

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y AGRICOLA



EVALUACION DE RENDIMIENTO DE QUINUA ORGANICA (*Chenopodium quinoa* L.)c.v.
REAL, BAJO SISTEMAS DE RIEGO POR GRAVEDAD Y GOTEO EN LAS CONDICIONES
EDAFOCLIMATICAS DE HUAMBO, PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGION AREQUIPA. 2015

Tesis presentada por la Bachiller
MILDER CARLA HUERTAS ZAPANA
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO

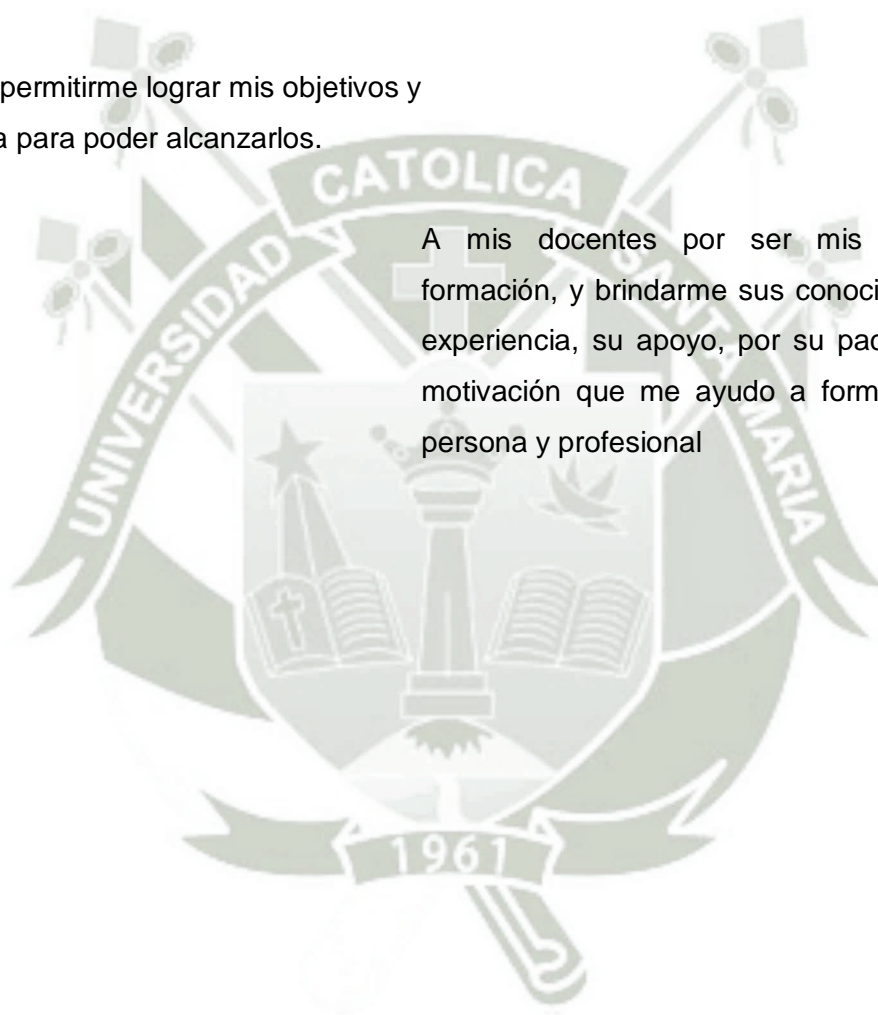
AREQUIPA – PERÚ

2016

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme lograr mis objetivos y darme vida para poder alcanzarlos.

A mis docentes por ser mis pilares de formación, y brindarme sus conocimientos, su experiencia, su apoyo, por su paciencia y su motivación que me ayudo a formarme como persona y profesional



DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios, a mi madre Milder y mi hermana Karim, quienes supieron brindarme su apoyo y ayuda incondicionalmente en todo momento , por los consejos brindados, su apoyo moral en cada etapa y tolerarme en mis días malos



INDICE

TITULO

DICTAMEN PLAN DE TESIS

PRE DICTAMEN DE BORRADOS DE TESIS

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

INDICE

IV

LISTA DE CUADROS

VII

LISTA DE ANEXOS

IX

LISTA DE FOTOGRAFIAS

XII

LISTA DE GRAFICOS

XIII

RESUMEN

XIV

ABSTRACT

XV

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO TEORICO

1

1.1 GENERALIDADES.....

1

1.2. JUSTIFICACION.....

5

1.3. HIPOTESIS.....

6

1.4. OBJETIVOS.....

6

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

7

2.1. METODOS DE RIEGO.....

7

2.1.1. RIEGO POR SUPERFICIE O GRAVEDAD.....

7

2.1.2. RIEGO A PRESION.....

13

2.2.3. NECESIDADES DE LOS CUTIVOS.....

17

2.2. CULTIVO DE QUINUA.....

27

2.2.1. CENTRO DE ORIGEN Y DIVERSIDAD

28

2.2.2. PRODUCCION Y SUPERFICIE.....

28

2.2.3. CLASIFICACION TAXONOMICA.....

29

IV

2.2.4. DISTRIBUCION DE LA QUINUA.....	29
2.2.5. VARIABILIDAD GENETICA DE LA QUINUA	34
2.2.6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO QUINUA	34
2.2.7. MANEJO DEL CULTIVO QUINUA	37
2.2.8. ANALISIS ECONOMICO.....	42
2.3. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS	44
 CAPITULO III	
3. MATERIALES Y METODOS.....	48
3.1. UBICACIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL.....	48
3.2. FECHA DE INICIO Y TÉRMINO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.3. HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	49
3.4. CLIMATOLOGIA.....	49
3.5. RECURSO AGUA.....	50
3.6. RECURSO SUELO.....	51
3.7. MATERIALES Y METODOS.....	52
3.7.1. MATERIALES	52
3.7.2. METODOLOGÍA SEGUIDA.....	53
3.8. COMPONENTES EN ESTUDIO.....	57
3.8.1. QUINUA VARIEDAD REAL K'ELLA.....	57
3.8.2. SISTEMAS DE RIEGO.....	58
3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	58
3.10. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	59
3.11. CROQUIS EXPERIMENTAL.....	59
3.12. EVALUACIONES REALIZADAS.....	59
3.13. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	68
 CAPITULO IV	
4.0.RESULTADOS.....	69
4.1 PROFUNDIDAD DE RAIZ.....	69
4.2. DESARROLLO RADICULAR.....	70
4.3.ALTURA DE PLANTAS A 45 DIAS.....	71
4.4.ALTURADE PLANTAS A LA COSECHA.....	73

4.5. ANCHO DE PANOJA.....	74
4.6. DIAMETRO DE PANOJA.....	75
4.7. RENDIMIENTO EN GRANO DE QUINUA.....	76
4.8. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO.....	76
4.8.1. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD.....	76
4.8.2. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GOTEO.....	78
4.9. EFICIENCIA DE USO DE AGUA.....	79
4.10. COSTOS DE PRODUCCION.....	82
CAPITULO V	
DISCUSION.....	84
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES.....	92
CAPITULO VII	
RECOMENDACIONES.....	94
CAPITULO VIII	
BIBLIOGRAFIA.....	95

LISTA DE CUADROS

CUADRO 01.	Registros Meteorológicos de Estaciones MAP Huambo y CO Cabanaconde (Caylloma) en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	49
CUADRO 02.	Análisis de Agua de Riego Huambo (Caylloma) en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	50
CUADRO 03.	Análisis de Suelo Huambo (Caylloma) en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	52
CUADRO 04.	Plagas y enfermedades Huambo (Caylloma) en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	54
CUADRO 05.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	69
CUADRO 06.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	71
CUADRO 07.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de plantas a 45 dds en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región	

	Arequipa.....	72
CUADRO 08.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	73
CUADRO 09.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	74
CUADRO 10.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	75
CUADRO 11.	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Rendimiento en grano (Kg/ha) en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	76
CUADRO 12.	Volúmenes de agua en Riego por Gravedad en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	77
CUADRO 13.	Volúmenes de agua en Riego por Goteo en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	78
CUADRO 14.	Eficiencia de Uso de agua en Riego por Gravedad y Goteo en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	79

CUADRO 15	Análisis Económico del Cultivo de quinua bajo Riego por Gravedad en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	80
-----------	--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01.	Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	100
ANEXO 02.	Análisis de Varianza (ANVA) para Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	100
ANEXO 03.	Ancho del desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	100
ANEXO 04.	Análisis de Varianza (ANVA) para Ancho del desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	101
ANEXO 05.	Altura de plantas a 45 dds. en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	101

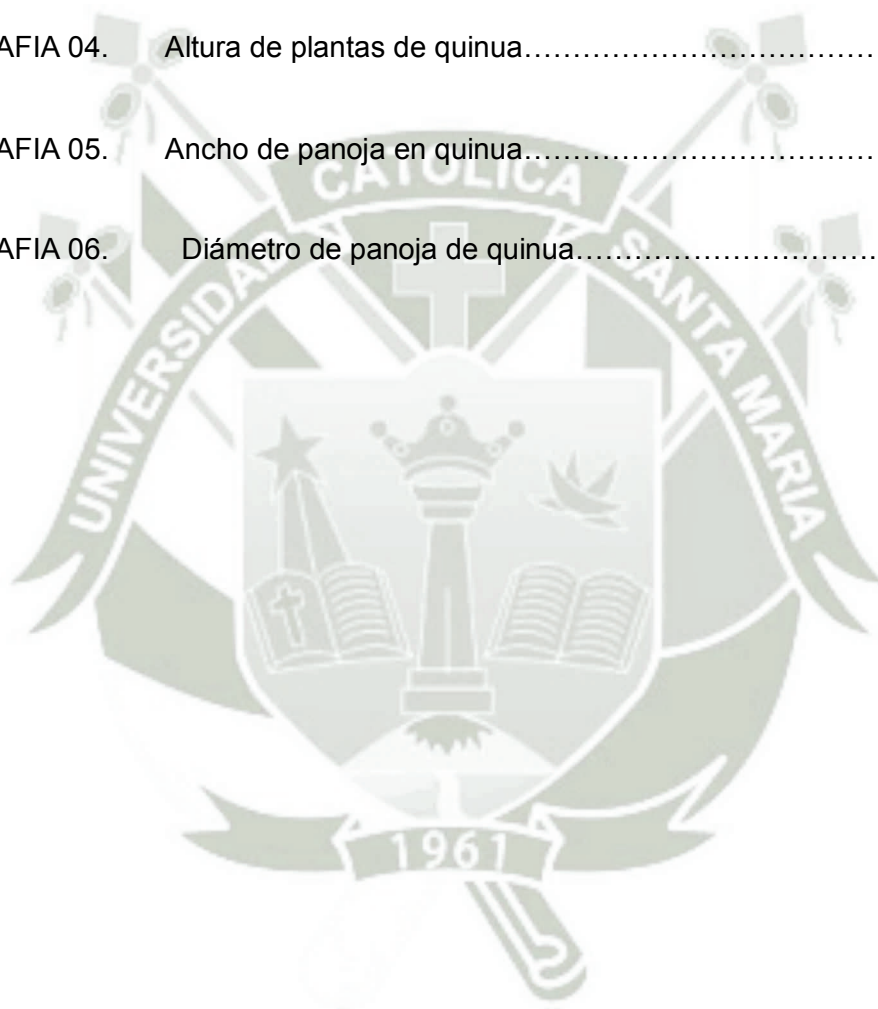
ANEXO 06.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de plantas a 45 dds. en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	101
ANEXO 07.	Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	102
ANEXO 08.	Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	102
ANEXO 09.	Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	102
ANEXO 10.	Análisis de Varianza (ANVA) para Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	103
ANEXO 11.	Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	103
ANEXO 12.	Análisis de Varianza (ANVA) para Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.....	103

- ANEXO 13. Rendimiento en grano (t/ha) de quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa..... 104
- ANEXO 14. Análisis de Varianza (ANVA) para Rendimiento en grano (t/ha) en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa..... 104



LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 01.	Ubicación del área experimental.....	48
FOTOGRAFIA 02.	Riego por surcos en quinua.....	56
FOTOGRAFIA 03.	Riego de quinua por goteo.....	56
FOTOGRAFIA 04.	Altura de plantas de quinua.....	60
FOTOGRAFIA 05.	Ancho de panoja en quinua.....	61
FOTOGRAFIA 06.	Diámetro de panoja de quinua.....	62



LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO 01.	Variación de Temperaturas Máxima y Mínima en Chivay. Caylloma.....	50
GRAFICO 02.	Profundidad de raíces (cm.) en plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>).....	69
GRAFICO 03	Ancho del desarrollo radicular en plantas de quinua.....	71
GRAFICO 04	Altura de plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) a 45 dds.....	72
GRAFICO 05	Altura de plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) en cosecha.....	73
GRAFICO 06	Ancho de panoja en plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) en cosecha.....	74
GRAFICO 07	Diámetro de panoja en plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>)	75

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* L.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo, se efectuó este estudio en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa. La investigación se inició en Abril y finalizó en Octubre del 2015, probándose la Variedad Real bajo los sistemas de Riego por Gravedad y Goteo. Para tal efecto el campo fue surcado con una separación de 0.75 m. entre si en gravedad y en “camas” con cintas de riego por goteo cada 0.75 cm. en goteo. El diseño experimental empleado fue Bloques Completos al Azar con dos tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por parcelas. Los parámetros evaluados fueron profundidad de raíces, ancho radicular, altura de plantas, ancho de panoja, diámetro de panoja, volúmenes de agua empleados en Gravedad y Goteo, eficiencia de uso de agua, rendimiento en grano y análisis económico. En cuanto a características morfológicas, se concluye que en raíces, significativamente sobresalió el Tratamiento T2 (gravedad), con una longitud de raíces de 27.39 cm. mientras que en el Tratamiento T1 (goteo) fue de 25.90 cm. El ancho del desarrollo radicular significativamente es mayor en el tratamiento T1 (goteo) con 27.29 cm. mientras que en el Tratamiento T2 (gravedad) fue de 16.16 cm. En altura de plantas, a los 45 días dds. y en el momento de la cosecha, la mayor altura se registró en el Tratamiento T1 (goteo) con 13.39 cm. y 111.01 cm., respectivamente, mientras que en el Tratamiento T2 (gravedad) fue de 11.56 cm. y 82.41 cm. En ancho de panoja, significativamente sobresalió el Tratamiento T1 (Goteo) con 16.30 cm., mientras que en el Tratamiento T2 (gravedad), fue de 8.02 cm. En diámetro de panoja, estadísticamente destacó el Tratamiento T1 (Goteo) con 34.67 cm., mientras que en el Tratamiento T2 (gravedad), se obtuvo 21.57 cm. En volúmenes de agua, con el sistema de Riego por goteo se calculó 7327.147 m³/Ha/campaña, mientras que en Riego por Gravedad fue de 19218.682 m³/ha/campaña. La Eficiencia del Uso de Agua (E.U.A.) en Goteo es 0.14Kg. de quinua por cada m³ de agua utilizado, frente a 0.02 Kg de quinua por cada m³ de agua en Gravedad. Significativamente los mejores resultados en grano de quinua se obtienen con el Tratamiento T1 (Goteo), con 1 056 Kg/ha. , mientras que en el Tratamiento T2 (Gravedad), se obtuvo 420 Kg/ha. En gravedad, la Rentabilidad es de -0.46 y una Relación Beneficio/Costo de 0.51, mientras que en Goteo, la Rentabilidad es de 0.14 y una Relación Beneficio/Costo de 1.14

PALABRAS CLAVES: Quinua orgánica, rendimiento, riego gravedad, riego goteo, eficiencia.

Abstract

In order to evaluate the yield of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) cv. Real Under gravity and drip irrigation systems, This study was carried out in the soil and climate conditions of Huambo, Province of Caylloma, Arequipa Region. The research began in April and ended in October 2015, testing the Real Variety under the Systems of Irrigation by Gravity and Drip. For this purpose the field was furrowed with a separation of 0.75 meters. Between gravity and "beds" with drip irrigation tapes every 0.75 centimeters. Dripping. The experimental design used was Random Complete Blocks with two treatments and three replicates. The experimental unit consisted of plots. The parameters evaluated were root depth, root width, plant height, panoja width, panoja diameter, water volumes used in Gravity and Drip, water use efficiency, grain yield and economic analysis. In terms of morphological characteristics, it was concluded that, in roots, T2 treatment (gravity), with a root length of 27.39 centimeters, stood out significantly. While in Treatment T1 (drip) was 25.90 centimeters. The width of root development is significantly greater in treatment T1 (drip) with 27.29 centimeters. While in Treatment T2 (gravity) was 16.16 centimeters. In height of plants, at 45 days dds. And at the time of harvest, the highest height was recorded in Treatment T1 (drip) with 13.39 cm. And 111.01 centimeters. Respectively, while in Treatment T2 (gravity) was 11.56 centimeters. And 82.41 centimeters. In panicle width, T1 Treatment (Dripping) with 16.3 centimeters. While in Treatment T2 (gravity), it was 8.02 cm. In panoja diameter, statistically the treatment T1 (Drip) with 34.67 centimeters was highlighted, whereas in Treatment T2 (gravity), it was obtained 21.57 centimeters. In water volumes, with the irrigation system drip irrigation was calculated 7327.147 meters³ / Hectarea / campaign, while in Gravity Irrigation was 19218.682 meter³ / hectarea / campaign. The Efficiency of Water Use in Drip is 0.14Kg. Of quinoa per m³ of water, used Compared to 0.02 kg of quinoa per water meter in Gravity. Significantly the best results in quinoa grain are obtained with Treatment T1 (Drip), with 1 056 Kilograms / hectarea. , While in Treatment T2 (Gravity), 420 kg / ha was obtained. In seriousness, Profitability is -0.46 and a Profit / Cost Ratio of 0.51, while in Dripping, Profitability is 0.14 and a Profit / Cost Ratio of 1.14.

KEYWORDS: Organic quinoa, yield, gravity irrigation, drip irrigation, efficiency.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1. GENERALIDADES

El agua es un elemento esencial para la vida vegetal y, por lo tanto, para la vida en la tierra. En la tierra, tres cuartas partes de la superficie están ocupadas por agua. Este abundante elemento, sin embargo, se distribuye de manera muy heterogénea, de manera que en la cuarta parte de la superficie terrestre ocupada por las masas continentales, resulta frecuentemente un elemento escaso y, por lo tanto, limitante para la vida de los vegetales, (Medrano y Flexas, 2000).

Entre las funciones fisiológicas del agua cabe recordar:

El agua como medio físico-químico: El agua constituye entre el 50% y el 90% de la masa de la mayoría de tejidos vegetales, y entre un 5% y un 15% en las semillas.

El agua como factor del crecimiento: El crecimiento celular depende del turgor celular, el cual a su vez depende del potencial de presión del agua en la célula. La hidratación de los tejidos es, por tanto, un requisito imprescindible para el crecimiento.

El agua como medio de transporte: Los enlaces por puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua hacen que ésta exista como un continuo cohesionado en las plantas, lo que permite su ascensión desde las raíces hasta las superficies de evaporación de la parte aérea.

El agua como factor de la fotosíntesis: El agua participa de manera directa en el proceso de la fotosíntesis.

El agua como refrigerante: La evaporación de agua tiene un importante efecto refrigerante, el cual resulta fundamental para el mantenimiento de una temperatura fisiológica en plantas sometidas a elevada radiación solar (Medrano y Flexas, 2000).

Es cierto que la agricultura es siempre el mayor usuario de todos los recursos hídricos tomados en su conjunto, por ejemplo la lluvia (llamada agua verde) y el agua en los ríos, lagos y acuíferos (llamada agua azul). La agricultura absorbe alrededor del 70% del consumo mundial, el uso doméstico un 10% y los usos industriales un 21%. Es necesario hacer una importante distinción entre el agua que se retira para ser utilizada y el agua realmente consumida. En agricultura bajo riego cerca de la mitad del agua retirada - una cifra con considerables variaciones - es consumida por los procesos de evaporación y transpiración de las plantas y de las superficies húmedas. El agua que es extraída pero que no es consumida se infiltra en el suelo y es almacenada como agua subterránea o drena hacia los ríos. (Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú, 2001).

Por otro lado, el objetivo del riego es el de dejar de lado a la humedad como un factor limitante en el desarrollo de los cultivos. Debido a la escasez de agua, hay una necesidad creciente de aplicar eficientemente el agua de riego y esto obliga a emplear sistemas de riego altamente tecnificados y poder decidir cuándo y cuánto aplicar el agua a las plantas. El factor agua es ambiental que influye en el desarrollo de la planta afectando los procesos fisiológicos. Cuando hay una disminución del contenido hídrico, hay pérdida de turgencia y agostamiento, cese de ensanchamiento de las células, cierre de estomas, reducción de la fotosíntesis e interferencia con muchos procesos metabólicos básicos, (Ramos, 1995).

El agua disponible o aprovechable para las plantas, se encuentra entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente. Un exceso o deficiencia del agua en el suelo, limita el funcionamiento y crecimiento de las raíces. Si el contenido hídrico desciende de la Capacidad de Campo, el agua se fija firmemente debido a las fuerzas mátricas y su potencial decrece rápidamente y se volverá paulatinamente menos disponible para las plantas. La aireación deficiente que es causada por un exceso de agua de riego, no solo interfiere en el crecimiento de las plantas y funcionamiento de las raíces, sino que también afecta la actividad microbiana. Cuando hay una desecación en el suelo, también afecta la actividad microbiana, además de fijar el fósforo y potasio, a tal punto, que no pueden ser aprovechados, (Ramos, 1995).

Desde el punto de vista de la extracción por las plantas del agua del terreno, más que el contenido de humedad interesa conocer la energía con que el agua es retenida. De nada sirve que un suelo contenga agua abundante si las raíces no tienen la fuerza de succión necesaria para extraerla. El agua del suelo está sometida a la succión de una serie de factores que tienden a retenerla o a expulsarla. El concepto de potencial hídrico del suelo o potencial del agua del suelo, se puede considerar como la cantidad de trabajo que es preciso aplicar para transportar reversible e isotérmicamente la unidad de cantidad de agua desde una situación estándar de referencia hasta el punto del suelo considerado. El potencial hídrico del suelo ψ , tiene cuatro componentes: (Pizarro, 1966)

ψ_m = potencial mátrico

ψ_o = potencial osmótico

ψ_g = potencial gravitacional

ψ_p = potencial de presión

$\psi = \psi_m + \psi_o + \psi_g + \psi_p$ (Pizarro, 1966).

El potencial gravitacional (ψ_g) es el debido a la altura geométrica del punto considerado respecto al plano de referencia.

El potencial de presión (ψ_p) sólo se presenta en el caso de suelos saturados, y corresponde a la presión ejercida sobre el punto considerado por el agua que satura el suelo.

El potencial mátrico (ψ_m) es el generado por los mecanismos de retención de agua por el suelo (adhesión y cohesión).

El potencial osmótico (ψ_o). El agua del suelo es una solución salina y por lo tanto puede dar lugar al fenómeno de ósmosis: cuando dos soluciones de distinta concentración están separadas por una membrana semipermeable, se produce un movimiento del agua desde la solución más diluida a la más concentrada. La presión que origina este movimiento es la presión osmótica, que equivale en magnitud al potencial osmótico, (Pizarro, 1966).

El agua de riego debe aplicarse mientras el potencial hídrico del suelo, es todavía lo suficientemente alto, para que el suelo pueda proporcionar agua con la rapidez suficiente para satisfacer las demandas atmosféricas locales, sin imponer a las plantas una tensión que disminuya el rendimiento o la calidad de la producción. La disponibilidad decreciente del agua en el suelo, afecta el crecimiento antes de que se produzca el agostamiento, (Ramos, 1995).

La tensión hídrica influye en forma distinta diversos procesos vegetales, es así que afecta el rendimiento total de materia seca, es disminuida por una tensión hídrica aunque sea moderada, mientras que la producción de semillas puede verse poco afectado, (Ramos, 1995).

Para que un riego sea efectivo, debe tender a proporcionar el agua a ciertos intervalos o frecuencias, como para producir el crecimiento deseado del cultivo, suministrar agua que reemplace las pérdidas de agua por evaporación y transpiración, evitando las pérdidas del agua por conducción y aplicación, finalmente, el riego y las prácticas de cultivo estén adaptados a las condiciones locales. (Ramos, 1995).

Ante la escasez permanente del recurso hídrico, con proyecciones más críticas en los años venideros, se debe pensar en cultivar plantas para resolver la hambruna que se va a sufrir, y que éstos sean atractivos económicamente, de manera de producir más Kg del producto por cada m³ de agua utilizado, empleando sistemas de riegos tecnificados. Uno de ellos es la quinua, (*Chenopodium quinoa* L.), que se adapta desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm.

La Quínoa o kinowa (*Chenopodium quínoa* L.), pertenece a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas. Se produce en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú, siendo Bolivia el primer productor mundial seguido del Perú. Se le denomina pseudo cereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en que están los cereales "tradicionales" (cebada, maíz, trigo, etc.), pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal, (Mujica, 1983).

El Perú tiene 3 mil variedades de quinua pero apenas aprovecha el 1% de esa riqueza, cultivada en miles de hectáreas, principalmente en las comunidades andinas, superficies

que deberían ser duplicadas tanto para consumo interno como para la exportación ante la proximidad de la apertura de grandes mercados de consumo. (Mujica, 1997)

Se puede señalar en términos generales que a mayor densidad poblacional de los diferentes cultivares de quinua se reduce la altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja, tasa y duración de llenado de grano, tamaño y peso promedio de grano, rendimiento de grano por planta, sin embargo el rendimiento de grano y el rendimiento de materia seca total por unidad de superficie, el número de granos por m². y el índice de cosecha se incrementa, (Calderón, 2003).

(Gómez, 2013), señala que en el Perú hay 4 500 variedades de quinua y que son sembradas 25 variedades y de éstas 12 variedades son las más usadas y las que más se siembran son Salcedo INIA, Carcoya, Amarilla Maranganí, Rosada de Huancayo, Blanca de Hualhuas, Blanca de Junin y Pasancaya, por ser las más comerciales.

1.2. JUSTIFICACION

En la actual coyuntura política, económica, social y ambiental, los temas de relevancia que se discuten a nivel de gobiernos, instituciones y organizaciones, son la seguridad alimentaria, el cambio climático, la pobreza, la asociatividad, la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

En este contexto, el cultivo de la quinua en los últimos años ha alcanzado una demanda competitiva mundial; sin embargo, la oferta es considerablemente menor, porque se cultiva en pequeñas áreas, la producción es estacionaria, los rendimientos aún son considerados bajos, por el riesgo climático y biológico. Siendo considerado el cultivo de la quinua, como uno de los alimentos del futuro a nivel mundial por su gran capacidad de adaptación agronómica, alto contenido de aminoácidos esenciales, su contribución a la seguridad alimentaria y economía de la población andina. En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana, (Mujica, 1983).

En los últimos 10 años el cultivo de quinua viene adquiriendo importancia económica, técnico-científico y social; principalmente como fuente de generación de empleo e

ingresos económicos para las familias rurales, para las pequeñas y medianas organizaciones y grandes empresas dedicadas a la producción, agroindustria y comercialización del producto; por la demanda de innovaciones y de transferencia tecnológica y sobre todo como una alternativa para la seguridad alimentaria de la humanidad. Por lo cual se necesita la obtención de rendimientos más altos con innovación en tecnología, frente a lo tradicional, (Mujica, 1983).

Este trabajo de Investigación se realizó en el Distrito de Huambo (Caylloma), debido a que en esta zona se está implementando sistemas de riego tecnificado que son promovidos por el Programa Subsectorial de Irrigaciones (Riego por Aspersión y Riego por goteo), con cultivos rentables como es el caso de la quinua, lo que justifica la ejecución del presente trabajo.

1.3. HIPOTESIS

Dado que al encontrar en el cultivo de la quinua un potencial para convertir una agricultura de subsistencia en una agricultura intensiva es probable que con la aplicación de transferencia tecnológica mediante riego por goteo, se obtenga mejores rendimientos en un menor tiempo que bajo condiciones tradicionales de riego por gravedad, logrando un uso más eficiente y eficaz de agua.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluación de rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* L.), bajo los sistemas de riego por gravedad y goteo.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características morfológicas de la quinua, profundidad y ancho del sistema radicular, altura de plantas, ancho y diámetro de la panoja.
- Evaluar el rendimiento en grano del cultivo de quinua en los dos sistemas de riego empleados.
- Calcular los volúmenes de agua de riego y la Eficiencia de Uso de agua en los Sistemas de Riego por gravedad y goteo.
- Determinar el Análisis económico del cultivo de quinua

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. METODOS DE RIEGO

El método de riego es la técnica a través de la cual se aplica el agua al suelo. El uso de un método de riego u otro depende de numerosos factores, destacando los siguientes:

- Topografía del terreno
- Características del suelo
- Tipo de cultivo
- Disponibilidad de agua y el costo
- Calidad del agua de riego
- Disponibilidad de mano de obra
- Costo de las instalaciones
- Efecto en el medio ambiente. (Santayana, et al.,2000)

Técnicas de riego:

- **Por gravedad:** surcos, melgas, pozas.
- **A presión:** Aspersión, cañón, pivote central, micro aspersión, goteo, exudación.

2.1.1. RIEGO POR SUPERFICIE O GRAVEDAD

Es el más antiguo utilizado por el hombre. El agua se aplica directamente sobre la superficie del suelo, por gravedad. El propio suelo actúa como sistema de

distribución dentro de la parcela, desde la cabecera de la parcela hasta llegar a todos los puntos de ella. Finalmente el agua alcanza la cola de la parcela. El agua puede llegar hasta la parcela por medio de cualquier sistema de distribución, por una red de canales o por tuberías. El agua en la cabecera no necesita presión ya que se vierte sobre el suelo y discurre libremente. Los sistemas de riego por gravedad se caracterizan por el manejo del agua en base a las diferencias de carga hidráulica y su conveniente conducción, sobre el nivel del terreno, a través de surcos (para cultivos en hilera) en melgas (para cultivos densos) o por pozas (para el cultivo de arroz). Es el método de riego menos costoso en instalación y mantenimiento y una vez que el agua llega a la parcela no existe costo en la aplicación del agua. Por otro lado, es el sistema de riego que utiliza el agua de forma menos eficiente. Por lo general requieren niveles de disponibilidad de agua muy superiores al riego presurizado, (Santayana, et al., 2000)

2.1.1.1. PARTES Y FUNCIONES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD

a) Bocatoma o toma de captación

Capta el agua necesaria para todo el proyecto irrigacional. Sirve para llevar el agua hacia un canal; si es para una margen o a dos canales si es para ambas márgenes. (FONCODES, 1990)

b) Desarenador

Es la parte del sistema de riego en cuyo fondo caen arena, piedrecillas y barro, que se expulsan al abrir una compuerta. (FONCODES, 1990)

c) Medidores de caudal

Sirven para medir el caudal. Se ubican cerca de la bocatoma, a la salida del reservorio, en la toma lateral, en los partidores o en los inicios de todo canal. (FONCODES, 1990)

d) Canal principal

Lleva el agua desde la bocatoma hacia los canales laterales. (FONCODES, 1990).

e) Tomas laterales

Se ubican en la parte más alta de cada sector del canal principal. (FONCODES, 1990).

f) Sistemas de control para medir el agua

Compuertas

Son planchas de metal o de madera que se utilizan como tapas, para controlar la salida o entrada del agua a un canal en cumplimiento del reparto o distribución del agua. (FONCODES, 1990)

Tomas en canal principal

- Tomas para riego por parcela
- Tomas para inicio de un canal secundario (lateral), que lleva agua dentro del sector o sub sector. (FONCODES, 1990).

Partidores o repartidores

Son lugares desde donde se distribuye el agua para diferentes sectores. En los partidores, existen tomas y compuertas, éstas se abren y cierran, ya que sirven para controlar la distribución del agua. (FONCODES, 1990).

g) Estructuras de control de riego

Son compuertas que sirven para conducir el agua a otro canal, donde se le va a utilizar, (FONCODES, 1990).

h) Canal recubierto o tapado

Se recubre el canal con una losa de concreto en ciertos lugares para protegerlo de deslizamientos, derrumbes, huaycos o robos de agua, etc. (FONCODES, 1990).

i) Acueducto

Es la parte de un canal construido sobre una quebrada, un río o una depresión del terreno, (FONCODES, 1990).

j) Caída

Sirven para disminuir la velocidad de la corriente y para adecuar el curso de agua al nivel del terreno. FONCODES, (1990)

k) Rápidas

Se llama también caída inclinada. Son estructuras que están ubicadas en zonas donde hay un fuerte desnivel o una bajada del terreno por donde pasa el canal. (FONCODES, 1990).

j) Canoa

Estructura que se construye sobre un canal cubriendo y protegiéndolo de derrumbes, huaycos, deslizamientos. Permite que el lodo, el agua, las piedras que se arrastran por una quebrada, pasen por encima del canal sin dañarlo. (FONCODES, 1990).

k) Puentes

Se construyen en los lugares donde los caminos cruzan los canales. Permiten el paso de la gente y de los animales. (FONCODES, 1990).

l) Reservorio

Se construye para almacenar y regular el uso del agua en un área

irrigada. Se almacena durante la noche y se usa en el día.
(FONCODES, 1990).

2.1.1.2. MÉTODO DE RIEGO POR SURCOS

En este método se hace correr el agua por pequeños canales (surcos), desde la acequia madre hacia los cultivos, distribuidos en hileras, siguiendo determinada pendiente. El agua se infiltra en el fondo y a los lados de los surcos, llegando hasta la zona de raíces de los cultivos, reponiéndose así el agua del suelo consumida por los cultivos. El agua aplicada no moja la totalidad de la superficie, disminuyendo la evaporación directa desde el suelo. La calidad del riego depende de la adecuación del terreno, siendo muy importante realizar una buena nivelación de la parcela a regar y un correcto diseño de los surcos. Se adapta mejor a cultivos en hilera. También es adecuado para el riego de cultivos que sufren daños cuando el agua cubre el tallo. Se adecua mejor en suelos de textura fina y permeabilidad baja, el caudal y la pendiente deben ser muy pequeños para evitar una escorrentía excesiva. En suelos arenosos el movimiento del agua será principalmente hacia abajo con muy poca penetración lateral. (Santayana, et al., 2000)

Ventajas y desventajas

Ventajas

- No necesita grandes inversiones en equipos
- Moderada eficiencia de aplicación de agua
- Al permanecer seca el área entre los surcos, el riego no interrumpe las demás labores.
- Gran flexibilidad en cuanto a caudales de riego.

- Con surcos en contorno se reduce peligro de erosión del suelo.
- Se pueden usar tuberías y sifones para regular los caudales aplicados.
- Lavado de sales es fácil y barato de ser necesario.
- Adecuado para cultivos que requieren aporque.
- Pueden emplearse equipos de control de bajo costo. (Santayana, et al., 2000)

Desventajas

- Pérdidas excesivas de agua, especialmente en suelos arenosos.
- Pérdidas de agua por escurrimiento superficial.
- Difícil aplicar dosis pequeñas de agua
- Las sales pueden concentrarse en la parte superior de los bordos.
- Peligro de erosión en terrenos de fuerte pendiente
- Mayor cantidad de mano de obra que otros métodos de riego por gravedad. (Santayana, et al., 2000)

Variantes

- Corrugaciones
- Surcos en zigzag
- Surcos en tazas redondas o cuadradas
- Surcos en contorno. (Santayana, et al., 2000)

2.1.1.3. MÉTODO DE RIEGO POR MELGAS

El método consiste en dividir la parcela en franjas, delimitadas por diques a ambos lados, con pendiente longitudinal y un canal de cabecera que provee de agua de riego. El agua se aplica en el extremo superior de la faja, desde las acequias de cabecera y fluye en la faja como una lámina pendiente abajo. El agua que queda almacenada temporalmente en la superficie del terreno se infiltra, completándose el riego. (Santayana, et al., 2000)

Variantes

- Melgas en contornos
- Riego por pozas. (Santayana, et al., 2000)

2.1.1.4. TECNIFICACIÓN DEL RIEGO POR SUPERFICIE

En los sistemas de riego por superficie, puede aumentarse la eficiencia, tecnificando el sistema de distribución, conducción y aducción del agua. Es posible utilizar:

- Acequias niveladas con sifones
- Acequias niveladas con tubos rectos.
- Mangas de polietileno
- Tuberías multicompuertas
- Californiano fijo
- Californiano móvil
- Riego por pulsos. (Santayana, et al., 2000).

2.1.2. RIEGO A PRESIÓN

2.1.2.1. RIEGO POR ASPERSIÓN

En este método el agua es aplicada al cultivo en forma de lluvia, lo que no produce problemas de erosión, pudiendo regarse terrenos dispares o con altas pendientes. El agua es conducida por tuberías de PVC, PE o aluminio y es impulsada a presión, por lo que se necesita un equipo de bombeo o carga hidráulica natural (diferencia grande de nivel, aproximadamente 35 m. entre el canal y el campo a regarse. (PSI, 2008).

2.1.2.2. RIEGO POR GOTEO

En este método el agua circula por pequeñas tuberías de polietileno y es entregada en forma de gotas a las plantas por emisores llamados goteros. También necesita de un equipo de bombeo o de un desnivel adecuado, pero requiere menor presión que el riego por aspersión. Tiene la desventaja del alto costo inicial, pero la economía en agua es mayor. (PSI, 2008).

COMPONENTES DEL SISTEMA

Una instalación de riego por goteo tiene los siguientes componentes:

a) Fuente de agua

Se refiere al origen del recurso hídrico que puede ser superficial o subterráneo. (PSI, 2008).

b) Estación de bombeo

Impulsa el caudal necesario para el sistema y genera la presión según requerimiento de operación. Se utilizan bombas, las cuales pueden funcionar con electricidad o con motores de combustión interna. (PSI, 2008).

c) “Cabezal” de riego

El “cabezal” es el corazón de un equipo de riego por goteo. Conformado por el sistema de filtración, sistema de fertilización, válvulas de control de flujo, válvulas de aire, manómetros y medidores de volumen de agua, (PSI, 2008).

d) Filtrado

Consiste en retener las partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de grava) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla o anillos). (PSI, 2008).

e) Sistema de fertilización

Permite aplicar los fertilizantes al sistema junto con el agua de riego (fertirrigación). El equipo se localiza normalmente entre los filtros de grava y los filtros de malla o de anillos. El equipo de fertirrigación actúa por diferencia de presión, succión o mediante bombeo. (PSI, 2008).

f) Red de distribución

Encargada de conducir el agua desde el cabezal de riego hasta el cultivo instalado, está compuesta por una línea principal, una línea secundaria y una línea terciaria. (PSI, 2008).

* **Línea principal**, Nace a partir del “cabezal” y sirve para conducir el agua hasta la tubería secundaria. (PSI, 2008).

* **Línea secundaria**, Empieza a partir de la tubería principal y sirve para repartir el agua a los diferentes sectores de riego a través de las líneas porta goteros o cintas de riego. (PSI, 2008).

* **Líneas terciarias o porta regantes**, Punto de partida en la tubería secundaria y donde se conectan las cintas o manguera de riego para distribuir el agua a los diferentes sectores. (PSI, 2008).

* **Laterales de riego**, Empiezan a partir de la tubería secundaria y

corresponden a mangueras y/o cintas de riego donde se encuentran insertados los goteros que finalmente distribuyen el agua a los cultivos.

El material de estas cintas y/o mangueras de riego es de polietileno (PE), material que tiene buena protección contra los rayos ultravioleta.

(PSI, 2008).

e) Dispositivos de control

Serie de accesorios para hacer una buena operación del sistema de riego por goteo que permitan medir la presión y medir y regular el flujo del agua:

- * **Manómetros.** Permiten tener conocimiento de las presiones de trabajo en distintos puntos de la instalación. (PSI, 2008).
- * **Válvulas.** Elementos que se utilizan en la red para regular la presión, caudal o simplemente el paso del agua. (PSI, 2008).
- * **Válvulas de aire.** Elementos que permiten la eliminación del aire, acumulado en el interior de la tubería. (PSI, 2008).

2.1.2.3. RIEGO POR MICROASPERSIÓN

En este método el agua circula a presión por tuberías del mismo material que en el riego por goteo, pero el agua es entregada en forma de lluvia por pequeños aspersores (micro aspersores). (PSI, 2008).

2.1.2.4. RIEGO POR EXUDACIÓN

Es un sistema que aplica el agua de forma continua mediante un tubo poroso que exuda agua en toda su longitud y en la totalidad o parte de su superficie. El agua exudada a través de los pequeños poros de la pared del tubo poroso, produce una banda de humedad continua, ancha y uniforme en toda la longitud de las líneas de riego. Las líneas de riego de tubos porosos, pueden colocarse sobre la superficie del suelo o enterradas, a la profundidad de mayor desarrollo de las raíces del cultivo. Las presiones de trabajo son menores que las de los goteros. (Santayana, et al., 2000).

2.1.3. NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS

2.1.3.1. NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO CON RIEGO POR GOTEO

Para conocer la cantidad de agua que se debe aplicar en el riego, hay que conocer las necesidades de agua de los cultivos. Cuando no se atienden adecuadamente todas las necesidades de agua del cultivo, su crecimiento y rendimiento pueden verse afectados. El cálculo de las necesidades de agua puede hacerse edafológicamente a través de las constantes hídricas del suelo o a través de la Evapotranspiración o Uso Consuntivo, (PSI, 2008).

CONCEPTOS BÁSICOS

Se entiende por evapotranspiración a la cantidad de agua que se pierde por transpiración a través de la planta y por evaporación desde la superficie del suelo y la superficie húmeda del follaje, por efecto de los factores climáticos. La suma de estos dos procesos es lo que se define como evapotranspiración o Uso Consuntivo, que se expresa en mm./día o mm./mes (PSI, 2008).

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

Es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. (PSI, 2008).

También se le conoce como Evapotranspiración del cultivo que se define como “La tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm. de altura, uniforme, de crecimiento activo, que cubre totalmente el suelo y que no escasea el agua”. (PSI, 2008).

EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL O ACTUAL O DEL CULTIVO (ETC)

Es la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos. Se determina introduciendo un Coeficiente de Cultivo (K_c) que varía según las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración de período vegetativo, condiciones climáticas, frecuencia del riego,

etc, (PSI, 2008).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Los factores que condicionan la evapotranspiración, se pueden agrupar de la siguiente forma:

Condiciones dependientes del suelo.

Destaca la capacidad de retención del agua. En los suelos que retienen gran cantidad de agua, la evapotranspiración es más intensa que los que retienen menos cantidad de agua. (PSI, 2008).

Naturaleza de la vegetación

Las plantas que tienen muchas hojas transpiran más cantidad de agua que las pequeñas que tienen poco follaje. Mientras mayor sea el desarrollo de su follaje, mayor es la pérdida de agua en el proceso de la transpiración. (PSI, 2008).

La fase vegetativa del cultivo

La evapotranspiración varía a lo largo del período vegetativo. En las plantas poco desarrolladas, la mayor parte del agua se pierde por evaporación en el suelo, pero a medida que el cultivo se desarrolla aumenta la transpiración y disminuye la evaporación, debido a que aumenta el volumen del follaje y éste sombrea la superficie del suelo. (PSI, 2008).

El período vegetativo, básicamente puede dividirse en las siguientes fases:

- **Fase inicial.** Abarca desde la siembra hasta que el cultivo cubre un 10% del suelo.
- **Fase de desarrollo.** Comprende desde el 10% de cobertura vegetal hasta la cobertura del 70% al 80%

- **Fase de media estación.** Desde la cobertura efectiva a inicio de maduración del cultivo.
- **Fase de última estación.** Desde el inicio de maduración hasta la cosecha. (PSI, 2008).

Condiciones meteorológicas.

La insolación fuerte, las temperaturas elevadas. La sequedad del ambiente y el viento, son condiciones climáticas que favorecen la evapotranspiración, (PSI, 2008).

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA

En riego por goteo, por ser un sistema localizado y de alta frecuencia, las necesidades de los cultivos se deben cubrir a diario o con intervalos muy cortos, por lo que para la determinación de las necesidades hídricas, se ha empleado el Método del tanque de evaporación Clase "A". Programa Sub sectorial de Irrigaciones, (PSI, 2003).

La metodología empleada es la siguiente:

Se calcula la evapotranspiración del cultivo de referencia, lo que es lo mismo el cálculo de la Evapotranspiración Potencial del cultivo de referencia (ET_o), empleando la siguiente relación:

$$ET_o = E \cdot K_t$$

Dónde:

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm/día

E = Evaporación del Tanque Clase "A" en mm./día y representa el valor medio diario del periodo considerado

K_t = Coeficiente del tanque que varía con el clima de la zona, tipo de tanque y del medio que circunda el mismo. Se ha tomado un Coeficiente de 0.705 (AUTODEMA, 2007).

Se determina la evapotranspiración real o del cultivo, con la siguiente expresión:

$$ETC = ETo * Kc$$

Dónde:

ETC = Evapotranspiración del cultivo en mm./día

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm./día

Kc = Coeficiente del cultivo en función de la fase de su periodo vegetativo (AUTODEMA, 2007).

Se procede a determinar las **Necesidades Netas del cultivo (Nn)**, que se relaciona con la cantidad de agua usada por la planta en transpiración y crecimiento. Se expresa normalmente en mm./día o por mes, también puede expresarse en m³/ha o en m³/superficie (AUTODEMA, 2007).

Para el cálculo de los requerimientos del cultivo o necesidades netas debido a la evapotranspiración, se emplea la siguiente expresión matemática.

$$Nn = ETC - Pe - Gw - \Delta w$$

Dónde:

Nn = Necesidades netas del cultivo en mm./día

ETC = Evapotranspiración real o del cultivo en mm./día

Pe = Precipitación efectiva en mm./día

Gw = Aporte capilar por efecto del nivel freático en mm./día

Δw = Variación de la reserva de la cantidad de agua utilizable por la planta disponible en el suelo, explorado por las raíces en mm./día AUTODEMA, (2007)

En zonas áridas y semi áridas, la **Precipitación (Pe)** es casi nula; en cuanto al aporte capilar (Gw) en la región no es importante, por cuanto el nivel freático está muy profundo. Finalmente, el cambio de almacenamiento de agua del suelo (Δw) no se toma en cuenta, por cuanto el sistema de riego por goteo

es de alta frecuencia, en donde la aplicación del agua de riego es diaria y por lo tanto el bulbo húmedo siempre está en capacidad de campo, por lo que:

$$N_n = ETC$$

Dónde:

$N_n =$ Necesidades netas del cultivo en mm./día

$ETC =$ Evapotranspiración del cultivo en mm./día (AUTODEMA, 2007)

Se toma en consideración las **Necesidades de Lavado (NL)**, que representa la fracción de agua que hay que añadir a las necesidades netas para mantener la salinidad del suelo en la zona de raíces en un nivel no perjudicial para el cultivo.

Se presentan dos casos:

- Riego por gravedad y riego por aspersión:

$$NL = CE_i / (5CE_{max} - CE_i)$$

- Riego por goteo

$$NL = CE_i / 2CE_{e\ max}$$

Dónde:

$NL =$ Necesidades de Lavado (%)

$CE_i =$ Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm. o dS/m)

$CE_{e\ max} =$ Conductividad eléctrica tolerable del extracto de saturación del suelo, que no ocasiona merma en los rendimientos del cultivo (mmhos/cm o dS/m.)

Como referencia, Maas y Hoffman han encontrado que existe una relación

lineal entre la salinidad del suelo y la producción de los cultivos, y se expresa de la siguiente manera:

$$P = 100 - b (CEe - a) * 100$$

Dónde:

P = Producción del cultivo en %, respecto al máximo.

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (mmhos/cm o dS/m).

a y b = Constantes del cultivo.

En caso de que no se cuente con información sobre el tema, según la salinidad del suelo pueden utilizarse valores referenciales sobre las necesidades de lavado, como se indica a continuación: (AUTODEMA, 2007).

Contenido de sales	Salinidad ds/m.	Factor de N.L. (%)
Ligera	0 – 2	10
Media	2 – 4	20
Alta	Mayor a 4	30

También se considera la **Eficiencia de aplicación (Ea)**, que expresa la relación entre el agua almacenada en la zona de raíces y el agua aplicada. Para climas áridos, en el cual está comprendido nuestra región, pueden adoptarse los siguientes valores, (AUTODEMA, 2007).

Profundidad de raíces (m.)	TEXTURA			
	Gravosa	Arenosa	Media	Fina
Menor a 0.75	0.85	0.90	0.95	0.95
0.75 a 1.50	0.90	0.90	0.95	1.00
Más de 1.50	0.95	0.95	1.00	1.00

Toma en cuenta la Uniformidad de riego, a través del **Coefficiente de**

Uniformidad (CU), que es la forma de cómo se distribuye el agua en toda la superficie regada, de tal manera que todas las plantas reciban la misma cantidad de agua y esta sea la más adecuada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

Para el cálculo del Coeficiente de Uniformidad, en riego por goteo sobre la superficie, se emplea la siguiente expresión matemática:

$$CU = Q25 / Qn$$

Dónde:

CU = Coeficiente de Uniformidad en porcentaje (%)

Q25 = Caudal medio de los goteros que constituyen el 25% del caudal más bajo

Qn = Caudal medio de descarga de todos los goteros.

Los valores recomendados para el Coeficiente de Uniformidad son los siguientes:

90% - 100%	Excelente
80% - 90%	Bueno
70% - 80%	Aceptable
Menos de 70%	Inaceptable (AUTODEMA, 2007)

Finalmente se determina las **Necesidades Totales (NT)**, que corresponde a las necesidades netas afectadas por la eficiencia de los métodos de riego utilizado, para lo cual se aplica una cantidad mayor para estar seguros de que las plantas reciban el agua requerida.

Para el cálculo de estas necesidades, se utiliza la siguiente relación, para el riego por goteo superficial:

$$NT = Nn / (1-K) * CU$$

Dónde :

NT = Necesidades totales en mm/día

Nn = Necesidades netas del cultivo en mm/día

K = (1 - Ea): En el caso de pérdidas debido a la eficiencia de aplicación

K = NL: En el caso de lavado

Se elige el valor más alto. (AUTODEMA, 2007).

El tiempo de riego (Tr) dependerá de la dosis de riego a aplicar, del caudal del gotero, la distancia entre goteros y la distancia entre líneas porta goteros (mangueras o cintas de riego).

La expresión matemática es la siguiente:

$$Tr = (NT * F) / P$$

Dónde :

Tr = Tiempo de riego en horas

NT = Necesidades totales en mm/día

F = Frecuencia de riego en días

P = Precipitación en mm/hora. (AUTODEMA, 2007)

La precipitación (P), de los goteros se calcula de la siguiente manera:

$$P = Qg / (Sg * SI)$$

Donde:

P = Precipitación de los goteros en mm/ hora

Qg = Caudal del gotero en l/hora

Sg = Separación entre goteros en m.

Sl = Separación entre líneas porta goteros o cintas de riego en m.
(AUTODEMA, 2007)

2.1.3.2. NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO CON RIEGO POR GRAVEDAD

Para el cálculo de las necesidades de agua en riego por gravedad, se hizo edafológicamente a través de las constantes hídricas del suelo.

Para la Programación del riego, es necesario conocer la Lámina de riego (Lr) o dosis de riego, que se define como la cantidad de agua aplicada en cada riego para compensar el déficit de humedad del suelo en el período precedente al del momento del riego. La Lámina neta (Ln) se calcula a partir de los datos del porcentaje de humedad a Capacidad de Campo (Wcc), del porcentaje de humedad en Punto de Marchitez (Wpm), de la Densidad Aparente (da), la profundidad radicular del cultivo (Prof) y del descenso tolerable (DT), de la siguiente manera: (AUTODEMA, 1990).

$$Ln = \frac{Wcc - Wpm}{100} \cdot da \cdot Prof \cdot (cm.) \cdot DT$$

Dónde :

Ln = Lámina neta cm.

Wcc = Porcentaje de humedad en bss a Capacidad de Campo

Wpm = Porcentaje de humedad en bss a Punto de Marchitez

da = Densidad aparente

Prof. = Profundidad radicular del cultivo (cm.)

DT = Descenso tolerable

La Lámina de riego será la Lámina neta entre la eficiencia del sistema.

$$Lr = Ln / Er$$

Dónde :

Lr = Lámina de riego en cm.

Ln = Lámina neta de riego en cm.

Er = Eficiencia del sistema (%), (AUTODEMA, 2007)

La Eficiencia de riego (E_r), es función de la **Eficiencia de aplicación (E_a)**, que es la relación entre el agua que queda almacenada en la zona de raíces y el agua total aplicada con el riego, del **Coeficiente de déficit (CD)**, que indica la relación entre el agua que ha faltado para humedecer por completo la zona de raíces (no aportada) y la cantidad total de agua que hubiera sido necesaria para mojarla totalmente (necesaria). Refleja el porcentaje de volumen de suelo que debería recibir agua y no lo hace; y de la **Eficiencia de distribución (E_d)**, que indica la uniformidad en la distribución del agua aplicada con el riego en el suelo. (AUTODEMA, 2007).

El número de riegos por campaña, puede estimarse a partir de las necesidades hídricas de los cultivos y de la dosis de riego. **La frecuencia de riego (Fr)** o el intervalo entre riegos, es el número de días que ha de transcurrir entre un riego y el siguiente. Se calcula con el valor de la lámina neta (Ln) y de la evapotranspiración del cultivo (ETC), mediante:

$$Fr = Ln / ETC$$

Dónde : Fr = Frecuencia de riego en días

Ln = Lámina neta de riego en cm.

ETC = Evapotranspiración del cultivo en cm. (AUTODEMA, 2007)

El **Tiempo de riego (Tr)**, es el tiempo necesario para que la lámina de agua que corresponde exactamente al descenso de humedad existente, se infiltre en el terreno, (AUTODEMA, (2007).

2.2. CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* L).

Planta herbácea anual de amplia dispersión geográfica; presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales. Se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, desde zonas áridas hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequías, heladas, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas Mujica, Canahua., (1989).

El periodo vegetativo varía desde 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2600 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5 hasta alcalinos con pH de 9,0 sus semillas germinan hasta con 56 dS/cm. de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar, (Mujica, 1988)

El género posee más de 120 especies en 16 secciones, siendo quínoa la especie más importante desde el punto de vista económico, teniendo varias características que la hacen un cultivo potencialmente ideal. La quínoa es uno de los cultivos más antiguos del área andina de Sudamérica, con aproximadamente 7.000 años de cultivo Jacobsen, (2003), siendo su centro de diversidad genética la zona correspondiente a la cuenca del Lago Titicaca (zona andina entre Perú y Bolivia) (Mujica, 1988).

Es una de las especies domesticadas y cultivadas en el Perú desde épocas prehispánicas (más de tres mil años) y en particular en la cuenca del Titicaca, que es el principal centro de origen donde se conserva la mayor diversidad biológica de esta especie, y además existen sistemas ingeniosos de cultivo y una cultura alimentaria que incorpora a este valioso grano andino, (Mujica, 1988).

2.2.1. CENTRO DE ORIGEN Y DIVERSIDAD

La quinua (*Chenopodium quinoa* L.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenowen 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskaso se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú. (Cárdenas, 1999).

Puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética, Mujica, (1983).

Heisser y Nelson (1974), citados por Cárdenas (1944) indican hallazgos arqueológicos en Perú y Argentina alrededor del inicio de la era cristiana, mientras que Bollaerd y Latcham, citados por Cárdenas (1999), también hallaron semillas de quinua en las tumbas indígenas de Tarapacá, Calama, Tiltel y Quillagua, demostrando este hecho que su cultivo es de tiempo muy remoto. En la domesticación y conservación han participado grandes culturas como la Tiahuanacota y la Incaica, Mujica, (1988).

2.2.2. PRODUCCION Y SUPERFICIE

Se concentra en los valles altiplánicos de Bolivia y Perú, se la encuentra en algunas región costeras del Sur de Chile, hasta los valles andinos del Sur de Colombia, y en pisos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m. sobre el nivel del mar. En los últimos años, se constata un progresivo aumento de la producción de quinua, especialmente en los países que han sido tradicionalmente los principales productores, esto es Bolivia, Perú y Ecuador, Mujica, (1997).

2.2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Engler, citado por (Cárdenas, 1999), la quinua taxonómicamente está ubicada de la siguiente forma:

<i>División</i>	:	<i>Fanerógam</i>
<i>Clase</i>	:	<i>Dicotiledóneas</i>
<i>Subclase</i>	:	<i>Angiospermas</i>
<i>Orden</i>	:	<i>Centrospermales</i>
<i>Familia</i>	:	<i>Chenopodiáceas</i>
<i>Género</i>	:	<i>Chenopodium</i>
<i>Sección</i>	:	<i>Chenopodia</i>
<i>Subsección:</i>		<i>Cellulata</i>
<i>Especie</i>	:	<i>Chenopodium quinoa</i> L. Willdenow.

2.2.4. DISTRIBUCIÓN DE LA QUINUA

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética en el mundo. La quinua, una planta andina muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí (Bolivia) y Sicuani (Cusco). (Mujica, 1997).

La quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Este caso puede explicarse como una migración antigua de quinua, por tener caracteres similares de grano, además por haberse obtenido descendencia al realizarse cruzamiento entre ellos. (Mujica, 1997).

FENOLOGIA DEL CULTIVO

Son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales.

Presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta. Se han determinado doce fases fenológicas, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.1. EMERGENCIA

Cuando las plántulas salen del suelo y extiende sus dos hojas cotiledonales protegidas por el episperma, que ocurre de los 7 a 8 días después de la siembra, siendo susceptible al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea, salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el episperma y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves por la succulencia de los cotiledones, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.2. DOS HOJAS VERDADERAS

Después de las hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas en forma romboidal y aparece el siguiente par de hojas en forma de botón, ocurre a los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata*. (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.3. CUATRO HOJAS VERDADERAS

Se tiene dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta

fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrixsubcrinita* y *Diabrotica* de color. (Mujica y Canahua, 1989)

2.2.4.4. SEIS HOJAS VERDADERAS

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino. (Mujica y Canahua, 1989)

2.2.4.5. RAMIFICACIÓN

Tiene 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 de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.6. INICIO DE PANOJAMIENTO

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de 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, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.7. PANOJAMIENTO

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, ello ocurre de los 65 a los 70 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, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.8. INICIO DE FLORACION

La flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.9. FLORACION O ANTESIS

Cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta 2°C, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran 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. (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.10. GRANO ACUOSO

Se inicia con la formación de las semillas después de ser fecundada, en donde al ser presionada por las uñas de los dedos pulgares presenta una consistencia acuosa de color transparente a partir de esta fase se inicia la formación del fruto, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.11. GRANO LECHOSO

Fase cuando los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.12. GRANO PASTOSO

Los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.13. MADUREZ FISIOLÓGICA

Fase en que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días de la siembra, es esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %; el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el periodo de llenado de grano, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.4.14. MADUREZ DE COSECHA

Es cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es tal que facilita la trilla, (Mujica y Canahua, 1989).

2.2.5 VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA QUINUA

Especie tetraploide, constituido por 36 cromosomas somáticas, tiene 4 genómos, con un número básico de 9 cromosomas ($4n = 4 \times 9 = 36$). El color de las plantas de quinua es un carácter de herencia simple; en cambio el color de los granos es por la acción de agentes complementarios, siendo el color blanco un carácter recesivo. (Mujica y Canahua, 1989).

El tipo de inflorescencia puede ser amarantiforme o glomerulada, siendo esta última dominante sobre la primera. El contenido de saponina en quinua es heredable, siendo recesivo el carácter dulce. La saponina se ubica en la primera membrana. Su contenido y adherencia en los granos es muy variable y ha sido motivo de varios estudios y técnicas para eliminarla, por el sabor amargo que confiere al grano que el carácter amargo o contenido de saponina estaría determinado por un simple gen dominante. (Gandarillas, 1979)

2.2.6 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO QUINUA

2.1.8.1. SUELO

Prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, pues es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados. (Lescano, 1981)

2.1.8.2. pH

Tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo; se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca, Perú. (Lescano, 1981)

2.1.8.3. CLIMA

Por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas. (Lescano, 1981)

2.1.8.4. 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, a la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm. anuales., lógicamente con tecnologías que permiten almacenar agua y utilizarlas en forma eficiente y apropiada así como con genotipos específicos y adecuados a dichas condiciones de déficit de humedad, sin embargo de acuerdo a los últimas investigaciones efectuadas se ha determinado que la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo, constituye exceso de agua para el normal crecimiento y producción de la quinua, siendo suficiente solo a capacidad de campo ideal para su producción, por ello los campesinos tienen la perspectiva de indicar y pronosticar que en

los años secos se obtiene buena producción de quinua y no así en los lluviosos, lo cual coincide exactamente con los resultados de estas nuevas investigaciones (Morales,1976).

2.1.8.5. HUMEDAD RELATIVA

La quinua crece sin mayores inconvenientes desde el 40% en el altiplano hasta el 100% de humedad relativa en la costa, esta alta humedad relativa se presenta en los meses de mayor desarrollo de la planta (enero y febrero), lo que facilita que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fungosas como es el caso del mildiu, por ello en zonas con alta humedad relativa se debe sembrar variedades resistentes al mildiu. (Lescano, 1981).

2.1.8.6. TEMPERATURA

La temperatura promedio adecuada está alrededor de 15-20 °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C, prosperando adecuadamente, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano,(Lescano, 1981).

Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38 °C produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano, (Lescano, 1981)

2.1.8.7. RADIACIÓN

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 período vegetativo y productivo. En la zona de mayor producción de quinua del Perú (Puno), el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día, y en la costa (Arequipa), alcanza a 510 cal/cm²/día; mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día y en La Paz es de 433 cal/cm²/día, sin embargo el promedio de radiación neta (RN) recibida por la superficie del suelo o de la vegetación, llamada también radiación resultante alcanza en Puno, Perú a 176 y en Arequipa, Perú a 175, mientras que en Oruro, Bolivia a 154 y en La Paz, Bolivia a 164, solamente, debido a la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo, (Lescano, 1981)

2.1.8.8. FOTOPERIODO

Su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad, prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa. En la latitud sur a 15°, alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas de luz diaria es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año (Lescano, 1981).

2.2.7 MANEJO DEL CULTIVO QUINUA

2.1.9.1. PREPARACIÓN DE SUELOS

Debe efectuarse con el esmero necesario, en la época oportuna, con los implementos adecuados y utilizando tecnologías, formas y características propias para el cultivo, dado el tamaño reducido de la semilla y dependiendo del tipo de suelo a ser utilizado. (Lescano, 1981).

2.1.9.2. ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación que se sugiere en el altiplano es papa-quinua-habas (tarwi) cebada (avena)- forrajes (pastos cultivados), en otras condiciones donde solo es posible sembrar quinua, evitar en lo posible el monocultivo de quinua, pues permite que el suelo se esquilme y la incidencia de plagas y enfermedades se incremente. En condiciones de costa utilizar la rotación: papa-quinua-maíz (trigo) -hortalizas-alfalfa. (Lescano, 1981).

2.1.9.3. SIEMBRA

Se puede sembrar durante todo el año, sin embargo en el invierno se retrasa el crecimiento y también se deprime la producción. Para siembra directa se utiliza 10 Kg de semilla procedente de semilleros básicos o garantizados. La siembra directa puede efectuarse al voleo, presenta como dificultad de las labores culturales, empleo de mayor cantidad de semillas, desuniformidad de germinación, siendo lo recomendable efectuar en surcos distanciados de 0.40 hasta 0.80 m, dependiendo de la variedad a emplear. En costa se recomienda 0.50 m entre surcos, con una densidad de 5 Kg /ha; en el altiplano seco de los salares se siembran en hoyos distanciados a un metro entre hoyos y entre surcos, teniendo hasta 4 plantas por hoyo; este es un sistema de siembra ancestral, excepcional y único para dichas condiciones secas, áridas, frías y salinas, utilizando únicamente 3 Kg /ha de semilla seleccionada. (Lescano, 1981)

2.1.9.4. ABONAMIENTO

Es exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio. En general en la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de la quinua, por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales

de la papa, en algunos casos casi está completo sus requerimientos y solo necesita un abonamiento complementario, sin embargo cuando se siembra después de una gramínea (maíz o trigo en la costa), cebada o avena en la sierra, es necesario no solo utilizar materia orgánica, también fertilización química, (Lescano, 1981).

2.1.9.5. DESHIERBOS

En general se recomienda efectuar, uno cuando las plántulas tengan un tamaño de 15 cm o cuando hayan transcurrido 30 días después de la emergencia, y el segundo antes de la floración o cuando hayan transcurrido 90 días después de la siembra, (Lescano, 1981)

En la costa existen malezas endémicas que infestan en forma agresiva a la quinua entre estas tenemos, (Gandarillas, 1967)

- Pata de pajarito (*Eleusina indica*)
- Rábano silvestre (*Raphanus sativus* L.)
- Meliloto (*Melilotus officinalis*)
- Atacco o Amaranto silvestre o Bledo (*Amaranthus hybridus* L.)
- Quinua silvestre o hierba de gallinazo (*Chenopodium album* L.)
- Mata conejo (*Lepidium chichicara*)
- Coquito (*Cyperusferax* L.C. Rich)
- Cola de Raton (*Hordeum muticum* Presl.)
- Moco de pavo (*Paspalum notatum*)
- Verdolaga (*Portulaca oleracea*)
- Grama dulce (*Cynodon dactylon*), (Mujica, 1997).

2.1.9.6. APORQUES

Es necesario para sostener la planta sobre todo en valles interandinos, evitando de este modo el vuelco o tumbado, así mismo le permite resistir los fuertes embates de los vientos antes de la floración, también permite mayor engrosamiento de los tallos y mayor cantidad de raíces, (Lescano, 1981).

2.1.9.7. RIEGOS

En la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y en forma excepcional se utiliza riego. Estos son generalmente ligeros y bajo el sistema por gravedad, en los valles interandinos donde se efectúa el trasplante, es necesario y forzoso utilizar el riego después del trasplante y cuando lo requiera la planta, ya que en este sistema va asociado al maíz y recibe el agua en la misma oportunidad que el cultivo principal. (Morales, 1976)

Investigaciones efectuadas para determinar los valores del consumo de agua o Uso Consuntivo, usando el método Blaney-Criddle en el altiplano peruano indican, que la quinua requiere de 285 mm para un período de 150 días, debiendo ser la dotación de riego de 569 mm, asumiendo una eficiencia de aplicación del 50%, mientras que por el método de lisímetros es de 304 mm para un período de 150 días siendo el coeficiente "K" en promedio 0.5 (Morales, 1976).

Sin embargo se concluye que el método de lisímetros es más informativo que los otros métodos. En el altiplano central de Bolivia, la evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua, medida también por lisimetría, fue de 3.64 mm/día (promedio estacional), alcanzando sus valores más altos durante la floración e inicio de grano lechoso y siendo la acumulada de 488 mm en 134 días. La evapotranspiración potencial promedio anual, según la fórmula de Penman, fue de 3.4 mm/día con su equivalente a 1241mm/año, siendo el coeficiente de cultivo (K_c) de 0.87 en promedio estacional (Morales, 1976).

2.1.9.8. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Tanto en sierra como en costa la principal plaga entomológica es el qhona-qhona y los pulgones en costa, entre la enfermedad cosmopolita e importante tenemos al mildiu tanto en sierra, costa y valles interandinos cálidos. (Gandarillas, y Tapia, 1976).

2.1.9.9. COSECHA, TRILLA, SELECCIÓN, ENVASADO Y ALMACENAMIENTO

a) Siega

Se efectúa cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica. Existe mayor facilidad de caída del grano del perigonio que la protege cuando las plantas están completamente secas por efectos del calentamiento de los rayos solares. Tradicionalmente los agricultores efectuaban el arrancado, juntamente que las raíces, lo que traía como consecuencia que el grano esté mezclado a la tierra. (ONG Solid, 1999).

b) Emparvado

Como las plantas fueron segadas en madurez fisiológica es necesario que éstas pierdan aún agua para la trilla, por ello se efectúa el emparvado o formación de arcos, que consiste en formar pequeños montículos con las panojas. Las plantas se mantienen en la parva por espacio de 7 a 15 días, hasta que tengan la humedad conveniente para la trilla. Cuando se usan trilladoras estacionarias es conveniente que las panojas estén completamente secas, pero cuando se usan trilladoras combinadas no es necesario este emparvado. (ONG Solid, 1999).

c) Trilla

Llamada también golpeo o garroteo, se efectúa sacando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas. En algunos lugares se apisona un terreno plano, formando las eras, con arcilla bien apisonada a manera de una losa liza y consistente. Luego se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo en forma

ordenada, generalmente panoja con panoja, cuyos golpes rítmicos permitirá desprender el grano de la inflorescencia. (ONG Solid, 1999).

d) Aventado y Limpieza del Grano

Esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire que se producen, de tal manera que el grano esté completamente limpio. (ONG Solid, 1999).

e) Secado del Grano

Es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener una humedad comercial y permitir su almacenamiento, puesto que al momento de la trilla los granos contienen entre un 12 a 15 % de humedad. (ONG Solid, 1999).

f) Selección del Grano

Una vez que el grano está completamente seco, se debe proceder a la selección y clasificación del grano, puesto que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños. Así mismo se tiene presencia de granos inmaduros los cuales ya fueron eliminados con el venteo. (ONG Solid, 1999).

g) Almacenamiento

Una vez clasificado el grano por tamaños y para usos diferenciados, se debe almacenar en lugares frescos, secos y en envases apropiados, de preferencia silos metálicos. (ONG Solid, 1999).

2.2.8 ANÁLISIS ECONOMICO

Los costos de producción, son aquellos desembolsos y la valorización que se efectúa en la conducción y ejecución del cultivo, se refiere a la compra de insumos diversos, los cuales son necesarios para obtener una determinada producción de quinua, incluye la depreciación de herramientas, pago de Leyes sociales, gastos administrativos, uso de la tierra e imprevistos, los

cuales están relacionados a la adquisición de bienes, transformación de materia prima o la prestación de servicios, (Mujica,1995).

La estructura muestra los precios unitarios y el costo mínimo y máximo de cada tecnología, así como el nivel de participación porcentual de cada actividad en relación con el Costo Total y Costos Variables, (Mujica, 1995).

Costos Directos: Son aquellos costos que intervienen directamente en el proceso productivo de la quinua, permitiendo la obtención del producto y forma parte del mismo producto obtenido, incluye el costo de la preparación del suelo, fertilización y abonamiento, siembra y labores culturales, controles fitosanitarios, cosecha, pago de jornales, Pago de Leyes sociales. (Mujica, 1995).

Costos Indirectos: Son aquellos costos que intervienen indirectamente en el proceso de producción y son considerados a parte de los Directos, entre ellos tenemos, los gastos de venta, gastos administrativos, gastos generales, imprevistos, gastos financieros, depreciación de herramientas, costo del uso de la tierra. Los Costos indirectos se clasifican en: (Mujica, 1995).

Costos Fijos: Son los costos que permanecen inalterables ante cualquier volumen de producción o servicio. Los costos fijos en la producción de la quinua comprenden los siguientes rubros, gastos administrativos, gastos generales, depreciación de la maquinaria, costo del uso de la tierra y gastos financieros.

Son conocidos como costos indirectos y/o gastos generales. Estos son costos que dentro de ciertos límites, no alteran cuando el nivel de actividad cambia. (Mujica, 1995).

Costos variables: Son los gastos que se generan en la medida que exista producción, su vinculación al proceso es correlativo, a más producción más costos variables, es decir de acuerdo al volumen de producción o servicio. Estos costos son también conocidos como costos directos, como su nombre lo indica estos costos varían con el tamaño y/o nivel de producción de una

actividad. (Mujica, 1995).

Los costos variables comprenden las siguientes actividades: Preparación del suelo, fertilización, siembra, labores culturales, controles fitosanitario y cosecha. La razón de distinguir los costos variables de los costos fijos de una actividad de producción, es para que el agricultor/administrador, tenga una idea de la magnitud del cambio es costos, que ocurre cuando se amplíe o reduzca una o más actividades. (Mujica, 1995).

2.3. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS

PROGRAMA SUB SECTORIAL DE IRRIGACIONES, (2010), Instalaron una parcela integral demostrativa con riego tecnificado (Goteo) en el cultivo de Quinoa Orgánica-Mañazo-Puno, realizaron el seguimiento al Promotor en el manejo del cultivo y en la operación del sistema; evaluándose la experiencia del promotor que anteriormente ha aplicado un sistema tradicional de riego y en el manejo del cultivo. Ha comparado las diferencias que existe aplicando la tecnología del riego por goteo y el buen manejo de prácticas del cultivo del cultivo, lográndose obtener un rendimiento de 1200 Kg/Ha en el riego por goteo en comparación con el testigo el cual se obtuvo 700 Kg /Ha, mientras en el ahorro de agua en el riego por goteo se obtuvo 2832 m³ frente a 6372 m³, en cuanto al ingreso neto/campaña en el riego por goteo se obtuvo S/. 6357.88 frente a S/. 2218.80 en un cultivo tradicional de riego por gravedad, llegando a la conclusión que se puede obtener mayor rentabilidad aplicando la tecnología en riego.

ARTICA, A., et al., 1999, realizaron un estudio sobre la adaptabilidad de Doce cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Mill) en clima de selva alta Oxapampa-Perú, a 1800 msnm con temperatura promedio de 15 C° y 92.8 % de Humedad relativa, utilizando los cultivares (03-21-072-R, LP-4e, Salcedo INIA, Jujuy, Camacani, Blanca de Juli, Kancollla, Illpa INIA, Ingapirca, Rosada de Junín, Ayacuchana INIA y Amarilla de Maranganí). De los resultados obtenidos se encontró que el cultivar Amarilla de Maranganí fue el más precoz, con sólo 124 días, y el de mayor rendimiento, con 3743 kg/ha, por lo que podría tener éxito en siembras comerciales en la zona. Otros cultivares que se comportaron aceptablemente fueron: Rosada de Junín (2534 kg/ha), Blanca de Juli (2806 kg/ha), Ingapirca (2552 kg/ha), Ayacucho INIA (2389 kg/ha). Los cultivares 03-21-072-RM e Illpa INIA, presentaron problemas fitopatológicos y no produjeron buen rendimiento, por lo que

no son recomendables para la zona.

AGUIRRE, (2010), realizó una investigación con 9 variedades de quinua procedentes de Puno y Bolivia, las variedades fueron INIA 415 Pasankalla, Salcedo INIA, Kancolla, Blanca de July, Real Rosada, Real Blanca, Sajama, Coettó, Pasankalla B. y tres densidades poblacionales D1: 133 333 plantas /ha; D2: 88 888 plantas / ha; D3: 66666 plantas / ha.. Demostró que el cultivo de quinua tiene alta adaptabilidad en las condiciones agro climáticas de la Irrigación Majes. Con la Variedad Blanca de July se alcanzo el mejor rendimiento de grano con 5 228.7 kg/ha y 2.023 mm de tamaño de grano. Y al interactuar con la densidad D2 se obtiene 6088.88 kg/ha y 2.033 mm de tamaño de grano. También que con la densidad D2 se obtiene 4 708.338 kg/ha y con la D3 se obtiene 2 2511 mm al analizar el factor densidad. Y por último la variedad Blanca de July y la densidad D2 tienen la más alta rentabilidad con 142%.

SOLDEVILLA, et al, (1997), mostraron que los cultivares NL-3 y EDK-4 destacaron por sus mayores rendimientos de grano (3.793 y 3357 kg/ha, respectivamente). NL-3 tuvo un alto contenido de proteína en grano (16,06%). El período vegetativo de EDK-4 fue de 120 días, y ambas tuvieron una buena adaptabilidad a las condiciones medio-ambientales de Arequipa. Los cultivares NL-6, UK-5 y UK-2 destacaron por su mayor contenido de materia seca de planta y por sus cortos períodos vegetativos (106, 111, y 98 días, respectivamente) que las hacen ideales para la producción de forraje (heno). El cultivar más tardío fue Kancolla de Perú con la madurez fisiológica a los 150 dds.

La mayor altura de planta a la cosecha fue del cultivar Kancolla de Perú con 71 cm, y la menor del cultivar G-205-95 con 66 cm. El contenido de proteína vario de 16.06 a 13.50 % correspondiente a los cultivares NL-3 y G-205-95, respectivamente, el mayor tamaño de grano fue de Kancolla con 1,80 mm.

TICONA E., CHAMBI R., (2009), La falta de agua es el principal problema en la región de Lípez, ya que la precipitación pluvial es muy escasa y tiene una irregular distribución en toda la zona del altiplano Sur, principalmente en la región de Lípez, que incide directamente en el decremento de la producción agropecuaria, especialmente en la producción de quinua, que constituye la base principal del ingreso de la familia y la alimentación. Consiguientemente, frente al alto riesgo que afronta el productor quinuero,

se decidió desarrollar trabajos de aprovechamiento de aguas existentes en el lugar, bajo el siguiente objetivo: Evaluar las labores de aplicación de agua en diferentes dosis, mediante el riego por goteo y aspersión, en el cultivo de la quinua comercial (blanca real), en condiciones de las localidades de Todo Santos y Santiago de Chuvica. Esta experiencia se realizó durante el ciclo agrícola 2008-2009. Los seis tratamientos fueron : 1) Aspersión : T1 (9l/m²), T2 (18 l/m²), T3 (27 l/m²), T4(36l/m²), T5(45l/m²), T0(testigo); 2)Goteo: T1(6 l/m²), T2(12l/m²), T3(18 l/m²), T4(24l/m²), T5 (30 l/ m²) y T0(testigo). Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las variables que se midieron fueron: Parámetros físico-hídricos-características de la humedad del suelo. Grado de infiltración del agua de riego (Diámetro y profundidad).Morfología de las plantas (Altura, Tallo, Panoja, Raíz, Semillas y rendimiento en grano seco. El análisis de los resultados indica que sobresalen los tratamientos efectuados bajo el método de riego por goteo sobresaliendo en un suelo franco arenoso como es el caso de la comunidad de Todo Santos. Finalmente se llega a las siguientes conclusiones: 1) El agua se infiltra mejor aplicando el riego por goteo (40 cm. en 5 horas), en cambio por aspersión solamente penetra 12 cm. 2) En el riego por goteo se usa menos agua, en comparación a lo que se aplica en el riego por aspersión 3) La evaporación del agua y el efecto del viento en el momento del riego es menor en el riego por goteo frente a aspersión.

QUIRÓS (1999), Se seleccionaron dos fincas productoras de melón Honey Dew con un área cada una de 10 hectáreas, una utilizando el sistema de riego por goteo y otra el sistema de riego por gravedad, con características climatológicas y de suelo bastante similares. Se determinó que el sistema de riego por goteo es más eficiente que el sistema de riego por gravedad debido a que utiliza sistemas de baja presión, con bajas tasas de aplicación, en períodos largos de tiempo, directamente al sistema radicular de la planta y aplicando nutrimentos junto con el agua, todo ello hace que no haya pérdida de agua, a la vez que no hay incidencia de plagas y enfermedades debido a que el área mojada es poca por la poca cantidad de agua empleada. Con respecto a los costos de operación utilizados en la producción de 10 ha de melón Honey Dew, se estableció que el uso del sistema de riego por goteo genera menores costos de operación que los requeridos por el sistema de riego por gravedad.

MAMANI, (2008), en un estudio sobre el comportamiento de cinco cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cuatro niveles crecientes de salinidad, determinó que hubo diferencias significativas entre niveles de salinidad y entre cultivares, destacando

en el rango de 12-22 mS/cm para altura de plantas en cultivar Blanca con 134.6 cm. en diámetro de tallo con 1.18 cm. En longitud de panoja destacó Salcedo con 46.8 cm.

RAMOS, (1995), determinó el efecto de cuatro volúmenes de agua de riego, en el rendimiento de cuatro variedades de quinua, utilizando las variedades Roja de Coporaque, Kamiri, Real Bolivia y Amarilla Maranganí en interacción con cuatro volúmenes de agua, que se determinaron en base a datos de evaporación en tanque Clase A, multiplicados por el coeficiente de cultivo K_c , siendo 0,58; 0,66; 0,74 y 0,82, correspondiendo 4 950,20; 5 680,50; 6 410,80 y 7 141,10 m³/ha. El valor de K_c , varió de acuerdo al desarrollo del cultivo. El mayor rendimiento se obtuvo con 5 680,50 m³/ha y la variedad Amarilla Maranganí con 6376,05 kg/ha, y una EUA de 1, 122 kg/m³, luego el tratamiento con 5 680,50 m³/ha con la variedad Real de Bolivia con 5 723,03 Kg/ha y una EUA de 1,007 Kg/m³.

ROCA, (1996), estudió el efecto del déficit hídrico en el crecimiento y producción de dos cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Arequipa. Determinó que ante un déficit hídrico próximo a PMP, la fase de desarrollo que tolera más es la de 4 hojas verdaderas con 85 días. En relación a la producción de grano, el cultivar Kancolla tiene una producción de grano mayor al cultivar 1(80)1 a nivel de CC que ante un déficit hídrico próximo a PMP con 7,31 y 6,77 g/planta, respectivamente.

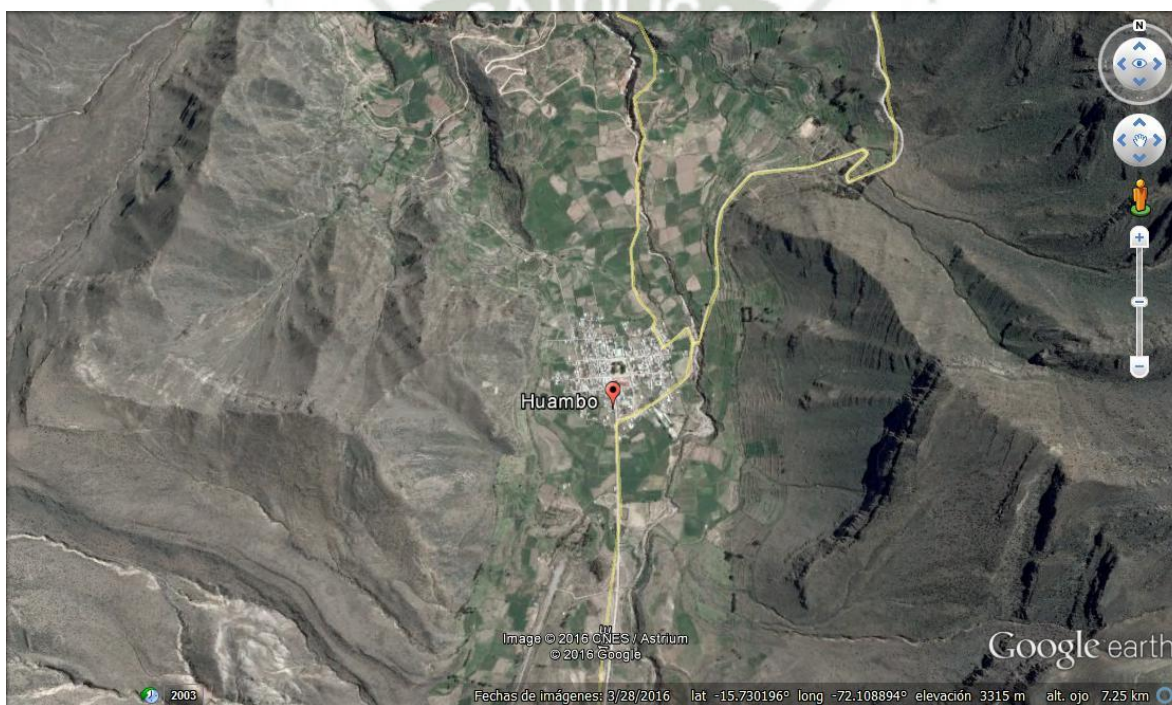
TOAPANTA, I., (2016), realizó un estudio para determinar la duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular en el cultivo de quinua cv. Tunkehuan, con el objeto de mejorar la gestión del agua, determinando para la Etapa inicial 23 días de duración, una profundidad radicular con riego de 2.84 cm. y sin riego 3.88 cm. una altura de plantas de 6 cm.; para la Etapa de desarrollo 52 días, 31.64 cm. de raíces con riego y 186 cm. de altura, para la Fase intermedia, 55 días, 37.48 cm. de profundidad con riego y 210 cm. de altura y para la Fase Final 53 días, 37.48 cm. con riego. y 44.40 cm. sin riego y 2.20 cm. de altura, con un periodo vegetativo de 183 días y un rendimiento de 4 160 Kg/ha. con riego y 4320 Kg/ha sin riego (secano).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en Huambo (Caylloma), que se encuentra, a una altitud de 3308 m.s.n.m., 16°01'45" Latitud sur y 71°45'57" de Longitud oeste. La Provincia de Caylloma en el Departamento de Arequipa, está a 115 km de la Ciudad de Arequipa. (Fotografía 01).



Fuente: Google Earth

FOTOGRAFÍA 01. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL, HUAMBO, CAYLLOMA.

3.2. FECHA DE INICIO Y TÉRMINO

Los trabajos se realizaron entre Abril y Octubre del 2015.

3.3. HISTORIAL DEL CAMPO

El campo donde se instaló este experimento estuvo cultivado por papa y maíz.

3.4. CLIMATOLOGÍA

Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Huambo y Cabanaconde, perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), estos datos se encuentran en el Cuadro 1 y la representación gráfica de las temperaturas máxima y mínima en el Gráfico 01.

La temperatura máxima mensual más alta se registra en el mes de Octubre y Noviembre con 20.8 °C en 2015 y la temperatura mínima mensual más baja en Julio con 2.6 °C; en cuanto a la Evaporación más alta registrada en tanque clase A fue en Diciembre con 6.4 y la más baja en Febrero con 3.

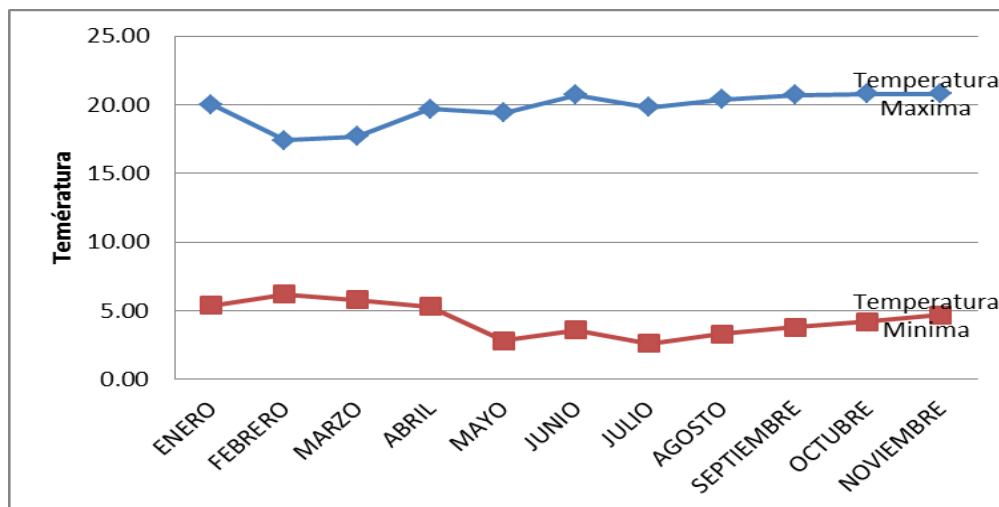
CUADRO 01 Registros Meteorológicos MAP Huambo. Caylloma. SENAMHI. 2015

Latitud Sur 15° 44'01" Longitud Oeste 72° 06' 01" Altitud 3500 msnm.

Meses	Temperatura Media mensual		Temp. Media mensual	Evaporac. mm/día *	Precipit. Mm/mes	Horas sol *	Velocidad viento m/s.	Direcc. Viento
	Máx.	Mín.						
Enero	20.0	5.4	11.8	4.8	77.1	6.5	2.1	N
Febrero	17.4	6.2	10.5	3.0	107.4	4.5	1.7	N
Marzo	17.7	5.8	10.3	3.1	127.0	5.5	1.8	N
Abril	19.7	5.3	10.9	4.6	24.5	6.5	2.1	N
Mayo	19.4	2.8	9.5	4.9	0.00	9.1	3.0	N
Junio	20.7	3.6	10.2	5.9	0.00	9.9	3.8	N
Julio	19.8	2.6	9.5	4.6	0.00	9.5	3.7	N
Agosto	20.4	3.3	10.2	6.1	0.00	8.5	3.5	N
Setiembre	20.7	3.8	10.7	6.5	0.00	8.9	2.7	N
Octubre	20.8	4.2	11.2	5.8	0.00	8.1	2.8	N
Noviembre	20.8	4.7	11.8	5.7	0.00	8.4	2.4	N
Diciembre				6.4	0.00	7.8		

*Datos Estación CO Cabanaconde Latitud Sur 15°37'7" Longitud Oeste 71° 58'01" Altitud 3379 msnm.

GRAFICO 01 Variación de Temperaturas Máxima y Mínima en Huambo. Caylloma. 2015.



3.5. RECURSO AGUA

La muestra de agua de riego se tomó del Canal Tuti, que abastece del recurso hídrico al sector de Huambo.

CUADRO 02 Análisis de Agua de Riego. Canal de Tuti – Chivay (2015)

RESULTADOS	CANAL TUTI
pH	7.14
CE (mS/cm)	2.11
Cationes (meq/L.)	
Calcio (Ca)	0.19
Magnesio (Mg)	0.03
Sodio (Na)	0.68
Potasio (K)	0.03
Suma de Cationes	0.93
Aniones (meq/L.)	
Carbonatos	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	0.85
Cloruros (Cl)	0.10
Sulfatos (SO ₄)	0.12
Suma de aniones	1.07

RAS	2,05
Clase	C1S1

Fuente: Elaboracion propia.

Según los resultados del análisis químico del agua, se puede mencionar lo siguiente:

- ✓ Cuenta con un pH de 7.14, por lo que se trata de un agua moderadamente alcalina.
- ✓ La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a $CE = 2.11$ dS/m, por lo la muestra se clasifica como una C1, es decir, es un agua con Salinidad baja.
- ✓ El valor del RAS es de 2.05, es decir, se trata de un agua con bajo contenido de sodio (S1).

En términos generales según la clasificación de Riverside es un agua de clase C1-S1, agua de baja salinidad, adecuado para el riego de cultivos y agua de bajo contenido en sodio.

La calidad de agua fue adecuada para el cultivo de quinua.

3.6. RECURSO SUELO

Los análisis de suelo de la parcela donde se realizó el estudio, se muestran en el Cuadro 3, donde se observa que son suelos de textura franca, con 36.8% de arena, 20.0 % de arcilla, 43.2 % de limo. El pH es moderadamente alcalino con 7.78, la C.E. es bajo con 0.74 dS/m, la Materia Orgánica es baja con 2.22 %, el contenido de N. es bajo con 0.11%, el P con 11.35 ppm normal, K alto con 387.47 ppm. el Ca con 3.20 meq/100g, Mg con 0.800 meq/100g, el K con 0.841 meq/100 g y Na con 0.348 meq/100 g., el CIC muy bajo. y el PSI con 6.975 %.

CUADRO 03 Análisis de Suelo. Huambo – Chivay. (2015)

Parámetro	Unidad	Valor
Arena	%	36.8
Arcilla	%	20.0
Limo	%	43.2
Textura		Franco
Porosidad	%	50.0
Capacidad de campo	%	18.1
Punto de Marchitez	%	6.8
Agua disponible	%	11.3
Materia Orgánica	%	2.22
Nitrógeno	%	0.11
Fósforo	ppm	11.35
Potasio	ppm	387.47
CO ₃ Ca	%	1.49
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.74
pH	U.U.	7.78
Ca	meq/100gr	3.200
Mg	meq/100gr	0.800
Sodio	meq/100gr	0.348
Potasio	meq/100gr	0.841

Fuente: Elaboración propia. Laboratorio de suelos INIA-AQP.

Según los análisis del suelo, son adecuados para el cultivo de quinua con textura franco.

3.7. MATERIALES Y METODOS

3.7.1. MATERIALES

3.7.1.1. MATERIAL DE CAMPO

- Cinta métrica
- Lampas
- Estacas
- Carteles
- Balanza
- Baldes
- Cilindros
- Estacas
- Rafia

3.7.1.2. MATERIAL BIOLÓGICO

- Semilla de quinua variedad Real K'ella

3.7.1.3. MATERIALES DE LABORATORIO

- Balanza Analítica
- Taper de 1kg

3.7.1.4. MATERIALES DE ESCRITORIO

- Lapiceros
- Computadora
- Hojas de papel Bond.
- Reglas.
- Calculadora.
- Programa Computacional
- Libreta de Campo.
- Cámara Digital Sony de 12 mega pixeles

3.7.2. METODOLOGIA SEGUIDA

3.7.2.1. PREPARACIÓN DEL SUELO

Durante la preparación del suelo se incorporó estiércol, gallinaza y guano de islas, se procedió a roturar con arado de discos, luego se pasó rígidos con riel para nivelar el suelo, a continuación se hizo una labor de “basureo” y se construyeron las “camas” en goteo y surcos en gravedad.

3.7.2.2. TENDIDO DE CINTAS

En Riego por goteo, durante la preparación del campo y antes de la siembra se instalaron a lo largo del área de cultivo las cintas de riego marca Rodrip de 16 mm. de diámetro con un distanciamiento entre cintas de riego de 0.90 m. Las cintas presentan emisores cada 20 cm., con una descarga de 1.0 l/hr. a una presión de 1.0 Kg./cm².

3.7.2.3. SIEMBRA

Se realizó en forma manual, con la modalidad de chorro continuo, la cantidad de semilla empleada fue en la proporción de 10 Kg/ha, previamente se desinfectó la semilla. El raleo se realizó a los 20 días, cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 a 15 cm. dejando la mejor conformada.

3.7.2.4. DESHIERBOS

La quinua es sensible a la competencia por malezas sobre todo en los primeros estadios, por lo cual se hizo un deshierbo manual temprano, que dependió de la incidencia y tipo de malezas presentes; cuando transcurrieron 20 días después de la emergencia, y el segundo cuando transcurrieron 45 días después de la siembra.

Se controlaron las siguientes malezas:

- Bledo (*Amaranthus sp.*)
- Verdolaga (*Portulaca oleracea*)
- Liccha (*Chenopodium álbum*)
- Grama dulce (*Cynodon Dactylon*)

3.7.2.5. ABONAMIENTO

Se aplicaron 10 tm. de estiércol, 1 tm. de guano de isla, 2 tm. de humus de lombriz por ha y 200 l. de biol. Estos abonos orgánicos se aplicaron en la labranza de los suelos, antes del paso del arado, para que éste pueda incorporar dentro del suelo.

3.7.2.6. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La principal enfermedad de la quinua es el Mildiu, que generalmente ataca a las hojas volviéndolas cloróticas más o menos en forma circular para luego extenderse más hasta desecarlas por completo. En nuestro estudio el ataque fue leve.

En cuanto a plagas, se presentaron las siguientes: (Cuadro 04)

CUADRO 04 Plagas en Quinua. Huambo. Caylloma.

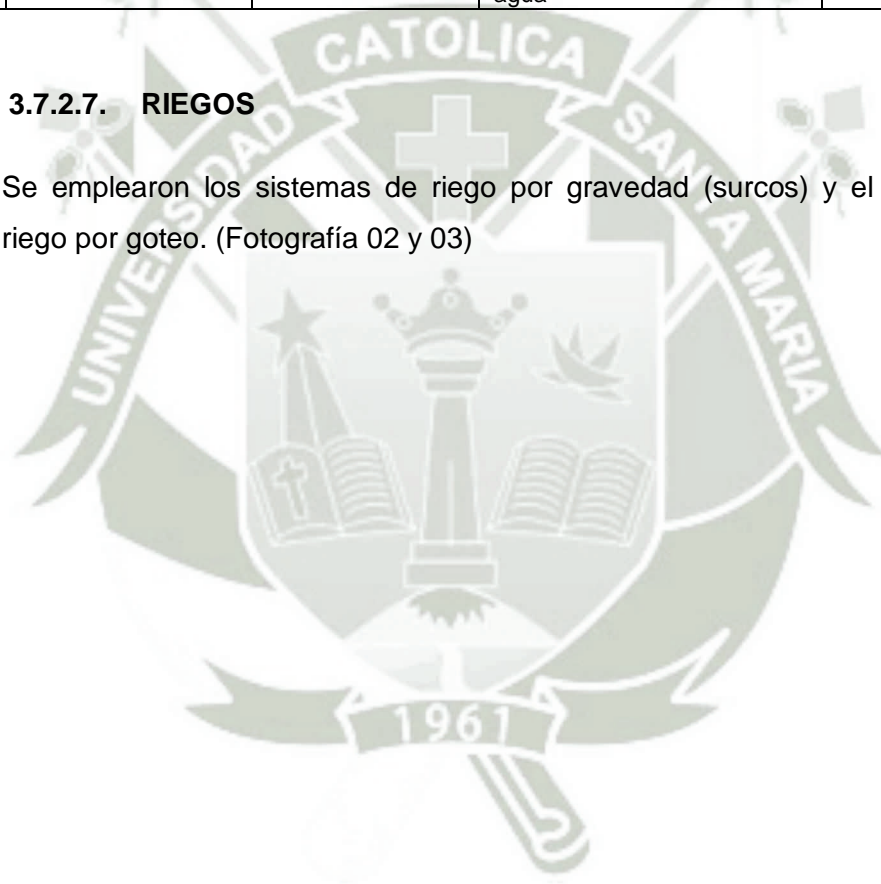
Nombre científico	Nombre común	Estado que causa daño	Tipo de daño	Órgano atacado	Categoría
<i>Eurysacca quinoae</i>	"Kcona Kcona"	Larvas	Moledor de grano	Panojas	Clave
<i>Copitarsia turbata</i>	"panojero"	Larvas	Cortadores de plantas	Tallos, panojas	Ocasional
<i>H.S.</i>	"pulguilla saltona"	Adultos	Perforador	Hojas	Potencial
<i>Epitrix sp</i>	"Trips"	Larvas	Perforador	Hojas	Potencial
<i>Rankiniella tuberosi</i>	"pulgón"	Larvas	Perforador	Hojas	Potencial
<i>Myzus persicae</i>		Ninfas y adultos	Pica-chupador	Hojas, panojas	Potencial

Se realizó un control químico natural (biocidas). Se emplearon las siguientes plantas en los biocidas: (Calla, 2012).

Planta	Nombre científico	Partes a utilizar	Preparación, aplicaciones	Efecto
Muña	<i>Mintostachis setosa</i>	Hojas, tallos	Hervir 5 Kg. en 10 l. de agua, dejar en reposo 2 días. Aplicar 5 l. en 15 l. de agua	Insecticida Repelente
Tarwi	<i>Lupinus mutabilis</i>	Semilla	Hervir 1 Kg. en 5 l. de agua por 1 hora y aplicar.	Insecticida Repelente
Ajenjo	<i>Artemisa sp.</i>	Hojas, tallos	Hervir 5 Kg en 10 l. de agua, reposar por 2 días y aplicar 5 l. del preparado en 15 l. de agua	Insecticida repelente

3.7.2.7. RIEGOS

Se emplearon los sistemas de riego por gravedad (surcos) y el sistema de riego por goteo. (Fotografía 02 y 03)





FOTOGRAFIA 02

Riego por surcos en quinua



FOTOGRAFIA 03

Riego por goteo en quinua

Las dosis en Riego por goteo, se calcularon empleando el Método del Tanque de evaporación Clase “A”, (AUTODEMA, 2005). Para el riego por gravedad, el cálculo de las necesidades de agua se hizo edafológicamente a través de las constantes hídricas del suelo (AUTODEMA, 1990).

3.7.2.8. COSECHA

La quinua se cosechó cuando los granos adquirieron una consistencia que resistió a la presión de las uñas. Fue manual al inicio para el desbroce con una hoz, después se procedió al emparvado por un periodo de 10 días y luego se realizó la trilla. Se procedió al venteado, el perlado y secado correspondiente.

3.8. COMPONENTES EN ESTUDIO

3.8.1. QUINUA VARIEDAD REAL K’ELLA

Se siembra ampliamente en el Altiplano Central y Sur de Oruro (Bolivia), resiste bien a las heladas y pese a ser susceptible al mildiu, aún en ataques severos, sobre todo en el Altiplano central, alcanza excelentes rendimientos. Su máximo rendimiento se da en el Altiplano sur, donde se siembra tanto en planicie como en ladera. Morfológicamente su inflorescencia (panoja) de forma amarantiforme y densidad compacta típica de las variedades reales y su alto rendimiento de grano grande, son sus principales cualidades. El color del grano es blanco, forma cónica, tamaño de 2.2 - 2.8 mm. Crece entre 2 500 – 4 000 msnm., con precipitación de 150 y 300 mm/año, con temperatura media entre 5°C. y 14 °C. y un rendimiento entre 1 000 y 1 500 Kg./ha. (Fundación PROINPA, 2013).

3.8.2. SISTEMAS DE RIEGO

3.8.2.1. SISTEMA DE RIEGO GRAVITACIONAL POR SURCOS

El método de riego por surcos consiste en aplicar el agua superficialmente, a

través de pequeños canales (surcos), haciéndola correr desde el extremo inicial (Cabecera) del surco hasta su extremo final, siguiendo una determinada pendiente. El agua se infiltra en el suelo desde el fondo y de los lados de los surcos, llegando hasta la zona de raíces de los cultivos (Santayana, et al., 2000).

3.8.2.2. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

El flujo de agua y su distribución en el suelo difieren de lo que se obtiene con los demás métodos de riego. El agua se aplica desde una fuente puntual o una fuente lineal. La aplicación puntual se obtiene con goteros individuales, cada uno de los cuales moja un volumen discreto del suelo. La aplicación lineal, es resultado de la disposición de goteros, cercanos los unos a los otros, de tal forma que el volumen mojado por goteros adyacentes solapa, con lo cual se forma una franja mojada continua, (Sneh, 2006).

3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con dos tratamientos y tres repeticiones haciendo un total de seis unidades experimentales.

Clave	Tratamientos
T1	Sistema de riego por goteo
T2	Sistema gravitacional de riego por surco

CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Área de la unidad experimental

Número de unidades experimentales: 6

Ancho: 3.00 m.

Largo: 3.60 m.

Superficie del área: 10.80 m²

Área total neta de cada bloque

Numero de bloques: 3

Largo de bloques: 7.20 m.

Ancho de bloque: 3.00 m.

Área total de bloque: 21.60 m²

Área experimental total

Largo de campo: 7.20 m.

Ancho del campo: 9.00 m.

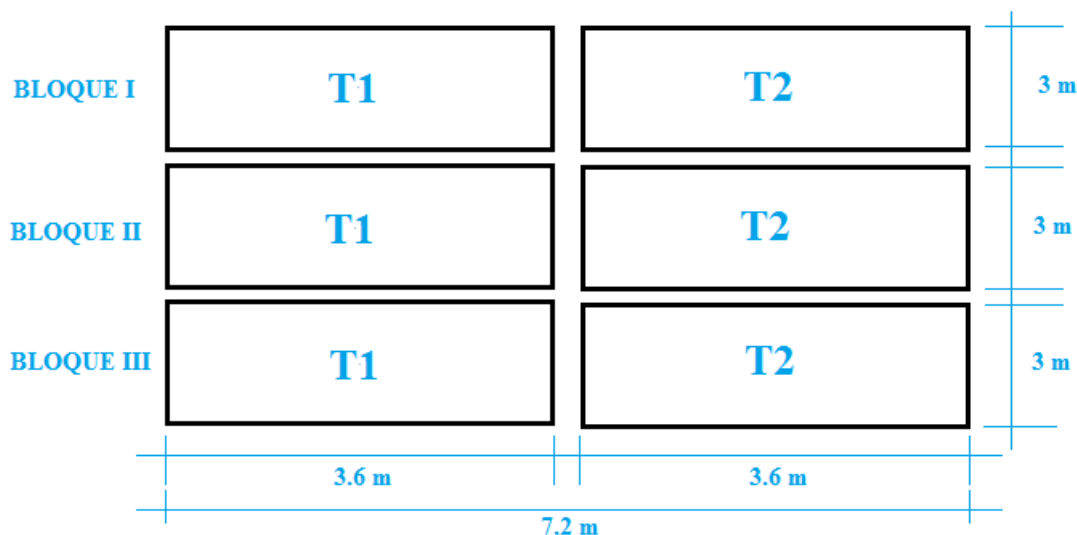
Área experimental: 64.80 m²

3.10 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

T1 = Sistema de riego gravitacional con surcos

T2 = Riego por goteo

3.11. CROQUIS EXPERIMENTAL



3.12. EVALUACIONES REALIZADAS

3.12.1. PROFUNDIDAD DE RAÍZ

Se tomó al finalizar el estudio, midiendo el largo de la raíz en cm. Se realizó las mediciones del surco central de cada unidad experimental y se tomó el promedio de

los datos obtenidos. Las mediciones de la profundidad de raíz en el surco central y en forma de "X" de cada unidad experimental, tomando el promedio de los datos obtenidos. Los valores se expresan en cm.

3.12.2. ANCHO RADICULAR

Se evaluó al término del estudio, midiendo el ancho de la raíz en cm. Se hizo las mediciones del surco central de cada unidad experimental y se tomó el promedio de los datos obtenidos. Las mediciones del ancho de raíz fueron en el surco central y en forma de "X" de cada unidad experimental, tomando el promedio de los datos obtenidos. Las unidades se expresan en cm.

3.12.3. ALTURA DE PLANTAS

Se tomó la altura de plantas a 45 dds y al momento de la cosecha. Se midió la altura plantas desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja, en 10 plantas seleccionadas al azar. Las unidades se expresan en cm. (Fotografía 04)



FOTOGRAFIA 04

Altura de plantas de quinua

3.12.4. ANCHO DE PANOJA

Se evaluó el ancho de panoja, con la ayuda de una cinta métrica (Fotografía 05).
Los valores se expresan en cm.



FOTOGRAFIA 05

Ancho de panoja de quinua

3.12.5. DIAMETRO PANOJA

Se midió el diámetro de panoja en los dos tratamientos con la ayuda de una cinta métrica. (Fotografía 06). Los valores se expresan en cm.



FOTOGRAFIA 06

Diámetro de panoja de quinua

3.12.6. CALCULO DE LOS VOLUMENES DE AGUA DE RIEGO

3.12.6.1. RIEGO POR GRAVEDAD

Se tomó en cuenta la siguiente expresión matemática: (AUTODEMA, 1990).
(Ver Cuadro 12)

$$\text{H.F.D.} = n (\text{CC-PMP}) \times G_a \times Pr$$

Dónde :

- H.F.D. = Humedad fácilmente disponible (cm).
- n = 0.40
- CC = Capacidad de Campo 18.1%
- PMP = Punto de Marchitez Permanente 6.8 %
- Ga. = Gravedad específica aparente (1.3)
- Pr = Profundidad de raíces (pelos absorbentes) en cm.

Luego la siguiente expresión: (AUTODEMA, 1990)

$$ETC = ETP \times Kc$$

Dónde:

ETC = Evapotranspiración del cultivo o real en mm/día, es la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos.

$$ETP = E \times Kt$$

Dónde:

ETP = Es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua (mm/día).

E = Evaporación del Tanque Clase "A" en mm/día, representa el valor medio diario del periodo considerado.

Kt = Coeficiente del tanque que varía con el clima de la región, tipo de tanque y del medio que circunda la misma. Se asume un valor de 0.70

Finalmente:

Kc = Coeficiente del cultivo en función de la fase de su periodo vegetativo, (Fase inicial, fase de desarrollo, fase de media estación y fase de última estación) ((AUTODEMA, 1990).

3.12.6.2. RIEGO POR GOTEO

Se tomó en cuenta los siguientes criterios:

a) Cálculo de la Evapotranspiración potencial (ETP)

$$ETP = E \times Kt$$

Dónde:

ETP = Evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (mm/día)

E = Evaporación medida en Tanque Clase "A" en mm/día.

Kt = Coeficiente del Tanque Clase "A" (Se asume $Kt=0.70$ (Pérez, 2015)).

b) Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo (ETC)

$$ETC = ETP \times Kc$$

Dónde:

ETC = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETP = Evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo (Pérez, 2015).

c) Cálculo de las Necesidades Netas (Nn) ó Lámina neta

Se aplica la siguiente relación:

$$Nn = ETC - Pe - Gw - \Delta w$$

Dónde:

Nn = Necesidades netas del cultivo en mm/día

ETC = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

Pe = Precipitación efectiva en mm/día

Gw = Aporte capilar por efecto del nivel freático en mm/día

Δw = Cambio de almacenamiento de agua del suelo en mm/día.

Es necesario anotar que de acuerdo a las condiciones y en la época que se realizó el estudio, la precipitación efectiva (Pe) es igual a 0, el aporte capilar (Gw), no es importante y es 0, por cuanto el nivel freático está muy profundo y es 0, finalmente el cambio de almacenamiento de agua del suelo (Δw) no se toma en cuenta, por cuanto el sistema de

riego por goteo, es de alta frecuencia, en donde la aplicación del agua es diaria, por lo tanto, el bulbo húmedo siempre está a CC, por lo que: (Pérez, 2015)

$N_n = ETC$

$N_n = \text{Necesidades netas del cultivo (mm/día)}$

$ETC = \text{Evapotranspiración del cultivo (mm/día), (Pérez, 2015).}$

d) Cálculo de las Necesidades de lavado (NL)

Se emplea la siguiente expresión:

$$NL = CE_i / 2 CE_{e\max}$$

Dónde:

$NL = \text{Necesidades de lavado (\%)}$

$CE_i = \text{Conductividad del agua de riego (dS/m)}$

$CE_{e\max} = \text{Conductividad eléctrica tolerables del extracto de saturación del suelo que no ocasiona merma en los rendimientos del cultivo y que se impone como objetivo en el lavado (dS/m).}$

Se ha asumido que el contenido de sales es ligera, con valores de 0 – 2 mmhos/cm, le corresponde un Factor de Lavado de 10%, (Pérez, 2015).

e) Cálculo de la eficiencia de aplicación (Ea)

Expresa la relación entre el agua almacenada en la zona de raíces y el agua aplicada.

Para climas cálidos se tiene los siguientes valores:(Pérez, 2015).

Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Gravosa	Arenosa	Media	Fina
Menos de 0.75 m	0.85	0.90	0.95	0.95
0.75 a 1.50 m.	0.90	0.90	0.95	1.00
Mas de 1.50 m.	0.95	0.95	1.00	1.00

f) Cálculo del Coeficiente de Uniformidad (CU)

Se aplica la siguiente expresión:

$$CU = Q25 / Qn$$

Donde:

Q25 = Caudal medio de los goteros que constituyen el 25% del caudal más bajo.

Qn = Caudal medio de todos los goteros

Tener en cuenta los valores recomendados del CU:

91% - 100%	Excelente
81% - 90%	Bueno
71% - 89%	Aceptable
Menor al 70%	Inaceptable (Pérez, 2015).

g) Cálculo de las Necesidades Totales (Lámina total LT ó Lámina de riego LR).

Se utiliza la siguiente expresión:

$$LR = ETC / (1 - K) \times CU$$

Donde:

LR = Lámina de riego mm/día

ETC = Evapotranspiración del cultivo mm/día

K = (1 - Ea), en el caso de pérdidas

K = NL , en el caso de lavado (Pérez, 2015).

h) Cálculo del Tiempo de riego (TR)

De acuerdo a la siguiente expresión:

$$TR = LR / pp$$

Donde

TR = Tiempo de riego en horas

LR = Necesidades totales o Lámina de riego (mm)

Pp = Precipitación de goteros mm/hora

$$Pp = Qg / Sg \times SI$$

Donde:

Pp = Precipitación mm/hora

Qg = Descarga de goteros l/hora

Sg = Distanciamiento de goteros m.

SI= Distanciamiento ente líneas de riego m. (Pérez, 2015).

3.12.6. EFICIENCIA DE USO DE AGUA (Kg/ m3)

Se entiende por Eficiencia de uso de agua EUA al rendimiento de granos de quinua obtenidos por cada metro cubico de agua aplicado

$$EUA \text{ (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Rendimiento de granos de quinua} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Ha}}\right)}{\text{Vol. de Agua Aplicado} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Ha}}\right)}$$

3.12.7. RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA

Se pesó el total de kg obtenidos en ambos riegos según repetición, para así poder obtener el total de kg. Esta evaluación se realizó en kg el día de la cosecha, se consideró el producto final cosechado.

$$\text{Rdto (Kg/ha)} = \frac{\text{Peso x Parcela (Kg)}}{\text{Area de la parcela (m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

3.13. ANALISIS ECONOMICO

Se efectuó el Análisis económico del cultivo de quinua, bajo los sistemas de riego por Gravedad y Riego por Goteo.

3.14. PROCESAMIENTOS DE DATOS

El Análisis de Varianza (ANVA) se efectuó tomando como base los resultados obtenidos de profundidad de raíces (cm), ancho radicular (cm), altura de planta (cm), longitud de panoja (cm), ancho de panoja (cm), volúmenes de agua en riego por gravedad y en riego por goteo (m³/ha), eficiencia del uso de agua en riego por gravedad y riego por goteo (Kg x ha / m³ x ha) y rendimiento de grano (Kg/ha). La prueba estadística empleada fue la de "F" y los valores calculados se compararon con el de las Tablas respectivas al nivel de 5% de probabilidades; para comparar los promedios de tratamientos que resultaran significativos, se empleó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan a un nivel de 0.05, según sea el caso.



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROFUNDIDAD DE RAÍCES (cm.).

En el Anexo 01 se observa que la mayor profundidad de raíces se presenta en el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 27.39 cm. y el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 25.39 cm. En el Anexo 02 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 1.75 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 05 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por gravedad con raíces de 27.39 cm. de longitud.

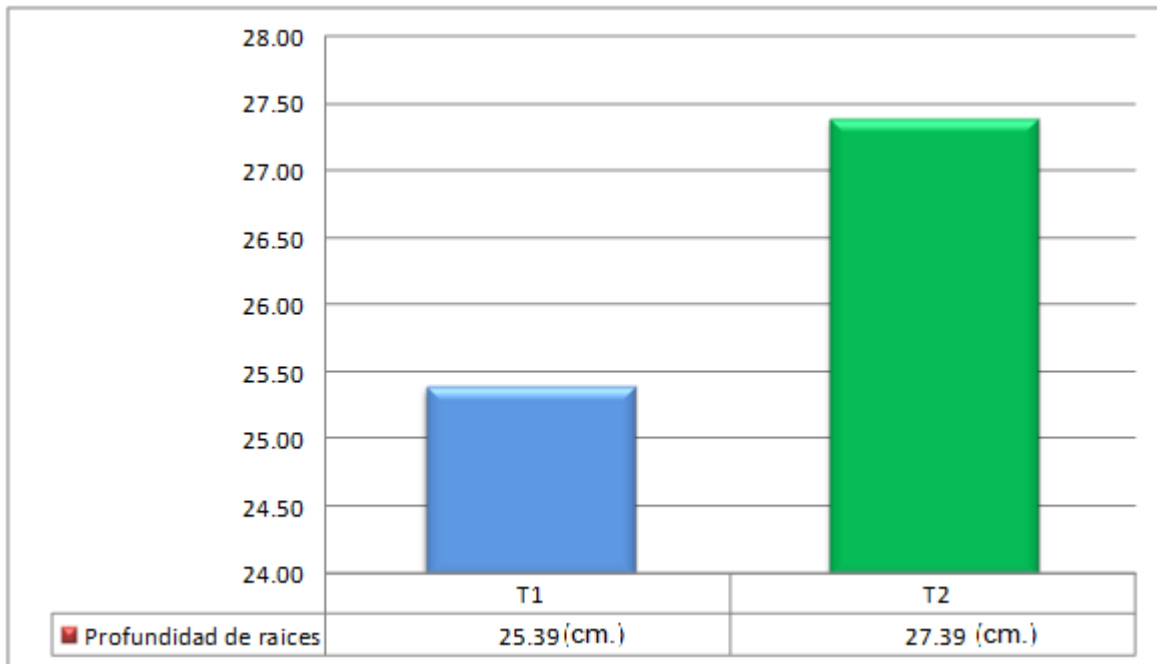
En el Gráfico 01 se muestra la representación gráfica

CUADRO 05 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* L.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Profundidad de raíces (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo(T1)	25.39	a
2	Riego Gravedad (T2)	27.39	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística

GRAFICO 02 Profundidad de raíces (cm.) en plantas de quinua (*Chenopodium quinoa L.*)



4.2. DESARROLLO RADICULAR (cm.)

En el Anexo 03 se observa que el mayor desarrollo radicular se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 27.29 cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 18.16 cm. En el Anexo 04 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 0.98 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 06 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con raíces laterales de 27.29 cm. de longitud.

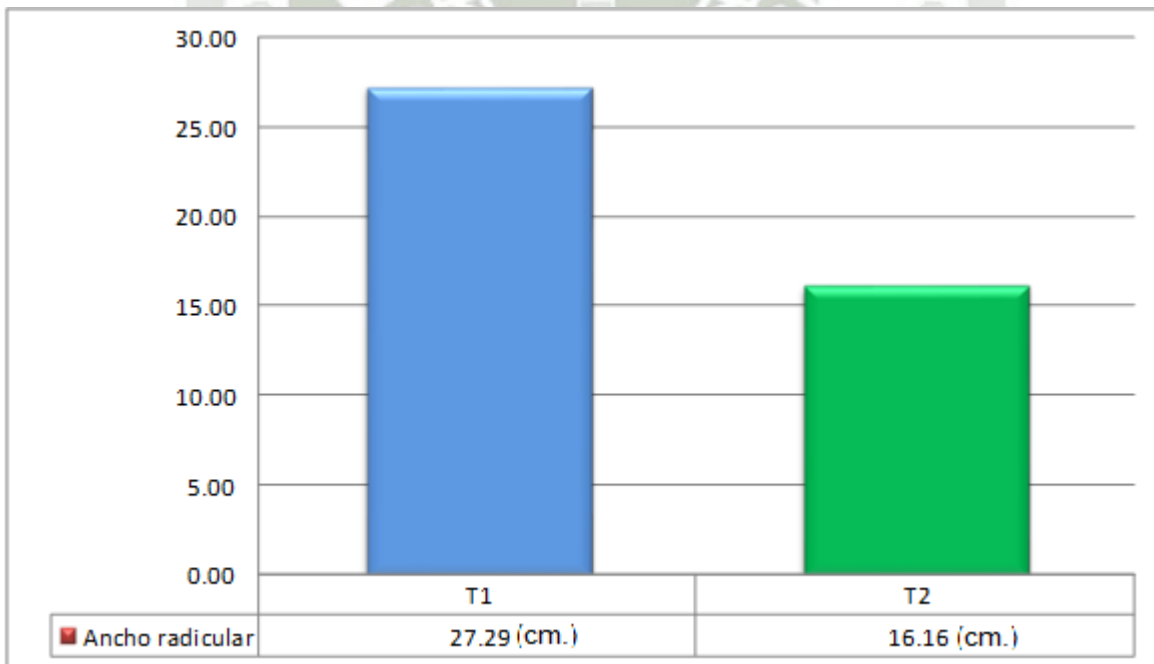
En el Gráfico 02 se muestra la representación gráfica

CUADRO 06 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* L.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Desarrollo de raíces (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	27.29	a
2	Riego Gravedad (T2)	16.16	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística

GRAFICO 03 Ancho del desarrollo radicular en plantas de quinua en cm (*Chenopodium quinoa* L.)



4.3. ALTURA DE PLANTAS (cm.) A 45 DDS.

En el Anexo 05 se observa que la mayor altura de plantas a los 45 dds. se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 13.39 cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 11.56 cm. En el Anexo 06 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 1.75 %, que indica que los valores

obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 07 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con altura de plantas de 13.39 cm. de altura.

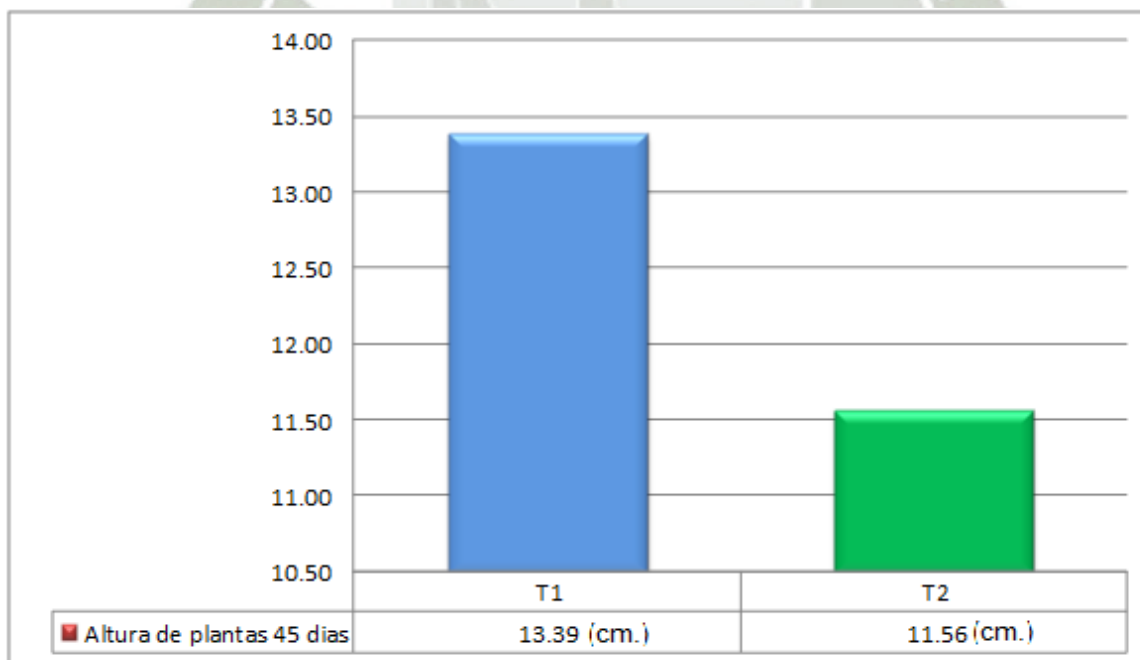
En el Gráfico 03 se muestra la representación gráfica

CUADRO 07 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de plantas a 45 dds en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* L.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Altura de plantas 45 d.d.s. (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	13.39	a
2	Riego Gravedad (T2)	11.56	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística.

GRAFICO 04 Altura de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* L.) a 45 dds.



4.4. ALTURA DE PLANTAS (cm.).

En el Anexo 07 se observa que la mayor altura de plantas a la cosecha se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 111.01 cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 82.41 cm. En el Anexo 07 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 0.59 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 08 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con altura de plantas a la cosecha es de 101.01 cm.

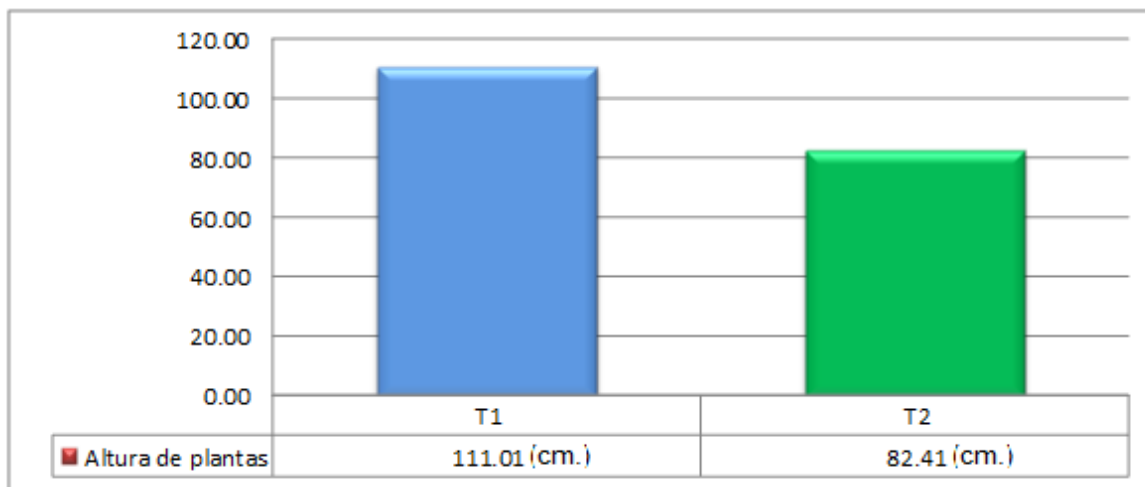
En el Gráfico 04 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 08 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Altura plantas cosecha. (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	111.01	a
2	Riego Gravedad (T2)	82.41	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística.

GRAFICO 05 Altura de plantas de quinua en cm. (*Chenopodium quinoa Willd.*) en cosecha.



4.5. ANCHO DE PANOJA (cm.).

En el Anexo 09 se observa que el mayor ancho de panoja en plantas de quinua se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 16.30 cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 8.02 cm. En el Anexo 10 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 8.14 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 09 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con ancho de panoja de 16.30 cm.

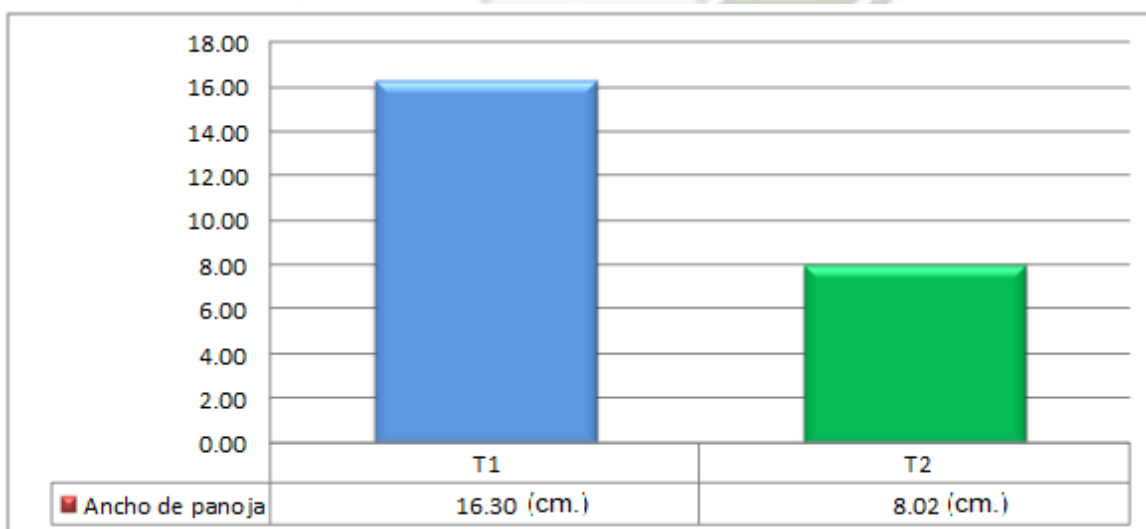
En el Gráfico 05 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 09 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Ancho de panoja (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	16.30	a
2	Riego Gravedad (T2)	8.02	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística.

GRAFICO 06 Ancho de panoja en plantas de quinua en cm. (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cosecha.



4.6. DIAMETRO DE PANOJA (cm.)

En el Anexo 11 se observa que el mayor diámetro de panoja en plantas de quinua se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 34.67 cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 21.57 cm. En el Anexo 12 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 2.69 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 09 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con diámetro de panoja de 34.67 cm.

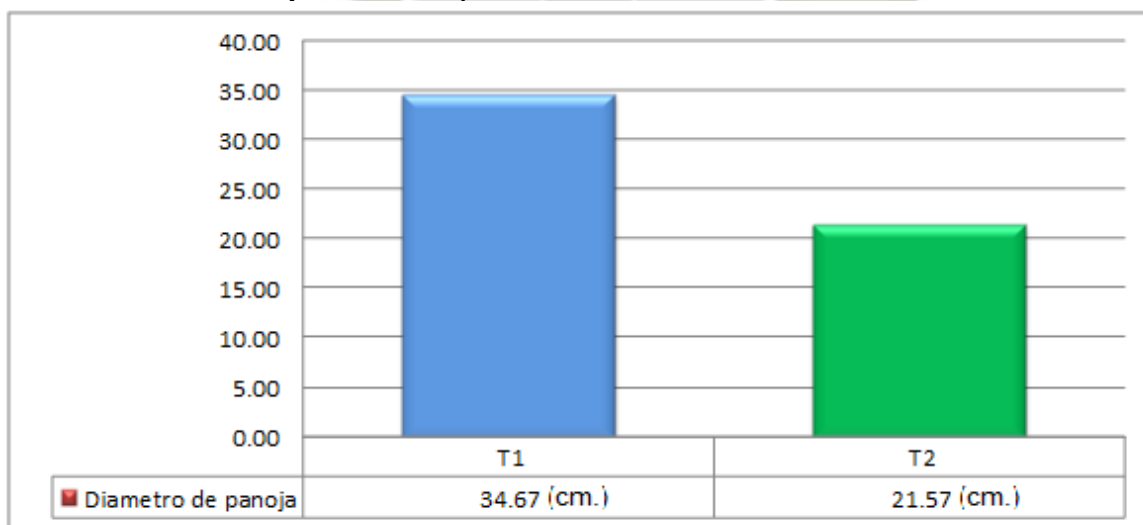
En el Gráfico 06 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 10 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Diámetro de panoja (cm)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	34.67	a
2	Riego Gravedad (T2)	21.57	b

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística

GRAFICO 07 Diámetro de panoja en plantas de quinua en cm. (*Chenopodium quinoa* Willd.)



4.7. RENDIMIENTO EN GRANO (Kg/Ha)

En el Anexo 13 se observa que el mayor Rendimiento en grano en plantas de quinua se presenta en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 1056.00 Kg/ha cm. y el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) con 420.00 Kg/ha. En el Anexo 14 se muestra el Análisis de Varianza (ANVA) para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que hay diferencia significativa entre Tratamientos. El Coeficiente de Variabilidad (CV) es de 4.84 %, que indica que los valores obtenidos en campo son válidos. En el Cuadro 11 se presenta la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para un nivel de significación de 0.05, donde se observa que sobresale el Sistema de Riego por goteo con Rendimiento en grano de quinua de 1056.00 Kg/ha.

En el Gráfico 07 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 11 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Rendimiento en grano (Kg/ha) en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Orden	Tratamiento	Rendimiento en grano (Kg/ha)	Significación $\alpha = 0.05$
1	Riego por Goteo (T1)	1056.00	A
2	Riego Gravedad (T2)	420.00	B

Nota: Letras iguales indican que no hay significación estadística

4.8. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD Y RIEGO POR GOTEO

4.8.1. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD

En el Cuadro 12 se muestra los volúmenes de agua de riego aplicados al cultivo de avena, que fueron calculados en Base a Constantes hídricas del suelo y a la Gravedad específica aparente del suelo, que fue desarrollado por (AUTODEMA, 1990). El volumen de agua para toda la campaña asciende a 19218.682.63 m³/ha.

CUADRO 12

Volúmenes de agua calculados en Riego por Gravedad en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa

Estado de Desarrollo del cultivo	Duración del estado Desde Hasta	Periodo Vegetativo	Capacidad De campo	Punto de marchitez	Prof. raíz cm.	Coefficiente de agotamien.	D.a.	Humedad Aprovech.	Kc	Lámina de riego mm/día	Volumen de riego m3/ha
Cuatro hojas (30 días)	09.04.15-9.05.15	30 días	18.1 %	6.8%	4.00 cm	0.40	1.30	0.2350	0.58	0.13630	40.890
Inicio panojamiento(30días)	10.05.15-8.06.15	30 días	18.1%	6.8%	4.00 cm	0.40	1.30	0.2350	0.63	0.14805	44.415
Panojamiento (70 días)	09.06.15-18.06.15	10 días	18.1%	6.8%	21.80 cm	0.40	1.30	1.2809	0.73	0.93506	93.506
Inicio de floración (80 días)	19.06.15-28.06.15	10 días	18.1%	6.8%	21.80 cm	0.40	1.30	1.2809	0.90	1.15281	115.281
Floración o antesis(100 días)	29.06.15-18.07.15	20 días	18.1%	6.8%	26.00 cm	0.40	1.30	1.5278	1.01	1.543078	308.6156
Inicio de grano L. (130 días)	19.07.15-17.08.15	30 días	18.1%	6.8%	26.00 cm	0.40	1.30	1.5278	1.14	1.741692	522.5076
Fin de grano L. (160 días)	18.08.15-16.09.15	30 días	18.1%	6.8%	27.39 cm	0.40	1.30	1.6094	1	1.60940	482.820
Grano pastoso (185 días)	17.09.15-12.10.15	25 días	18.1%	6.8%	27.39 cm	0.40	1.30	1.6094	0.78	1.25533	3138.33
185 días										Eficie. Aplic.	19218.682 60% 32031.137

FUENTE: Elaboración propia

Nota: La Eficiencia de Aplicación es la sugerida por Santayana, S. (2003)

4.8.2. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GOTEO

En el Cuadro 13 se muestra los volúmenes de agua de riego aplicados al cultivo de quinua, que fueron calculados en Base al Método del Tanque Clase “A”. El volumen de agua para toda la campaña asciende a 7327.147m³/ha.

CUADRO 13 Volúmenes de agua en Riego por Goteo en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa

Etapa de desarrollo	Duración del estado vegetativo	Periodo Vegetat	Evapor. mm/día	Coefficient Tanq. Kt	Evaporación potencial (ETP)	Coefficiente de cultivo (Kc)	Evapotransp. real o de cultivo (ETC) mm/día	Evapotransp. real o de cultivo (ETC) mm/periodo	Lamina de riego (LR) mm/periodo	Volumen de agua en m ³ /ha/campaña
Cuatro hojas (30 d.)	09.04.15-09.05.15	30 días	4.6	0.70	3.22	0.58	1.8676	56.028	69.1704	691.704
Inicio panojamiento(60d.)	10.05.15-08.06.15	30 días	4.9	0.70	3.43	0.63	2.1609	64.827	80.0333	800.333
Panojamiento (70 d.)	09.06.15 18.06.15	10 días	4.9	0.70	3.43	0.73	2.5039	25.039	30.912	309.12
Inicio de floración (80 d.)	19.06 15-28.06.15	10 días	5.9	0.70	4.13	0.90	3.717	37.17	45.889	458.89
Floración antesis(100 d.)	29.06.15 18.07.15	20 días	5.9	0.70	4.13	1.01	4.1713	83.426	102.99	1029.9
Inicio de grano L. (130 d.)	19.07.15 17.08.15	30 días	4.6	0.70	3.22	1.14	3.6708	110.124	135.955	1359.55
Fin de grano L. (160 días)	18.08.15 16.09.15	30 días	6.1	0.70	4.27	1	4.27	128.1	158.148	1581.48
Grano pastoso (185 días)	17.09.15 12.10.15	25 días	6.5	0.70	4.55	0.78	3.549	88.725	109.537	1095.37
										7327.147

FUENTE: Elaboración propia **Nota:** La Eficiencia de Aplicación es la sugerida por Pérez, A. (2015).

4.9. EFICIENCIA DE USO DE AGUA

En el Cuadro 14 se muestra la Eficiencia del Uso de agua (E:U:A), que relaciona los rendimientos obtenidos entre los volúmenes de agua aplicados. En riego por goteo la E.U.A de agua fue de 0.14 Kg/m³ y en riego por gravedad fue de 0.10 Kg/m³.

CUADRO 14 Eficiencia del Uso de agua en riego por gravedad y Riego por Goteo en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Tratamientos	Rendimiento de granos Kg/ha	Volúmenes de agua m ³ /ha	E.U.A. Kg/m ³
Riego por Goteo (T1)	1056.00	7327.147	0.14
Riego por gravedad (T2)	420.00	19218.682	0.02

Fuente: Elaboración propia

4.10. COSTOS DE PRODUCCION

4.9.1. COSTOS DE PRODUCCION EN RIEGO POR GRAVEDAD

En el Cuadro 15, se muestra el Análisis económico para la quinua bajo el Riego por Gravedad, donde se observa una rentabilidad de -0.46 y una Relación Beneficio/Costo de 0.51

CUADRO 15 Análisis Económico del Cultivo de quinua bajo Riego por Gravedad en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Costos	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Sub Total	Total
A.COSTOS DIRECTOS					S/ 6 496.09
Mano de obra					
1.Preparación del terreno					
-Riego de machaco	J.H.	2	50.00	100.00	400.00
-Cuspa, junta y quema rastrojo	J.H.	2	50.00	100.00	
-Cantoneo	J.H.	2	50.00	100.00	
-Tomeo, arreglo bordos, surcos	J.H.	2	50.00	100.00	
2. Siembra					300.00
-Siembra	J.H.	6	50.00	300.00	
3. Labores culturales					1 100.00
-Aplicación de abonos	J.H.	2	50.00	100.00	
-Aplicación de biocidas	J.H.	6	50.00	300.00	
-Riegos	J.H.	6	50.00	300.00	
-Deshierbos	J.H.	2	50.00	100.00	
- Aporque	J.H.	3	50.00	150.00	
-Raleo	J.H.	3	50.00	150.00	
4. Cosecha					440.00
-Siega y emparvado	J.H.	2	50.00	100.00	
-Trilla	J.H.	1	50.00	50.00	
-Alquiler trilladora	Hr.máq.	1	90.00	90.00	
-Venteo y limpieza	J.H.	1	50.00	50.00	
-Ensacado, pesado y almacenado	J.H.	2	50.00	100.00	
-Guardianía	J.H.	1	50.00	50.00	
Maquinaria e,implem. agrícolas.					490.00
-Tractor + rígidos	Hr.maq.	2	70.00	140.00	
-Tractor + rastra	Hr. máq.	1	70.00	70.00	
-Tractor + discos	Hr. máq.	1	70.00	70.00	
-Tractor + rígidos + riel	Hr. máq.	1	70.00	70.00	

-Tractor + surcadora	Hr. máq.	2	70.00	140.00	
Insumos					
-Semilla	Kg.	10	15.00	150.00	3 670.00
-Estiercol	Kg.	10 000	0.10	1 000.00	
-Guano de islas	Kg.	1 000	1.20	1 200.00	
-Humus de lombriz	Kg.	2 000	0.60	1 200.00	
-Biocidas	l.	100	0.20	20.00	
-Biol	l.	200	0.50	100.00	
Agua					96.093
Canon agua	m3	19218.682	0.02	96.093	

B. COSTOS INDIRECTOS		
-Imprevistos	2% de costos directos	S/. 133.01
-Gastos administrativos	3% de costos directos	S/. 220.69
-Asistencia técnica	1% de costos directos	S/. 66.51
-Intereses bancarios*	14% en 6 meses	S/. 931.10
*Tasa compensatoria efectiva Semestral		
Total Costos Indirectos		S/1 351.30

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL CULTIVO

1. Valor de la cosecha

Rendimiento obtenido Kg/ha	S/.	420.00
Precio en chacra promedio de venta S/./Kg	S/.	10.00
Valor bruto de la producción (VBP)	S/.	4 200.00

2. Análisis de Rentabilidad

Costo directo	(CD)	6 496.09
Costo indirecto	(CI)	1 351.30
Costo total de la producción	(CT)	7846.39
Rendimiento obtenido	(Kg/ha)	420.00
Precio de venta	(S/./Kg)	10.00
Ingreso Total	(IT)	4 200.00
Ingreso bruto	(IB=IT-CD)	- 2 296.09
Ingreso neto	(IN=IT-CT)	- 3 646.39
Rentabilidad neta	(RN=IN/CT)	- 0.46

Beneficio/Costo

(B/C=IT/CT)

0.53

4.9.1. COSTOS DE PRODUCCION EN RIEGO POR GOTEO

En el Cuadro 16, se muestra el Análisis económico para la quinua bajo el Riego por Goteo, donde se observa una rentabilidad de 0.14 y una Relación Beneficio/Costo de 1.14

CUADRO 16 Análisis Económico del Cultivo de quinua bajo Riego por Goteo en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Costos	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Sub Total	Total
A.COSTOS DIRECTOS					S/ 6 936.60
Mano de obra					400.00
1.Preparación del terreno					
-Riego de machaco	J.H.	2	50.00	100.00	
-Cuspa, junta y quema rastrojo	J.H.	2	50.00	100.00	
-Cantoneo	J.H.	2	50.00	100.00	
-Tendido de cintas	J.H.	2	50.00	100.00	
2. Siembra					
-Siembra	J.H.	6	50.00	300.00	300.00
3. Labores culturales					750.00
-Aplicación de abonos	J.H.	2	50.00	100.00	
-Aplicación de biocidas	J.H.	6	50.00	300.00	
-Riegos	J.H.	2	50.00	100.00	
-Deshierbos	J.H.	2	50.00	100.00	
-Raleo	J.H.	3	50.00	150.00	
4. Cosecha					
-Siega y emparvado	J.H.	4	50.00	200.00	730.00
-Trilla	J.H.	2	50.00	100.00	
-Alquiler trilladora	J.H.	2	50.00	100.00	
-Venteo y limpieza	Hr.máq.	2	90.00	180.00	

-Ensayado, pesado y almacenado	J.H.	2	50.00	100.00	
-Guardianía	J.H.	1	50.00	50.00	
	.				
Maquinaria e,implem.agrícolas.					450.00
-Tractor + rígidos					
-Tractor + rastra	Hr.maq.	2	70.00	140.00	
-Tractor + discos	Hr. máq.	1	70.00	70.00	
-Tractor + rígidos + riel	Hr. máq.	1	70.00	70.00	
-Alquiler "Cabezal" de riego	Hr. máq.	1	70.00	70.00	
	Unidad	1	100.00	100.00	
	.				
Insumos					
-Semilla					4 270.00
-Estiercol	Kg.	10	15.00	150.00	
-Guano de islas	Kg.	10 000	0.10	1 000.00	
-Humus de lombriz	Kg.	1 000	1.20	1 200.00	
-Biocidas	Kg.	2 000	0.60	1 200.00	
-Biol	l.	100	0.20	20.00	
-Cinta de riego (4campañas)	l.	200	0.50	100.00	
	m.	6 600	0.40	600.00	
Agua					36.6
Canon agua	m3	7327.147	0.02	36.6	

B. COSTOS INDIRECTOS		
-Imprevistos	2% de costos directos	S/. 137.40
-Gastos administrativos	3% de costos directos	S/. 206.10
-Asistencia técnica	1% de costos directos	S/. 68.70
-Intereses bancarios*	14% en 6 meses	S/. 962.19
*Tasa compensatoria efectiva Semestral		
Total Costos Indirectos		S/. 2 374.40

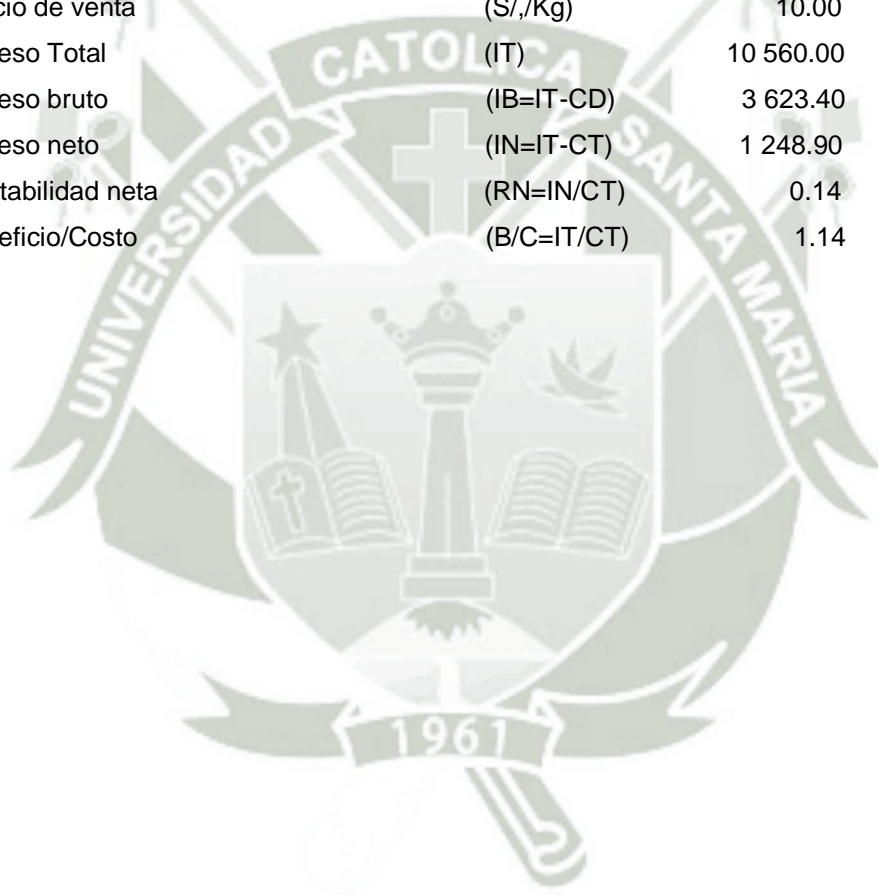
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL CULTIVO

1. Valor de la cosecha

Rendimiento obtenido Kg/ha	S/.	1 056.00
Precio en chacra promedio de venta S./Kg	S/.	10.00
Valor bruto de la producción (VBP)	S/.	10 560.00

2. Análisis de Rentabilidad

Costo directo	(CD)	S/: 6 936.60
Costo indirecto	(CI)	2 374.40
Costo total de la producción	(CT)	9 311.1
Rendimiento obtenido	(Kg/ha)	10 560.00
Precio de venta	(S./Kg)	10.00
Ingreso Total	(IT)	10 560.00
Ingreso bruto	(IB=IT-CD)	3 623.40
Ingreso neto	(IN=IT-CT)	1 248.90
Rentabilidad neta	(RN=IN/CT)	0.14
Beneficio/Costo	(B/C=IT/CT)	1.14



CAPITULO V

DISCUSION

5.1. PROFUNDIDAD DE RAÍCES (cm.)

Significativamente sobresalió el Tratamiento T2 (riego por gravedad), con una longitud de raíces de 27.39 cm. y esto es debido al intervalo de riego de cada 7 días, que hace que las raíces se desarrollen en busca de humedad en el suelo, en cambio en Riego por goteo (T1), con 25.90 cm., el desarrollo es menor, debido a la esencia del sistema, que hace que el suelo permanezca siempre alrededor de Capacidad de Campo, permitiendo que las raíces siempre estén en la capacidad de desarrollarse continuamente alrededor del bulbo humedecido. Gandarillas (2009) manifiesta que la raíz en el cultivo de quinua es pivotante y vigorosa pudiendo alcanzar entre 30 y 60 cm. de longitud. León (2003) indica que 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 30 cm., según el ecotipo, profundidad de suelo y altura de planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias.

5.2. ANCHO RADICULAR (cm.)

El ancho del desarrollo radicular significativamente es mayor en el tratamiento T1 (riego por goteo) con 27.29 cm. y es debido probablemente a que en este sistema, la humedad toma la forma de un bulbo de cebolla, que hace que el frente de humedecimiento sea en forma vertical y horizontal y su magnitud depende del tipo de suelo. Pizarro, (1996), señala que la mayor densidad de raíces no se limita al bulbo húmedo, ya que fuera de él

también existe humedad, sobre todo en climas lluviosos. Además, probablemente fuera del bulbo encuentren un ambiente con menos toxinas y con algunos nutrientes cuya concentración hayan disminuido en el bulbo. En resumen indica el que las plantas utilicen un determinado porcentaje de raíces activas sea el mismo, éste es mucho más elevado por su mayor concentración y que las plantas se desarrollen bien aunque no todo su sistema radicular sea activo.

Sneh (2004), indica que el régimen de riego y la distribución del agua en el suelo afectan el desarrollo del sistema radicular de los cultivos. Cada familia de plantas se caracteriza por la arquitectura de su sistema radicular, consecuencia de sus propiedades genéticas, de las condiciones imperantes en su región de origen y la adaptación del cultivo a las condiciones ambientales locales. El sistema radicular puede ser superficial o profundo, denso, ramificado o ralo, sin que sea posible establecer una relación fija entre éste y los órganos aéreos de la planta. La arquitectura del sistema radicular, conjuntamente con las propiedades del suelo, son factores que se han de tomar en consideración tanto para determinar el espaciamiento entre los goteros como para determinar el régimen de riego. También Sneh (2004) señala que pequeñas y frecuentes aplicaciones de agua tendrán como consecuencia el desarrollo de un sistema radicular superficial y compacto. Esto hace que los cultivos estén más expuestos a sufrir de estrés hídrico, sobre todo durante olas de calor. Mientras mayor es el área foliar y más superficial el sistema radicular, mayor es el riesgo de que fuertes vientos desarraiguen al cultivo. Por el contrario, debido a la mejor aireación del cultivo con el riego por goteo, la densidad de las raíces finas es considerablemente mayor que bajo el riego por gravedad.

Gandarillas (2009), indica que en quinua, a partir de unos pocos cm. del cuello empieza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc., de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. Algunas raicillas son excesivamente tenues y largas, como un cabello de más de 5 cm de largo.

5.3. ALTURA DE PLANTAS (cm.)

A los 45 días dds. y en el momento de la cosecha, la mayor altura se registró en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 13.39 cm. y 111.01 cm., respectivamente. Se observa que en las primeras etapas, el crecimiento es acelerado y uniforme en los dos

tratamientos. El crecimiento de las plantas en relación a los resultados obtenidos, se da con el incremento de materia seca, existiendo una relación permanente entre el crecimiento y el tiempo. En un segundo período, se desprende una mayor velocidad de crecimiento, mientras que en un tercer período, se torna lento o se detiene, lo que coincide con lo mencionado por Mujica (1997). Esto es debido a que la planta atiende otras necesidades, como es el llenado del grano. FAO, RLAC,(2000), señala en su estudio que la línea NL-6 de Holanda registró la menor altura de planta con 48 cm, mientras que la línea Ecu-603-1E de Ecuador registró una altura de planta con 155 cm., por encima del obtenido en este estudio con la variedad Real Kella que logró 111.01 cm.. En general el material introducido (Perú, Bolivia, Inglaterra y Dinamarca), no mostró mayor variación en altura en respuesta a los cambios ambientales (suelo, fertilidad) pero por otro lado, el material local mostró mucha variabilidad en altura de planta, en respuesta a las condiciones de suelo y fertilidad. Garate,(2011), señala que para un distanciamiento entre líneas de goteros de 1.50 m. y de 0.20 m. entre plantas, la mayor altura en plantas de quinua Var. Salcedo INIA, es de 1.61 m., y con un distanciamiento de 0.90 m. entre líneas y 0.10 m. entre plantas, el valor es de 1.49 m., lo que se observa que cuando se incrementa la distancia, se reduce la altura de plantas. El Ministerio de Agricultura (2013), INIA, indica que la altura es de 1.64 m. y es erecto el porte de la planta, con la variedad Salcedo INIA., Soldevilla et al (1997), expresa que el cultivar Kancolla, alcanzó 139 cm. de altura y la menor el cultivar G-205—95 con 66 cm. Cuba, (2001), dice que en altura de planta la más alta fue ECU-420 con 130.73 cm. y la de menor altura Huariponcho, de zonas altas del Altiplano con 107.36 cm. Gandarillas (1967) menciona que la variedad Sajama las plantas alcanzan una altura de 1.10 m.

5.4. ANCHO DE PANOJA (cm.)

En ancho de panoja, significativamente sobresalió el Tratamiento T1 (Riego por Goteo) con 16.30 cm. La panoja viene a ser la inflorescencia que 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, (León, 2003). 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 glomerulada, 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, éstas son considerados como compactas, semi compactas o semi laxas y laxas, (León, 2003).

5.5. DIÁMETRO DE PANOJA (cm.)

Estadísticamente destacó el Tratamiento T1 (Riego por Goteo) con 34.67 cm. Con respecto a este parámetro, Mujica (1997), menciona que el diámetro de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de panoja, lugar donde se desarrolla el cultivo, distanciamiento y densidad de siembra, condiciones de fertilidad, interactuando estos factores, hacen variar el diámetro de la panoja. Al respecto, Garate, (2011), señala que para un distanciamiento entre líneas de goteros de 1.50 m. y de 0.20 m. entre plantas, el diámetro es de 19.54 cm., siendo el más alto y con un distanciamiento de 0.90 m. entre líneas y 0.10 m. entre plantas, el valor es de 9.60 cm., siendo el más bajo, lo que se deduce que cuando se incrementa los distanciamientos, aumenta el diámetro de la panoja..Cuba,(2001), señala que los cultivares bolivianos 24(08)3 y 1(80)1, logran el mayor diámetro de panoja con 5.73 cm. y 5.21 cm., los de menor diámetro los cultivares peruanos Huariponcho y 03-08-51 con 4.33 y 4.22 cm.

5.6. RENDIMIENTO EN GRANO (Kg/Ha)

Significativamente los mejores resultados se obtienen con el Tratamiento T1 (Riego por Goteo), con 1056 Kg/ha. Pizarro (1996), indica que el riego localizado incide en el aumento que se consigue en la producción debido a la alta frecuencia. Al mantenerse constantemente en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos. En los sistemas de riego convencionales como gravedad, sin cobertura total, en la práctica se ha recurrido al sistema de turnos de riego, en el cual se riega cada cierto número de días, aplicando una dosis suficiente para cubrir las necesidades del intervalo entre riegos. La fase de infiltración del agua en el suelo ocupa

un tiempo muy reducido en comparación con la fase de redistribución y las propiedades del suelo relacionadas con la retención hídrica cobran mucha importancia, de ahí los conceptos clásicos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, etc, tan empleados en los riegos convencionales. Por otro lado, Mujica (1995) indica que el rendimiento en grano depende no solo de la cantidad de biomasa, sino también de la proporción de ésta destinada a las estructuras reproductivas (Gliford, et al, 1984). Con manejo de alta producción, la densidad necesaria para maximizar es la que garantiza coberturas adecuadas para interceptar al máximo la radiación incidente que determina el rendimiento y máxima partición de materia seca a destinos reproductivos. Ante variaciones de las densidades de plantas, el rendimiento por m² es más estable por su alta plasticidad vegetativa y reproductiva. El aumento o disminución en la cantidad de plantas por unidad de superficie produce disminuciones o aumentos bastante proporcionados en el número de granos por individuo porque el rendimiento no varía mayormente (Carpenter y Board, 1997). Risi y Gatway (1997), mostraron rendimientos crecientes con el incremento de las densidades. Con respecto a rendimientos, es importante destacar que la línea Real de Bolivia registra un rendimiento de 1272 kg/ha, con un período de siembra a la cosecha de 104 días, lo que demuestra su excelente capacidad de formación de grano. Mamani (1995), reporta para la variedad Real de Bolivia 1500 Kg/ha, casi similar al obtenido en este estudio.

Según ONG SOLID (1999), los rendimientos para la Variedad Blanca Junín, con tecnología baja es de 500 a 800 Kg/ha., media de 800 a 1500 Kg/ha. y alta 1500 a 3500 Kg/ha. Para Ministerio de Agricultura, INIA-PUNO, la variedad Salcedo INIA, reporta un rendimiento comercial de 2.5 t/ha. y rendimiento potencial de 4.0 t/ha. Garate, (2011), indica que los mayores rendimientos en la Variedad Salcedo INIA, fue con una separación entre líneas de goteo de 0.90 m. y entre plantas de 0.20 m. con 2 530 kg/ha, y la más baja con un distanciamiento de 0.90 m. entre líneas y 0.10 m. entre plantas con 1 633 Kg/ha., señalando que cuando los distanciamientos disminuyen, aumentan los rendimientos. Aguirre, (2010), con la Variedad Blanca de Juli se alcanzó el mejor rendimiento de grano con 5 228.7 kg/ha, al interactuar con la densidad (133 333 pl/ha) se obtiene 6088.88 kg/ha. Calderón, 2003, obtuvo como resultados que la densidad optima es de 15 plantas /m² con un rendimiento de 4 550.73 kg /ha La variedad Pandela con 3 885 kg/ha en rendimiento. León (2003), señala que Illpa-INIA con panoja glomerulada y un periodo vegetativo de 150 días, el rendimiento promedio fue de 3083 Kg/ha y es resistente a heladas y tolerante al mildiu. Blanca de Juli panoja glomerulada, algo laxa, con un periodo vegetativo de 160 -

170 días, el rendimiento es de 2500 Kg/ha y una tolerancia intermedia al mildiu. Kancolla con panoja glomerulada y un periodo vegetativo de 160 a 180 días el rendimiento es de 3500 Kg/ha, tolerancia intermedia al mildiu y muy atacada por *Eurysacca quinoa* Povof. Chewecca con panoja amarantiforme, con periodo vegetativo de 180 a 190 días alcanza un rendimiento de 3000 kg/ha. Tahuaco con panoja amarantiforme con periodo vegetativo de 180-190 días, su rendimiento es de 3000 Kg/ha. Sajama con panoja glomerulada y 170 días de periodo vegetativo, tiene un rendimiento de 3000 Kg/ha, susceptible al mildiu; finalmente Witulla, con panoja amarantiforme, tiene un rendimiento de 1200 a 1800 Kg/ha.

5.7. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD Y RIEGO POR GOTEO

5.7.1. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD

Para la campaña de quinua empleando el riego por gravedad, se calculó en 19218.682 m³/ha. Este volumen es alto solamente comparado con el cultivo de alfalfa en la Irrigación Majes, donde se ha calculado en 23 652 m³/ha al año, empleando Riego por Aspersión, (Apaza, 2015), comunicación personal. El PSI (Programa Sub sectorial de Irrigaciones, 2005), señala que en alfalfa con riego gravitacional (melgas) emplean 30 000 m³/ha/año y maíz para forraje en dos campañas utilizan 17000 m³/ha empleando riego por gravedad (surcos). Así mismo reporta que para el maíz forrajero en riego por gravedad (surcos), utilizan 8 500 m³/ha/campaña, en cebolla amarilla 8 200 m³/ha/campaña y en ají páprika 10 500 m³/ha.

5.7.2. VOLUMENES DE AGUA EN RIEGO POR GOTEO

En este estudio, para la campaña con riego por goteo, se programó 7327.147 m³/ha., comparado con lo manifestado por Ramos (1995), que utilizó en aspersión 4 950.20 m³/ha, 5 680.50 m³/ha, 6 410.80 m³/ha y 7 141.10 m³/ha con valores de Kc promedio de 0.58, 0.66, 0.74 y 0.82, respectivamente. El PSI (Programa Sub sectorial de Irrigaciones, 2005), señala que en maíz forrajero utilizan 6 500 m³/ha/campaña, en cebolla amarilla 6 500 m³/ha y en ají páprika 6 000 m³/ha.

5.8. EFICIENCIA DE USO DE AGUA

La Eficiencia del Uso de Agua (E.U.A.) en Riego por Goteo es más alta, obteniendo 0.14 Kg. de quinua por cada m³ de agua utilizado, frente a 0.02 Kg de quinua por cada m³ de agua usado en Riego por Gravedad. Esto se debe a que los rendimientos obtenidos en Goteo son más elevados que los hallados en Gravedad y también a la cantidad de agua empleados en ambos sistemas. En Juliaca (Puno), el (PSI, 2005) reporta en gravedad un consumo de agua de 6 372 m³/ha, un rendimiento de 700 Kg/ha y una EUA de 0.11, mientras que en riego por goteo, 2 832 m³/ha, 1 200 Kg/ha y una EUA de 0.42. En Arequipa, el (PSI, 2005), reporta que para el maíz forrajero en riego por gravedad (surcos), utilizan 8 500 m³/ha/campaña y obtienen un Rendimiento de 59 t/ha, siendo su Eficiencia de uso de Agua de 6.94 Kg/m³., mientras que en Riego por goteo (cintas de riego), logran obtener 100 t/ha empleando 6 500 m³/ha de agua, teniendo una Eficiencia de Uso de Agua (E.U.A.) de 15.38 kg por m³ de agua. En cebolla amarilla, con riego gravitacional emplearon 8 200 m³/ha y logran obtener 33.0 t/ha con una E.U.A. de 4.02 kg/m³, mientras que en Riego por goteo utilizan 6 500 m³/ha, obteniendo 55.0 t/ha, con una eficiencia de Uso de Agua (E.U.A.) de 8.46 kg/m³. En ají páprika, con riego gravitacional emplearon 10 500 m³/ha y logran obtener 4.5 t/ha con una E.U.A. de 0.33 kg/m³, mientras que en Riego por goteo utilizan 6 000 m³/ha, obteniendo 7.0 t/ha, con una eficiencia de Uso de Agua (E.U.A.) de 1.17 kg/m³.

5.9. ANALISIS ECONÓMICO DE QUINUA EN RIEGO POR GRAVEDAD Y RIEGO POR GOTEO

En Riego por gravedad, la Rentabilidad es de -0.46 y una Relación Beneficio/Costo de 0.51, estos valores son consecuencia de que el Costo Total de la Producción es alto y los Rendimientos han sido bajos; en cambio en Riego por Goteo, si bien los Costos de Producción también son altos, el Rendimiento en grano de la quinua obtenido, relativamente han sido altos lo que ha sido posible tener una Rentabilidad de 0.14 y una Relación Beneficio/Costo de 1.14, teniendo en cuenta de que el precio de venta es alto, debido a que se trata de una quinua orgánica. (Calla, 2012), indica que en Manallasac, Chiara (Ayacucho), con secano, señala que los gastos de cultivo son de S/.1 179.00,

gastos de insumos S/. 365.00, gastos de materiales S/. 102.00, el precio de venta de S/. 4.50, el rendimiento de 1 000 Kg. obtiene un VBP de S/. 4 500 y una utilidad neta de S/. 854.00. El (PSI, 2010) Ha comparado las diferencias que existe aplicando el riego por goteo y el buen manejo de prácticas del cultivo del cultivo, lográndose obtener un rendimiento de 1200 Kg/Ha en comparación con el riego por gravedad, el cual se obtuvo 700 Kg /Ha. En cuanto al ingreso neto/campaña en el riego por goteo se obtuvo S/. 6357.88 frente a S/. 2218.80 en un cultivo tradicional de riego por gravedad. Mientras en el ahorro de agua en el riego por goteo se obtuvo 2832 m³ frente a 6372 m³,



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1. En cuanto a las características morfológicas de la quinua, se puede indicar que en longitud de raíces, significativamente sobresalió el Tratamiento T2 (riego por gravedad), con una longitud de raíces de 27.39 cm. mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por goteo) fue de 25.90 cm.

El ancho del desarrollo radicular significativamente es mayor en el tratamiento T1 (riego por goteo) con 27.29 cm. mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) fue de 16.16 cm.

En altura de plantas, a los 45 días dds. y en el momento de la cosecha, la mayor altura se registró en el Tratamiento T1 (Riego por goteo) con 13.39 cm. y 111.01 cm., respectivamente, mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por gravedad) fue de 11.56 cm. y 82.41 cm.

En ancho de panoja, significativamente sobresalió el Tratamiento T1 (Riego por Goteo) con 16.30 cm., mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por gravedad), fue de 8.02 cm. En diámetro de panoja, estadísticamente destacó el Tratamiento T1 (Riego por Goteo) con 34.67 cm., mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por gravedad), se obtuvo 21.57 cm.

2. Significativamente los mejores rendimientos se obtienen con el Tratamiento T1 (Riego por Goteo), con 1 056 Kg/ha. , mientras que en el Tratamiento T2 (Riego por Gravedad), se obtuvo 420 Kg/ha.
3. Con el sistema de Riego por goteo se calculó 7327.147 m³/Ha/campaña, mientras que en Riego por Gravedad fue de 19218.682 m³/ha/campaña. La Eficiencia del Uso de Agua (E.U.A.) en Riego por Goteo es alta, obteniendo 0.14 Kg. de quinua por cada m³ de agua utilizado, frente a 0.02 Kg de quinua por cada m³ de agua usado en Riego por Gravedad.

4. En Riego por gravedad, la Rentabilidad es de -0.46 y una Relación Beneficio/Costo de 0.51, mientras que en Riego por Goteo, la Rentabilidad es de 0.14 y una Relación Beneficio/Costo de 1.14, teniendo en cuenta que el precio de venta es alto, debido a que se trata de una quinua orgánica.



CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- 1) Repetir este experimento con variedades de mayor potencial de rendimiento.
- 2) En vista que el recurso agua es deficitario en la zona, emplear sistemas de riego altamente eficientes.
- 3) Estudiar historiales climáticos para poder establecer una época de siembra adecuada.



CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- 1) **AGUIRRE, P.** (2010), Adaptabilidad de 9 Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), con tres densidades poblacionales en condiciones de la Irrigación Majes. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa.
- 2) **ARTICA, A.**, et al., 1999. Adaptabilidad de doce cultivares de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Oxapampa .Perú. 82p.
- 3) **AUTODEMA**, 1990. Curso Manejo de Recursos Agua Suelo Planta. Autoridad Autónoma de Majes. Gerencia de Investigación. Arequipa. 52p.
- 4) **AUTODEMA**, 2005. Manual Riego por Goteo. Autoridad Autónoma de Majes. Arequipa. 53p.
- 5) **BIOVERSITY INTERNATIONAL**, 2013. Descriptores para Quinoa y sus parientes cercanos. FAO, PROINPA, INIAF, FIDA. Bolivia. 120p.
- 6) **CANAZA, F.**2004, Determinación de la eficiencia de riego por gravedad en el cultivo de habas de la Irrigación Cabanillas, Puno–Perú. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.86p.
- 7) **CALDERÓN P.** 1999. Algunos resultados de la investigación de la quinua obtenidos en la EEAP, CIAG- SUR, INIA. En: Segundo Congreso Internacional Sobre Cultivos Andinos. ESPOCH. Riobamba, Ecuador. 130p.
- 8) **CALDERON, Ch.** 2003. Efecto de la densidad poblacional en el tamaño del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cuatro variedades bajo riego por aspersión en condiciones de la Irrigación Majes. Tesis de Agronomía. Arequipa.
- 9) **CALLA, J.**, 2012. Manejo agronómico del Cultivo de la Qinoa. Agrobanco, Oficina

Académica de Extensión y Proyección Social, UNALAM. Ayacucho, Perú. 98p.

- 10) **CARDENAS, G.** 1999. Selección de cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) por su resistencia a la sequía. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela profesional y Académica de Agronomía. Arequipa, Perú. 86p.
- 11) **CARPIO, M.,** 2005, Evaluación del comportamiento de 12 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) procedentes de las comunidades indígenas mapuches de Chile bajo condiciones áridas de la Irrigación Majes, Tesis Agronomía. Universidad Católica de Santa María. Arequipa- Perú. 125p.
- 12) **CUBA, C.** 2001. Selección panoja surco de cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) resistentes a la sequía. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela profesional y Académica de Agronomía. Arequipa, Perú. 113p.
- 13) **DOOREMBOS, J. y W.O. PRIUTT.** 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Manual 24, FAO. Roma. 150p.
- 14) **FAO/ RLAC.** 1998 Prueba americana y europea de quinua; Libro de campo. Puno, Perú. 85p.
- 15) **FONCODES.** 1990. Riego por gravedad. Ministerio de la Presidencia. Fondo de Compensación de Desarrollo. Lima. 88p.
- 16) **GANDARILLAS, H.** 1967. Observaciones sobre la biología reproductiva de la quinua, Rev. Sayaña, Bolivia. 130p.
- 17) **GANDARILLAS, H. Y G. TAPIA.** 1976. La variedad de quinua dulce Sajama. II Convención Internacional de Quenopodiaceas, Quinua y Cañahua. UBTF, CDOP de Potosí, IICA. Potosí, Bolivia. 26-29p.
- 18) **GANDARILLAS, H.** 1979. Mejoramiento genético en quinua y cañihua. Cultivos andinos. Serie de libros y materiales educativos No. 49. CIID-IICA. Bogotá, Colombia. 97p.
- 19) **GANDARILLAS, H.** 1986. Origen de las variedades de quinua Huaranga, Chucapaca

- y Kamiri. En: V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. 10-15 de mayo, Puno, Perú. UNA-PUNO, CORDEPUNO, INIPA, PISA, CIID- CANADA. Puno, Perú 94p.
- 20) GÁRATE, L.** 2009. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA bajo riego por goteo, en condiciones de la Irrigación Majes. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa. 104p.
- 21) GARATE S.** 2011, Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA bajo riego por goteo, en condiciones de la Irrigación Majes. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín. 102p.
- 22) LEON, J.** 2003. Cultivo de la Quinoa en Puno. Descripción, Manejo y Producción. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno. 131p.
- 23) LESCANO, J.L.** 1981. Cultivo de quinua. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Centro de Investigaciones en Cultivos Andinos. Puno, Perú. 93p.
- 24) MAMANI, A.,** 2008. Comportamiento de cinco cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en cuatro niveles crecientes de salinidad. Tesis de Agronomía.. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. 87p.
- 25) MEDRANO, H. y FLEXAS, J.,** 2000. Relaciones hídricas de las plantas. Departamento de Biología. Universitat de les Illes Balears. España. 88p.
- 26) MINISTERIO DE AGRICULTURA,** 2013. Quinoa Salcedo INIA. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Illpa – Puno. 63p.
- 27) MINISTERIO DE AGRICULTURA,** 2014. Programa Subsectorial de Irrigación, Boletín Informativo: Parcela integral demostrativa con riego tecnificado (goteo) en el cultivo de quinua orgánica. Mañazo –Puno. 82p.
- 28) MORALES, D.** 1976 Determinación del uso consuntivo de la quinua por el método de lisímetros en el altiplano central. En: II Convención Internacional de *Quenopodiaceas*. Quinoa- Cañahua. Potosí, Bolivia. IICA, La Paz, Bolivia. 88p.

- 29) MUJICA, A.** 1983. Selección de Variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Chapingo, México. Tesis de M.C. Colegio de Post graduados, Centro de Genética. Chapingo, México. 91p.
- 30) MUJICA, A.** 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Post graduados, Centro de Genética. Montecillo, México. 98p.
- 31) MUJICA, A.** 1997. Cultivo de Quinua. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú. 45-65p.
- 32) MUJICA, A. Y A. CANAHUA.** 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow). En: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. 65p.
- 33) MUJICA, A. Y E. AGUILAR.** 1999. Resúmenes de Investigaciones en quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) de la Universidad Nacional del Altiplano 1992-1999. Escuela de Posgrado. Maestría en Agricultura Andina. Puno, Perú. 81p.
- 34) ONG SOLID.** 1999. OPD. Cultivo de quinua. Puno. 97p.
- 35) PEREZ, A.** 2015. Programación de Riegos. Boletín Técnico. AUTODEMA. Gerencia de Gestión de Recursos Hídricos. Sub Gerencia de Promoción y Uso eficiente del Recurso hídrico. Arequipa. 31p.
- 36) PEREZ, A.** 2015. Aplicación de un riego eficiente en un sistema de riego por goteo. Boletín Técnico. AUTODEMA. Gerencia de Gestión de Recursos Hídricos. Sub Gerencia de Promoción y Uso eficiente del Recurso hídrico. Arequipa. 32p.
- 37) PIZARRO, F.** 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, micro aspersion y exudación. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 241p.
- 38) PSI,** 2005. Programa Sub sectorial de Irrigaciones. Boletín Técnico. Arequipa. 28p.
- 39) RAMOS, A.M.,** 1995. Efecto de cuatro volúmenes de riego en el rendimiento de cuatro variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa*, Wild), bajo las condiciones de la

Irrigación Majes. Tesis de Agronomía. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. 105p.

- 40) ROCA, C.** 1996. Efecto del déficit hídrico en el crecimiento y producción de dos cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Arequipa. Tesis de Agronomía.. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. 98p.
- 41) SANTAYANA, S., PASTOR, R., AGUILAR, G.,** 2000. Innovación tecnológica en la agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 63p.
- 42) SILVA, M.** 1978. Evapotranspiración en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: Resúmenes de investigaciones en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno. 88p.
- 43) SNEH, M.** 2006. El riego por goteo. CINADCO. Centro de Cooperación Internacional. Israel. 84p.
- 44) SOLDEVILLA, G. et al.** 1997. Comparativo de Cultivares Europeos de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de la Costa de Perú. FAO. Lima. 92p.
- 45) TOAPANTA, I.** 2016. Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del Cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa*) var. Tunkehuan en el Sector Queracocha, Canton Ceballos, Provincia de Tungurahua. Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 01. Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T1	T2	
I	25.93	27.27	53.20
II	25.40	27.93	53.33
III	24.57	26.97	51.54
Total	75.90	82.17	
Promedio	25.39	27.39	

ANEXO 02. Análisis de Varianza (ANVA) para Profundidad de raíces en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	6.5518	6.5518	30.74 *	18.51
Bloques	2	0.9961	0.4980	2.33 ns.	19.00
Error	2	0.4263	0.2131		
Total	5	7.9741			

C.V. = 1.75

ANEXO 03. Ancho del desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T2	T1	
I	16.10	27.23	43.33
II	16.47	27.90	44.37
III	15.90	26.73	42.63
Total	48.47	81.86	

Promedio	16.16	27.29	
----------	-------	-------	--

ANEXO 04.

Análisis de Varianza (ANVA) para Ancho del desarrollo radicular en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	185.8154	185.8154	4125.20*	18.51
Bloques	2	0.7664	0.3832	8.51 ns.	19.00
Error	2	0.0900	0.0450		
Total	5	186.6719			

C.V. = 0.98 %

ANEXO 05.

Altura de plantas a 45 dds. en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T2	T1	
I	12.03	13.97	26.00
II	11.73	13.27	25.00
III	10.93	12.93	23.86
Total	34.69	40.17	
Promedio	11.56	13.39	

ANEXO 06.

Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de plantas a 45 dds. en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	6.5518	6.5518	30.74 *	18.51
Bloques	2	0.9961	0.4980	2.33 ns.	19.00
Error	2	0.4263	0.2131		
Total	5	7.9741			

C.V. = 1.75 %

ANEXO 07.

Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T2	T1	
I	82.73	111.20	193.93
II	83.40	111.27	194.67
III	81.11	110.57	191.68
Total	247.24	333.04	
Promedio	82.41	111.01	

ANEXO 08.

Análisis de Varianza (ANVA) para Altura de plantas a la Cosecha en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	1226.9453	1226.9453	3807.25*	18.51
Bloques	2	2.4258	1.2129	3.76 ns.	19.00
Error	2	0.6445	0.3223		
Total	5	1230.0156			

C.V. = 0.59 %

ANEXO 09.

Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T2	T1	
I	7.60	17.50	25.10
II	8.63	16.08	24.71
III	7.83	15.33	23.16
Total	24.06	48.91	
Promedio	8.02	16.30	

ANEXO 10.

Análisis de Varianza (ANVA) para Ancho de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	102.9205	102.9205	104.98*	18.51
Bloques	2	1.0530	0.5265	0.54 ns.	19.00
Error	2	1.9607	0.9803		
Total	5	105.9343			

C.V. = 8.14 %

ANEXO 11.

Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T2	T1	
I	20.87	35.20	56.07
II	22.43	34.83	57.26
III	21.40	33.97	55.37
Total	64.70	104.00	
Promedio	21.57	34.67	

ANEXO 12.

Análisis de Varianza (ANVA) para Diámetro de panoja en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha=0.05\%$
Tratamientos	1	257.4145	257.4145	450.59*	18.51
Bloques	2	0.9126	0.4563	0.79 ns.	19.00
Error	2	1.1426	0.5713		
Total	5	259.4697			

C.V. = 2.69 %

ANEXO 13.

Rendimiento en grano (Kg/ha) en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

Bloque	Tratamientos		Total
	T1(Riego Goteo)	T2(Riego gravedad)	
I	1081.34	440.00	1521.34
II	988.00	405.00	1393.00
III	1098.66	415.00	1513.66
Total	3168.00	1260.00	
Promedio	1056.00	420.00	

ANEXO 14.

Análisis de Varianza (ANVA) para Rendimiento en grano en quinua en “Evaluación de Rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) cv. Real bajo sistemas de Riego por Gravedad y Goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha = 0.05\%$
Tratamientos	1	606744.0000			
Bloques	2	5181.2500	606744.0000	475.04	18.51
Error	2	2554.5000	2590.6250	2.03	19.00
Total	5	614479.7500	1277.2500		

C.V. = 4.84 %