11103.263	104037.571	974832.036	9134476.179	1404177.600	36.732	1349.256
7	1202.48	89.49	846.591	8008.746	75762.742	716715.536	6780128.967	64440020.030	11375.414	107611.412	1018003.955	9630317.412	1445946.126	29.412	865.055
8	914.28	105.88	1089.547	11211.443	115365.745	1187113.513	12215398.048	125696445.909	9407.951	96807.821	966152.476	10250408.982	835909.747	0.091	0.008
<b>SUM.</b>	<b>73.797</b>	<b>8150.24</b>	<b>6337.384</b>	<b>59007.267</b>	<b>551210.263</b>	<b>5166253.737</b>	<b>48585687.160</b>	<b>458499911.883</b>	<b>75256.333</b>	<b>696838.154</b>	<b>6470878.934</b>	<b>60264763.386</b>	<b>8417088.394</b>	<b>8151.816</b>	<b>3359.685</b>

FUENTE: Elaboración propia.

Entonces:

SCR = 3359.685

**a. Calculo de SCT**

$$SCT = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

Reemplazando datos

$$SCT = 8417088.394 - \frac{8150.24^2}{8}$$

$$SCT = 8417088.394 - 8303294.376$$

$$SCT = 113794.018$$

**b. Calculo del coeficiente de correlación  $R^2$ .**

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}$$

Reemplazando:

$$R^2 = 1 - \frac{3359.685}{113794.018}$$

$$R^2 = 0.9705$$

Cuadro N° 4.24: Cálculo del análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento.

F. variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F. calculada
REGRESION	110434.333	4	27608.583	24.65
ERROR	3359.685	3	1119.895	-
TOTAL	113794.018	7	-	-

FUENTE: Elaboración propia.

Usando la distribución de Fisher para  $\alpha = 0.05$  (4,3)

Se tiene:

F calculada = 24.65

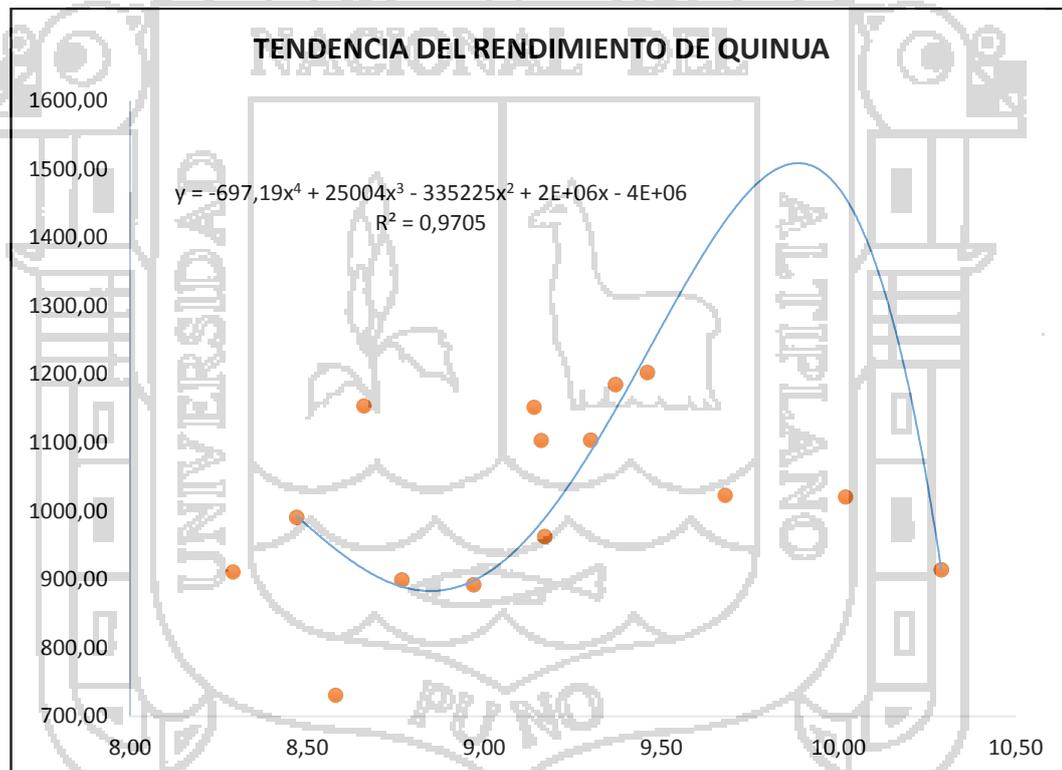
F tabla = 9.12

**c. Criterio de decisión.**

Debido a que la F calculada del análisis ANOVA es mayor que la F tablas, cae en la región de rechazo, entonces rechazamos  $H_0$ , lo cual el Modelo de Regresión Polinómica es significativa.

En el siguiente gráfico se muestra la línea de tendencia.

Gráfico N° 4.20: Línea de tendencia del rendimiento de quinua.



FUENTE: Elaboración propia.

## 4.7. CALCULO DE RENDIMIENTOS CON DIFERENTES TEMPERATURAS

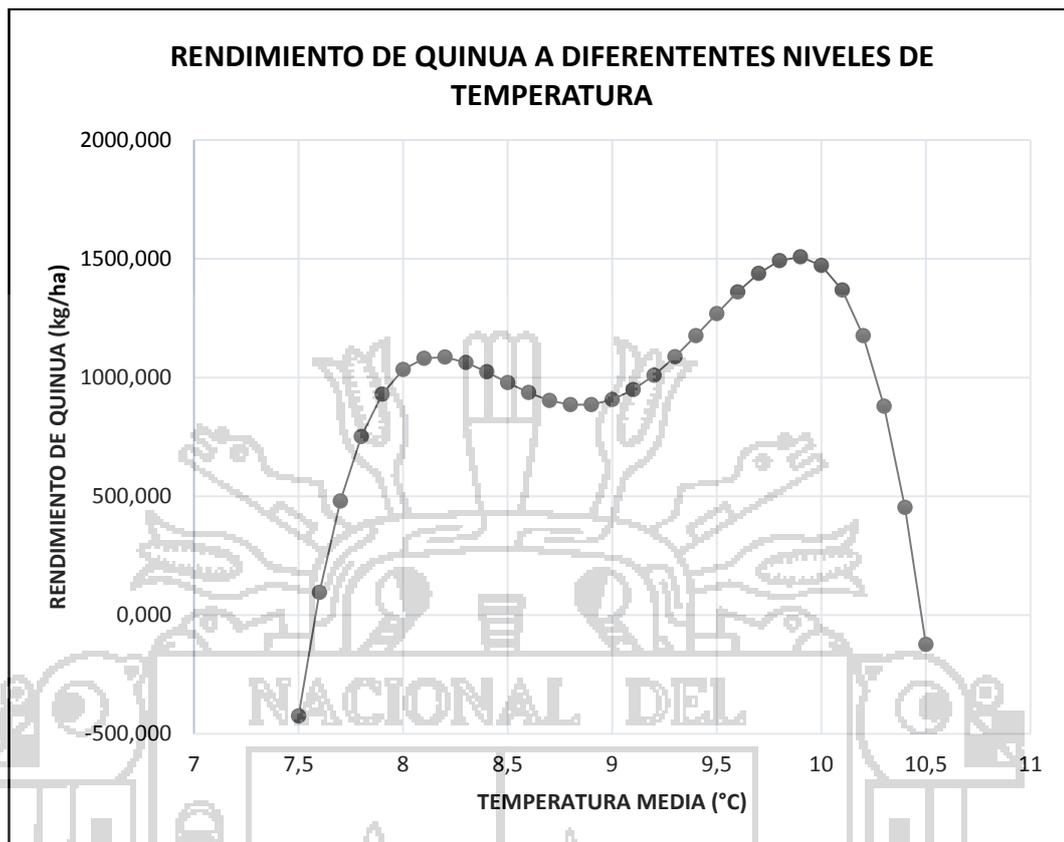
Con la ecuación que se ha generado, es posible hallar nuevos rendimientos con relación a la variación de la temperatura, para tal efecto la variable X se reemplaza en la ecuación y el resultado será el nuevo rendimiento tal como se muestra en la cuadro N° 4.25.

Cuadro N° 4.25. Rendimientos originados a diferentes niveles de temperatura.

TEMPERATURA °C	RENDIMIENTO DE QUINUA Kg/ha
7.5	-425.142
7.6	94.878
7.7	479.638
7.8	751.154
7.9	929.772
8	1034.164
8.1	1081.328
8.2	1086.588
8.3	1063.597
8.4	1024.334
8.5	979.104
8.6	936.540
8.7	903.601
8.8	885.572
8.9	886.068
9	907.026
9.1	948.715
9.2	1009.727
9.3	1086.982
9.4	1175.728
9.5	1269.537
9.6	1360.311
9.7	1438.277
9.8	1491.989
9.9	1508.329
10	1472.503
10.1	1368.046
10.2	1176.821
10.3	879.014
10.4	453.142
10.5	-123.953

FUENTE: Elaboración propio.

Grafica N° 4.21. Rendimiento de quinua a diferentes niveles de temperaturas.



FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico N° 4.21, se puede observar que el rendimiento tiene una variación conforme la temperatura tiende a tomar diferentes valores de medición, el rendimiento mínimo que se ha calculado es de 94.878 kg/ha, a una temperatura mínima de 7.6 °C, mientras que el rendimiento máximo calculado es de 1508.329 kg/ha, a una temperatura media de 9.9°C; por otro lado podemos deducir del grafico que la temperatura máxima que puede soportar el cultivo de quinua es de 10.5°C, ya que después del valor máximo mencionado tiende a ser negativo.

## CONCLUSIONES.

El presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ El comportamiento de la temperatura es variable e influye directamente en la producción del cultivo de quinua, obteniendo como resultado lo siguiente: en la campaña agrícola de (1997-1998) presentó la máxima temperatura media de 10.29°C, tendiendo un rendimiento de 914.28kg/ha. En cambio la campaña agrícola (1999 – 2000), presentó la mínima temperatura media de 8.29°C, con un rendimiento de 910.81kg/ha. La campaña agrícola (2004 – 2005), se obtuvo el máximo rendimiento de 1202.48kg/ha, a una temperatura promedio de 9.46°C; y en cambio el menor rendimiento se produjo en la campaña agrícola (2000-2001), teniendo un rendimiento de 730.61kg/ha con una temperatura 8.58°C.
- ✓ La relación entre la temperatura y el rendimiento del cultivo de quinua, se determinó mediante la ecuación correlacional polinómica de cuarto grado, obteniéndose la siguiente ecuación:  $y = 4422202.9531 + 1991363.0156x - 335211.1572x^2 + 25002.7686x^3 - 697.1608x^4$ ; esta ecuación nos permitió calcular rendimientos a diferentes niveles de temperatura que puede soportar el cultivo de quinua, obteniéndose una mínima de 7.6°C y una máxima de 10.4°C; acorde a los resultados obtenidos se puede considerar que el cultivo de quinua es tolerante aun al cambio climático.

## RECOMENDACIONES.

- ✓ El cambio climático 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 quinua.
- ✓ Se recomienda realizar estudios similares con diferentes cultivos y con mayor base de datos históricos, para tener un mejor grado de confiabilidad de los resultados.
- ✓ A las autoridades de la facultad de Ingeniería Agrícola, realizar convenios con las instituciones involucradas en el tema del cambio climático, para obtener datos con mayor facilidad y así realizar estudios con más de una variable.



**BIBLIGRAFIA.**

- Apaza et al. 2005. Manejo y Mejoramiento de Quinua Orgánica. Puno, Perú.  
Serie Manual N° 01- Estación Experimental Agraria. ILLPA-Puno.
- CAZABONE, C; SIVOLI, A. 1997. Ciencias de la tierra. 2da ed. Caracas,  
Venezuela, Editorial Eneva.
- COLQUE, M; SANCHES, V. 2007. Asociación Civil Labor / Amigos de la  
Tierra – Perú
- Crodau, M. 1977. Comparative Study of Energy Comsumption in Biological  
and Conventional Agriculture. IFOAM Boletin # 20.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Consultado el 11 de mar. del  
2009. Disponible en: <http://faostat.fao.org>
- Fices. (2010), Observación Meteorológica, Universidad Nacional de San  
Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias económicas. San Luis  
Argentina.18 Pág.
- IPCC, 1992. Cambio Climático: Evaluación de impactos. Primer Informe de  
Evaluación del IPCC. Vol.2, Instituto Nacional de Meteorología de  
España.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change  
2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the  
Third Assessment Report of the. Published for the Intergovernmental  
Panel on Climate Change.Cambridge University Press. 873 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change  
2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability.  
Summary for policy makers.IPCC WGII 4th Assessment Report.  
Praga, República Checa.
- LEINS, IT. 2011. Efecto Invernadero. (en línea). Consultado 12 de agosto  
del 2012.

- Lescano, J.L. 1989. Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplas. In: Curso: "Cultivos altoandinos". Potosí, Bolivia. 17 - 21 de abril de 1989. pp 1-18.
- Morón, C. 1999. Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En: Memorias de la Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos. FAO-CIP- Universidad San Agustín y Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Lima, Perú.
- Morón y Schejtman, 1997. 1997. Cultivo de Quinoa. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú.130 p
- Mujica, A. 1983. Selección de Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Chapingo, México. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Chapingo, México.
- Mujica, A. 1993. Cultivo de Quinoa, INIA, Proyecto TTA. Serie Manual 11-95.
- Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México. 122 p.
- Quereda, J. (2008), Curso de Climatología General, Editorial Universitas, España., 264 Pág.
- Rivera, Ricardo, 1995. Cultivos Andinos en el Perú. Investigaciones y Perspectivas de su Desarrollo. Editorial Minerva. Lima, Perú. 417 p.
- Saravia, R. y R. Quispe. 2005. Fascículo 4 – Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinoa. In: PROINPA y FAUTAPO ( eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinoa: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinoa Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO,

Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 53-86.

SENAMHI (2009a) Escenarios Climáticos en la cuenca del río Santa para el año 2030 Autores Díaz A., Rosas G., Avalos G., Oria C., Acuña D., Llacza, A., Miguel R. Proyecto SCNCC, Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Editor Ministerio del Ambiente.

SENAMHI (2009b) Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030 Autores Díaz A., Rosas G., Avalos G., Oria C., Acuña D., Llacza, A., Miguel R. Proyecto SCNCC, Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Editor Ministerio del Ambiente.

SENAMHI (2007) "Escenarios de cambio climático en la cuenca de los ríos Mantaro y Urubamba para el año 2100"; Proyecto Regional Andino de Adaptación – PRAA. Autores Rosas G., Avalos G., Díaz A., Oria C., Acuña D., Metzger L. y Miguel R. Eds. SENAMHI – MINAM, Perú, 124 pp.

Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

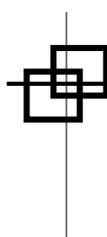
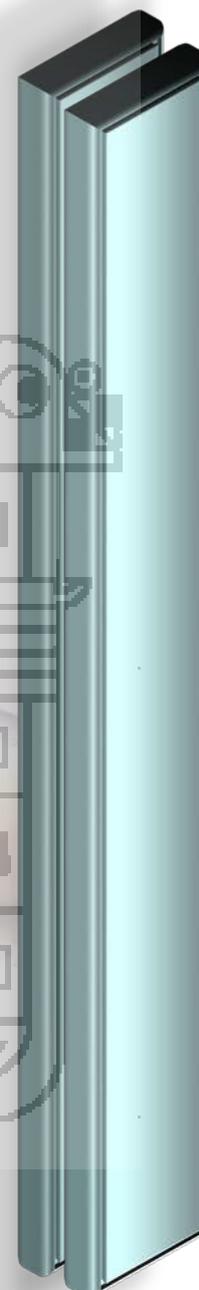
Tapia, M. 1997. Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

Trewartha, G. 1995. An Introduction to climate, McGraw-Hill.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA EN  
LA ZONA ALTA DEL DISTRITO DE ILAVE - EL  
COLLAO”.**

## MAPA DE UBICACION DEL PROYECTO

### MAPA DE LA REGION PUNO



### MAPA DEL PERU



**LEYENDA**

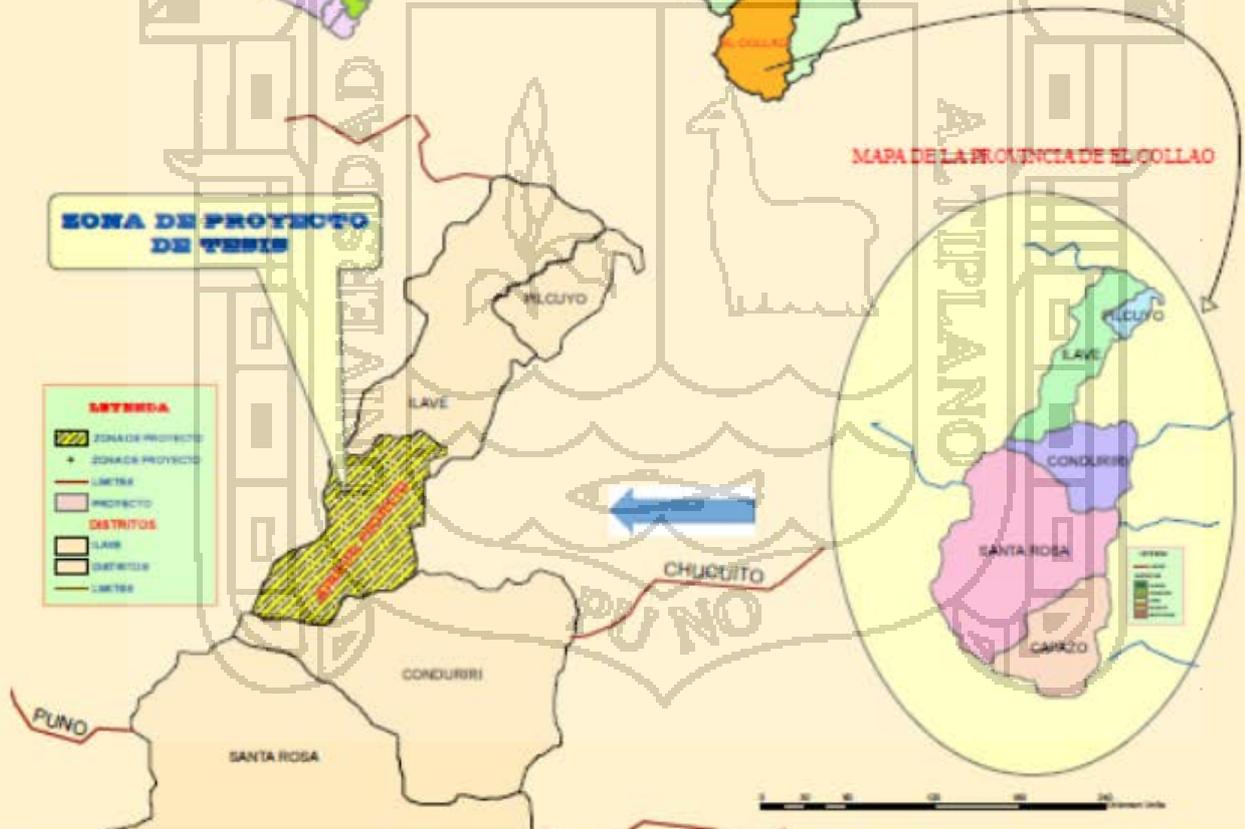
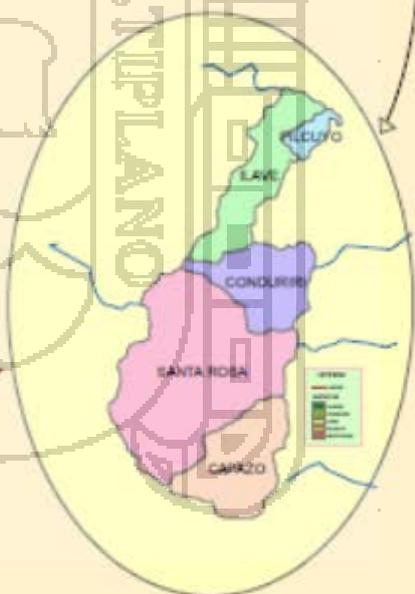
- Leyenda
- Leyenda
- Leyenda

### SONA DE PROYECTO DE TESIS

**LEYENDA**

- ZONAS DE PROYECTO
- ZONAS DE PROYECTO
- LIMITE
- PROYECTO
- DISTRITOS
- LAGO
- DISTRITO
- LIMITE

### MAPA DE LA PROVINCIA DE EL COLLAO





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

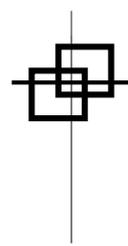
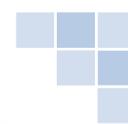
**INFORMACION**

Central Mandatari: 49  
 Tel: 800 000000, 20  
 200 800 000000, 80  
 Latitude of Origin: 40






**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA EN  
LA ZONA ALTA DEL DISTRITO DE ILAVE - EL  
COLLAO”.**



**ANEXO 02**

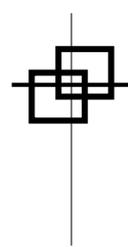
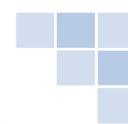
**DATOS MATEOROLOGICOS DE TEMPERATURA MEDIA (°C), DE 1985 - 2012, ILAVE - PUNO**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1985	10.10	9.50	10.00	9.40	8.00	6.40	5.10	6.90	8.00	8.60	8.50	9.10	8.30
1986	9.60	9.00	9.20	8.70	6.00	5.60	4.30	6.10	7.50	8.40	9.60	9.60	7.80
1987	9.40	9.20	9.00	9.20	7.50	6.00	5.80	7.00	8.40	9.30	10.40	10.90	8.51
1988	10.00	10.10	9.80	9.20	7.80	6.10	6.20	7.90	8.90	9.30	10.00	10.30	8.80
1989	9.50	9.00	9.00	9.50	7.60	6.90	5.70	6.70	8.20	9.60	10.10	10.30	8.51
1990	9.30	8.70	9.00	8.70	7.70	5.60	5.10	6.40	7.60	9.60	10.20	9.60	8.13
1991	8.40	10.10	9.80	9.10	8.00	5.20	5.60	6.60	7.50	9.00	9.00	9.00	8.11
1992	8.40	8.30	8.80	8.30	7.70	6.60	5.50	5.30	7.10	8.60	8.60	9.70	7.74
1993	8.70	8.40	8.00	8.50	7.20	5.20	5.60	5.90	7.70	8.70	9.60	9.80	7.78
1994	9.30	9.30	8.80	8.90	7.20	5.50	5.80	5.60	7.70	8.90	9.80	9.40	8.02
1995	9.90	10.00	9.60	9.00	7.50	5.90	6.40	7.70	8.50	9.60	8.40	7.90	8.37
1996	9.30	9.40	9.40	9.20	7.60	6.20	5.50	7.40	8.10	9.60	9.50	10.00	8.43
1997	9.50	9.30	9.00	8.10	7.00	5.50	6.70	6.70	8.70	9.50	10.30	11.20	8.46
1998	11.20	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.70	8.30	9.30	9.60	10.40	9.37
1999	9.40	8.90	8.50	8.00	6.50	5.20	5.70	6.40	7.20	7.80	8.70	9.70	7.67
2000	8.70	8.60	8.60	8.20	7.10	4.90	4.60	6.20	7.40	8.70	9.80	9.50	7.69
2001	8.60	9.20	8.80	8.30	6.90	6.20	5.30	6.20	7.90	9.20	10.40	9.50	8.04
2002	9.50	9.70	9.80	8.80	7.50	6.80	5.40	6.60	8.10	9.50	10.10	10.30	8.51
2003	10.00	10.00	9.70	8.80	6.00	5.90	5.80	6.20	6.90	8.90	9.80	10.60	8.22
2004	9.50	9.70	10.00	9.30	6.00	5.60	6.10	6.50	8.00	9.50	10.20	10.70	8.43
2005	10.00	9.50	10.10	9.50	7.60	5.60	6.40	6.20	7.90	9.30	9.70	9.60	8.45
2006	9.70	10.60	10.70	9.20	5.70	3.40	4.50	5.00	7.10	9.50	10.90	11.70	8.17
2007	11.60	11.00	10.40	9.90	8.10	6.90	4.60	6.40	8.10	9.40	8.80	9.70	8.74
2008	9.60	9.50	8.90	7.30	4.90	4.70	4.00	5.20	6.90	9.00	10.60	9.00	7.47
2009	9.70	9.80	9.00	8.20	5.70	3.30	4.70	4.70	7.30	9.20	10.40	10.40	7.70
2010	10.10	10.90	10.00	9.10	6.90	6.50	5.50	6.70	7.90	8.90	9.20	10.60	8.53
2011	10.90	10.10	9.90	9.10	7.10	6.90	5.60	5.80	9.60	11.50	11.00	10.10	8.97
2012	10.00	9.80	9.50	9.50	6.10	5.80	4.70	5.50	8.70	10.20	10.80	10.00	8.38
<b>TOTAL</b>	269.90	269.10	264.70	249.50	197.20	161.80	153.00	177.50	221.20	258.60	274.00	278.60	231.26
<b>MEDIA</b>	9.64	9.61	9.45	8.91	7.04	5.78	5.46	6.34	7.90	9.24	9.79	9.95	8.26
<b>MAX</b>	11.60	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.90	9.60	11.50	11.00	11.70	9.37
<b>MIN</b>	8.40	8.30	8.00	7.30	4.90	3.30	4.00	4.70	6.90	7.80	8.40	7.90	7.47
<b>STAND.</b>	0.75	0.77	0.74	0.65	0.87	0.95	0.72	0.80	0.64	0.65	0.74	0.76	0.44

FUENTE: ESTACION METEOROLOGICA DE ILAVE - PUNO.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA EN  
LA ZONA ALTA DEL DISTRITO DE ILAVE - EL  
COLLAO”.**



ANEXO 03  
DATOS DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA (1997 - 2012).

DIRECCION REGIONAL AGRARIA PUNO  
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN AGRARIA

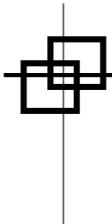
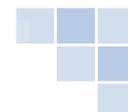
<b>DEPARTAMENTO</b> PUNO	<b>PROVINCIA</b> EL COLLAO	<b>DISTRITO</b> ILAVE
-----------------------------	-------------------------------	--------------------------

CULTIVO	VARIABLES	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
QUINUA	Sup. Verde (ha.)	2,590.00	3,060.00	2,920.00	3,450.00	3,700.00	4,190.00	4,190.00	4,035.00	4,040.00	4,048.00	4,000.00	3,614.00	3,618.00	3,622.00	3,666.50	3,711.00
	Siembras (ha.)	40.00			8.00	218.00		62.00	5.00		33.00	86.00	3.00				850.00
	Cosechas (ha.)	2,550.00	3,060.00	2,920.00	3,442.00	3,482.00	4,190.00	4,128.00	4,030.00	4,040.00	4,015.00	3,914.00	3,611.00	3,618.00	3,622.00	3,241.50	2,861.00
	Rendimiento (Kg./ha.)	810.98	914.28	899.32	910.81	730.61	1,151.55	962.69	892.06	1,202.48	1,103.36	1,020.44	990.58	1,153.40	1,184.98	1,103.85	1,022.72
	Producción (t.)	2,068.00	2,797.70	2,626.00	3,135.00	2,544.00	4,825.00	3,974.00	3,595.00	4,858.00	4,430.00	3,994.00	3,577.00	4,173.00	4,292.00	3,609.00	2,926.00
	Precio Chacra (S/Kg.)	0.89	0.99	1.02	1.04	1.06	1.04	1.04	1.04	1.06	1.12	1.15	1.44	2.92	3.21	3.60	4.00

FUENTE: AGENCIA AGRARIA ILAVE - PUNO.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA EN LA ZONA ALTA DEL DISTRITO DE ILAVE - EL COLLAO”.**



ANEXO 04

TABLA DE DISTRIBUCIÓN F DE FISHER CON PROBABILIDAD DE 0.05

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	50	60	70	80	100	120	
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	243.90	245.95	248.02	249.05	250.10	251.14	251.77	252.20	252.50	252.72	253.04	253.25	
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.412	19.429	19.446	19.453	19.463	19.471	19.476	19.48	19.48	19.48	19.48	19.49	19.49
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.745	8.703	8.660	8.638	8.617	8.594	8.581	8.572	8.566	8.561	8.554	8.549	8.549
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.910	5.858	5.805	5.774	5.746	5.717	5.699	5.688	5.679	5.673	5.664	5.658	5.658
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.678	4.619	4.558	4.527	4.498	4.464	4.444	4.431	4.422	4.415	4.405	4.398	4.398
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.000	3.938	3.874	3.841	3.808	3.774	3.754	3.74	3.73	3.722	3.712	3.705	3.705
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.575	3.511	3.445	3.410	3.376	3.340	3.319	3.304	3.294	3.286	3.275	3.267	3.267
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.284	3.218	3.150	3.115	3.079	3.043	3.020	3.005	2.994	2.986	2.975	2.967	2.967
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.073	3.006	2.936	2.900	2.864	2.828	2.803	2.787	2.776	2.768	2.756	2.748	2.748
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.913	2.845	2.774	2.737	2.700	2.661	2.637	2.621	2.609	2.601	2.588	2.580	2.580
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.788	2.719	2.646	2.609	2.570	2.531	2.507	2.490	2.478	2.469	2.457	2.448	2.448
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.912	2.849	2.796	2.753	2.687	2.617	2.544	2.505	2.466	2.426	2.401	2.384	2.372	2.363	2.350	2.341	2.341
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.604	2.533	2.459	2.420	2.380	2.339	2.314	2.297	2.284	2.275	2.261	2.252	2.252
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.534	2.463	2.388	2.349	2.308	2.266	2.241	2.223	2.210	2.201	2.187	2.178	2.178
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.475	2.403	2.328	2.288	2.247	2.204	2.178	2.160	2.147	2.137	2.123	2.114	2.114
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.425	2.352	2.276	2.235	2.194	2.151	2.124	2.106	2.093	2.083	2.068	2.059	2.059
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.381	2.308	2.230	2.189	2.148	2.104	2.077	2.058	2.045	2.035	2.020	2.011	2.011
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.342	2.269	2.191	2.150	2.107	2.063	2.035	2.017	2.003	1.993	1.978	1.968	1.968
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.308	2.234	2.155	2.114	2.071	2.026	1.999	1.980	1.966	1.955	1.940	1.930	1.930
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.278	2.203	2.124	2.082	2.039	1.994	1.966	1.946	1.932	1.922	1.907	1.896	1.896
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.250	2.176	2.096	2.054	2.010	1.965	1.936	1.916	1.902	1.891	1.876	1.866	1.866
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.226	2.151	2.071	2.028	1.984	1.938	1.909	1.889	1.875	1.864	1.849	1.838	1.838
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.204	2.128	2.048	2.005	1.961	1.914	1.885	1.865	1.850	1.839	1.823	1.813	1.813
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.183	2.108	2.027	1.984	1.939	1.892	1.863	1.842	1.828	1.816	1.800	1.790	1.790
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.165	2.089	2.007	1.964	1.919	1.872	1.842	1.822	1.807	1.796	1.779	1.768	1.768
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.266	2.220	2.148	2.072	1.990	1.946	1.901	1.853	1.823	1.803	1.788	1.776	1.761	1.749	1.749
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.132	2.056	1.974	1.930	1.884	1.836	1.806	1.785	1.770	1.758	1.742	1.731	1.731
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.118	2.041	1.959	1.915	1.869	1.820	1.790	1.769	1.754	1.742	1.725	1.714	1.714
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.104	2.027	1.945	1.901	1.854	1.806	1.775	1.754	1.738	1.726	1.711	1.698	1.698
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.092	2.015	1.932	1.887	1.841	1.792	1.761	1.740	1.724	1.712	1.695	1.683	1.683
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161	2.114	2.041	1.963	1.878	1.833	1.786	1.735	1.703	1.681	1.665	1.652	1.635	1.623	1.623
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.003	1.924	1.839	1.793	1.744	1.693	1.660	1.637	1.621	1.608	1.589	1.577	1.577
45	4.057	3.204	2.812	2.579	2.422	2.308	2.221	2.152	2.096	2.049	1.974	1.895	1.808	1.762	1.713	1.660	1.626	1.603	1.586	1.573	1.554	1.541	1.541
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.952	1.871	1.784	1.737	1.687	1.634	1.599	1.576	1.558	1.544	1.525	1.511	1.511
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.917	1.836	1.748	1.700	1.649	1.594	1.559	1.534	1.516	1.502	1.481	1.467	1.467
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.893	1.812	1.722	1.674	1.622	1.566	1.530	1.505	1.486	1.471	1.45	1.435	1.435
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.875	1.793	1.703	1.654	1.602	1.545	1.508	1.482	1.463	1.448	1.426	1.411	1.411
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.861	1.779	1.688	1.639	1.586	1.528	1.491	1.465	1.445	1.429	1.407	1.391	1.391
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.850	1.768	1.676	1.627	1.573	1.515	1.477	1.450	1.430	1.415	1.392	1.376	1.376