

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN EL RENDIMIENTO DE CULTIVO DE QUINUA BAJO CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS EN EL CENTRO AGRONOMICO K'AYRA-SAN JERONIMO CUSCO.

Tesis presentada por:

Bach. VARGAS FIGUEROA GERSON

Para optar al Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO.

Asesor: Dr. Carlos Jesús Baca García.

CUSCO – PERU

2022

DEDICATORIA

A mis padres Felix y Máxima, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de mi tesis y así mismo el apoyo brindado durante mi infancia y educación.

Dedico esta tesis a mis hermanas Rosmery y Jessy, por su constante apoyo, comprensión, consejos y paciencia durante el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por haberme acogido en la Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a los señores docentes de la **Escuela Profesional de Agronomía**, quienes me dieron la enseñanza y forjaron mi formación profesional.

Agradezco a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darles gracias por apoyarme, por estar siempre junto a mí, ahora podré ser un profesional para el orgullo de todos los que confiaron en mí.

También agradezco a mis hermanos y a toda mi familia en general que son parte del día a día de mi vida y que siempre hemos estado juntos compartiendo grandes momentos de nuestras vidas, como también saliendo adelante con muchos tropiezos que se nos presenta en el camino.

Agradezco también a mi asesor el Dr. Carlos Jesús Baca García, por ser parte de este trabajo de investigación y por darme el apoyo respectivo y sacar adelante el presente trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros de estudio que en todo momento supieron brindar su apoyo incondicional durante nuestro paso por las aulas del querido centro agronómico K'ayra.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE FOTOS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCION.....	xii
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION.....	1
1.1. Identificación del problema objeto de investigación.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1. Problema general.....	2
1.1.2. Problemas específicos.....	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION.....	3
2.1. Objetivos.....	3
2.1.1. Objetivo general.....	3
2.1.2. Objetivos específicos.....	3
2.2. Justificación.....	3
III. HIPOTESIS.....	4
3.1. Hipótesis general.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Métodos de riego.....	5
4.1.1. Técnicas de riego.....	5
4.2. Riego a presión.....	5
4.2.1. Riego por aspersión.....	5

4.2.2.	Riego por goteo	6
4.2.3.	Riego por microaspersión	8
4.2.4.	Riego por exudación	8
4.3.	Necesidad de agua de los cultivos	9
4.3.1.	Necesidades de agua del cultivo con riego por goteo	9
4.3.2.	Evapotranspiración	9
4.3.3.	Cálculo de las necesidades de agua	11
4.4.	Cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa L.</i>)	16
4.4.1.	Centro de origen y diversidad	17
4.4.2.	Producción y superficie	18
4.4.3.	Clasificación taxonómica	18
4.4.4.	Distribución de la quinua	18
4.4.5.	Variabilidad genética de la quinua	23
4.4.6.	Requerimientos del cultivo de quinua	23
4.4.7.	Plagas y enfermedades	29
4.4.8.	Cosecha, trilla, selección, envasado y almacenamiento	30
4.4.9.	Rendimiento	31
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	32
5.1.	Tipo de investigación	32
5.2.	Ámbito de estudio	32
5.2.1.	Ubicación espacial	32
5.2.2.	Ubicación temporal	32
5.2.3.	Ubicación política	32
5.2.4.	Ubicación geográfica	32
5.2.5.	Ubicación hidrográfica	32
5.2.6.	Ubicación ecológica	33

5.3.	Materiales y Métodos	33
5.3.1.	Materiales de campo, equipos y herramientas	33
5.3.2.	Historial del campo	33
5.3.3.	Equipo de riego	33
5.3.4.	Maquinaria	34
5.3.5.	Materiales de escritorio.....	34
5.3.6.	Variedad utilizada en la tesis	34
5.4.	Métodos	35
5.4.1.	Método para calcular el volumen de agua, lamina de riego y la eficiencia de uso de agua.	35
5.4.2.	Método para calcular el comportamiento del bulbo húmedo.....	44
5.4.3.	Método para determinar las características agrologicas de la quinua.....	46
5.4.4.	Información básica del campo experimental	50
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
6.1.	VOLUMEN DE AGUA LAMINA DE RIEGO Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA	64
6.1.1.	Volumen de agua	64
6.1.2.	lamina de riego.....	64
6.1.3.	Coefficiente de uniformidad.....	64
6.1.4.	Rendimiento de grano por planta.....	66
6.1.5.	Eficiencia del uso de agua E.U.A	68
6.2.	COMPORTAMIENTO DEL BULBO HÚMEDO.....	68
6.3.	CARACTERÍSTICAS AGROLOGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA.....	73
6.3.1.	Profundidad de raíz 35 días.....	73
6.3.2.	Profundidad de raíz a la cosecha.....	74
6.3.3.	Ancho radicular.....	76

6.3.4. Altura de planta a los 35 días	78
6.3.5. Altura de planta a la cosecha	79
6.3.6. Longitud de panoja	81
6.3.7. Diámetro de panoja	82
VII. CONCLUSIONES	84
VIII. RECOMENDACIONES.....	87
IX. BIBLIOGRAFIA	88
X. ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de Ea en climas áridos.....	13
Tabla 2 Valores de Ea en climas húmedos.....	14
Tabla 3 Clasificación taxonómica de la quinua.....	18
Tabla 4 Valor de riego por goteo.....	35
Tabla 5 Análisis de fertilidad.....	52
Tabla 6 Análisis de caracterización.....	52
Tabla 7 Otros análisis.....	53
Tabla 8 Tiempos y tratamientos.....	54
Tabla 9 Volumen de agua: utilizando el “método del tanque clase A”.....	65
Tabla 10 Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo.....	66
Tabla 11 ANVA para Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo.....	66
Tabla 12 Prueba Tukey para Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo.....	67
Tabla 13 Rendimiento de granos.....	67
Tabla 14 Eficiencia del uso de agua kg/m ³	68
Tabla 15 Comportamiento del bulbo húmedo antes de instalar el riego.....	68
Tabla 16 Comportamiento del bulbo húmedo a la cosecha.....	69
Tabla 17 Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	73
Tabla 18 ANVA para Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	73
Tabla 19 Ordenamiento para Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo..	74
Tabla 20 Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	74
Tabla 21 ANVA para Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	75
Tabla 22 Prueba Tukey para Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo..	75
Tabla 23 Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	76
Tabla 24 ANVA para Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	77
Tabla 25 Prueba Tukey para Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	77
Tabla 26 Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	78
Tabla 27 ANVA para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	78
Tabla 28 Ordenamiento para altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	79
Tabla 29 Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	79
Tabla 30 ANVA para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	80
Tabla 31 Ordenamiento para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	80

Tabla 32 Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	81
Tabla 33 ANVA para Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo	81
Tabla 34 Ordenamiento para Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo ..	82
Tabla 35 Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo	82
Tabla 36 ANVA para Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	83
Tabla 37 Ordenamiento para Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo..	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del campo experimental.....	55
Figura 2. Sistema de riego en el campo experimental.....	56
Figura 3. Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo	67
Figura 4. Profundidad de raíz (cm) a 35 días en frecuencia de riego por goteo.....	74
Figura 5. Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo	76
Figura 6. Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	77
Figura 7. Altura de planta (cm) a 35 días en frecuencia de riego por goteo.....	79
Figura 8. Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo.....	80
Figura 9. Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo	82
Figura 10. Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo	83

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Recolección de agua de un gotero.....	36
Foto 2. Mililitros de agua obtenidos en una muestra de campo	36
Foto 3. Diámetro de humedecimiento	45
Foto 4. Profundidad de humedecimiento.....	45
Foto 5. Toma de las medidas de la profundidad de la raíz	46
Foto 6. Evaluación del ancho radicular de la raíz.....	46
Foto 7. Medición de la altura de planta de quinua antes de la cosecha.....	47
Foto 8. Altura de la planta de quinua después de la cosecha.....	47
Foto 9. Longitud de la panoja de quinua	48
Foto 10. Diámetro de la panoja de quinua.....	48
Foto 11. Foto bocatoma sector “Chanchería”	50
Foto 12. Potrero C-2	51
Foto 13. Potrero C-2. Área rectangular seleccionada para el trabajo.....	52
Foto 14. Toma de muestra homogenizada para estudio de suelos.....	53
Foto 15. Preparación del suelo para el cultivo de grano de quinua	58
Foto 16. Tendido de cintas	58
Foto 17. Siembra manual de la quinua	59
Foto 18. Vista desde otro ángulo de las semillas sembradas.....	59
Foto 19. Vista del campo tras el deshierbo.....	60
Foto 20. Altura de la planta a los 20 días	60
Foto 21. Altura de la planta a los 45 días	60
Foto 22. Altura de la planta antes de la cosecha.....	61
Foto 23. Panoja de quinua	62
Foto 24. Trilla del grano de quinua	62
Foto 25. Venteo del grano de quinua.....	63
Foto 26. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 15 minutos	69
Foto 27. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 15 minutos.....	69
Foto 28. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 30 minutos	70
Foto 29. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 30 minutos.....	70
Foto 30. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 45 minutos	71
Foto 31. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 45 minutos.....	71
Foto 32. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 60 minutos traslape	72
Foto 33. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 60 minutos traslape.....	72

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en el rendimiento de cultivo de quinua bajo condiciones edafoclimáticas en el Centro Agronómico K’ayra-San Jerónimo Cusco.” tuvo como objetivo general evaluar el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa.*), bajo 3 frecuencias de riego por goteo, y se llevó a cabo en el centro agronómico K’ayra, distrito de San Jerónimo. Se empleó el diseño por bloques al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones. La semilla de quinua fue proporcionada por la estación experimental andenes (INIA), la variedad de amarilla marangani. Asimismo, la investigación se realizó por un periodo de 8 meses, comprendidos entre julio del 2017 y enero de 2018, tiempo en el cual se sembró, fertilizó y cosechó los granos de quinua. Para el riego se empleó el método del “tanque clase A”, en diferentes parámetros de tiempo.

A partir de ello, se obtuvo como conclusión principal que el rendimiento de la quinua bajo una frecuencia de riego de 3 días (40.57 g/planta) y frecuencia de riego 5 días (38.80 g/planta) son estadísticamente iguales entre sí y superiores a la frecuencia de riego 1 día (26.33 g/planta) con 95% de certeza.

La eficiencia del uso de agua indica que por cada m³ de agua se produce 1.75 kg de grano más eficiente cuando el cultivo se riega con una frecuencia de 3 días.

Palabras clave: Riego por goteo, volumen de agua, rendimiento de grano de quinua, eficiencia de uso de agua

INTRODUCCION

La vida vegetal requiere de un elemento esencial, el agua, el cual conforma el 70 por ciento del planeta tierra; y a pesar de su abundancia este elemento no se distribuye entre todas las superficies terrestres de forma equitativa, de manera que muchas partes sufren de escasez de agua, limitando la vida de todo ser vivo que se encuentre en el ambiente, más aún de aquellos que dependen de un flujo constante de agua, por medio de riego.

Por tanto, el riego es el medio por el cual se humedecen los cultivos y se logra su desarrollo. Sin embargo, la escasez de este limita el crecimiento y producción, por ello surge la necesidad de aplicar un eficiente riego de cultivos a través de sistemas tecnificados que permiten decidir cuánto y cuando fluir agua para las plantas.

En este sentido, se realizará el presente trabajo de investigación titulada “Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en el rendimiento de cultivo de quinua bajo condiciones edafoclimaticas en el Centro Agronomico K’ayra-San Jeronimo Cusco.”

El autor.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION.

1.1. Identificación del problema objeto de investigación.

Aunque en los últimos años, la demanda de quinua a nivel nacional e internacional se ha acrecentado, la producción de este cereal es menor y no logra cubrir las necesidades, ocasionado por el limitado cultivo, el tipo de producción estacionario y el riesgo climático al que se ve expuesto, conllevando a que los niveles de producción sean insuficientes (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2019).

Por otra parte, es importante resaltar los beneficios que brinda el cultivo de quinua, como fuente de ingresos y empleo para familias del sector rural, emprendedores y empresas pequeñas o medianas que se dedican a comercializar la quinua como materia prima o sus derivados. Asimismo, el proceso de cultivo y cosecha demanda tecnología e innovaciones que aceleren los procesos. Conllevando a que el proceso requiera de innovación tecnológica que permita mayores rendimientos (riego por goteo), reemplazando lo tradicional (riego por surcos).

En otro orden de ideas, la escasez de agua, es un factor que también conlleva a que el rendimiento de quinua disminuya, por tanto, existe la imperiosa necesidad de usar el agua para riego de manera eficiente, y ello se logra a través del empleo de sistemas de riego tecnificado que brinda la opción de poder determinar cuánto y cuándo regar el cultivo.

La quinua al tener rendimientos bajos y el cultivo es tolerante a periodos largos sin riego; será que la quinua soporte un riego con una frecuencia de amplio espectro, es decir; si esta produce menos cuando el riego se efectuara cada 3 o 5 días, frente al riego efectuado cada día.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento agronómico y agrológico de la quinua (*Chenopodium quinoa*), bajo 3 frecuencias de riego por goteo?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el volumen de agua, lámina de riego y la eficiencia de uso de agua en las 3 frecuencias de riego a emplear?
- ¿Cuál es el comportamiento del bulbo húmedo, bajo el tiempo irrigado en las 3 frecuencias de riego empleadas?
- ¿Cuáles son las características agrológicas de la quinua, profundidad y ancho del sistema radicular, altura de plantas, ancho y diámetro de la panoja?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa.*), bajo 3 frecuencias de riego por goteo.

2.1.2. Objetivos específicos

- Calcular el volumen de agua, lámina de riego y la eficiencia de uso de agua en las 3 frecuencias de riego a emplear.
- Evaluar el comportamiento del bulbo húmedo, bajo el tiempo irrigado en las 3 frecuencias de riego empleadas
- Determinar las características agrologicas de la quinua, profundidad y ancho del sistema radicular, altura de plantas, ancho y diámetro de la panoja.

2.2. Justificación

Este trabajo de investigación se realizó en los terrenos del Centro Agronómico K'ayra- Cusco, debido a que se está implementando sistemas de riego tecnificado que son promovidos por el área de ingeniería (riego por aspersión y goteo), con cultivos rentables como la quinua, esto justifica la ejecución del trabajo de investigación.

A través del desarrollo del trabajo, se estima el rendimiento de grano de quinua que puede obtenerse tras la implementación de riego tecnificado (goteo), ya que se evidencia alta demanda de quinua a nivel mundial, pues el mercado considera este grano como alimento imprescindible, por su alta capacidad proteica, por contener aminoácidos esenciales y porque su producción contribuye a la economía nacional, más aún de la población andina.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

Habrá mejores rendimientos si se irriga por goteo a una frecuencia de 1 a 3 días, o de 1 a 5 días.

3.2. Hipótesis Específicas

- Existe diferencia en la eficiencia del uso de agua de riego en las 3 frecuencias de riego empleadas.
- El comportamiento del bulbo húmedo en las tres frecuencias de riego es diferente.
- Existe diferencia estadística del sistema radicular, altura de planta, ancho y diámetro de panoja, cuando se irrigan en 3 frecuencias diferentes.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Métodos de riego

Santayana et al. (2000) indica que el proceso de riego, consiste en la aplicación de agua a la tierra previamente cultivada. Asimismo, manifiesta que el método de riego elegido dependerá de factores como:

- 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.

4.1.1. Técnicas de riego

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

4.2. Riego a presión

4.2.1. Riego por aspersión

PSI, (2008), 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).

4.2.2. Riego por goteo

Palma (2019), el sistema de riego por goteo es aquel por medio del cual se aplica agua filtrada y soluciones fertilizantes, dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta en forma individual, mediante emisores (goteros) anexados a las líneas laterales, en este sistema el agua circula a través de pequeñas tuberías de polietileno, y es entregada en formas de agua, por pequeños “goteros”. Por otro lado, necesita de un equipo de bombeo o suelo nivelado y requiere de menos presión; aunque implementar el sistema es costoso, se reducen gastos de consumo de agua.

4.2.2.1. Componentes del sistema

El método de riego por goteo, requiere de diversos componentes, los cuales se mencionan a continuación:

a) Fuente de agua

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

b) Estación de bombeo

PSI, (2008), 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.

c) “Cabezal” de riego

PSI, (2008), 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.

d) Filtrado

PSI, (2008), “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)”.

e) Sistema de fertilización

Según el Ministerio de Agricultura (2014) “se aplican 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”.

f) Red de distribución

Chara, (2019), es la 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”

- **Línea principal**, “nace a partir del cabezal y sirve para conducir el agua hasta la tubería secundaria”.
- **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”.
- **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”.
- **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”.

PSI, (2008), el material primordial de las mangueras, es el polietileno (PE), material resistente a los rayos ultravioletas.

e) **Dispositivos de control**

Para Chara (2019) es una “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”.
- **Válvulas**, “elementos que se utilizan en la red para regular la presión, caudal o simplemente el paso del agua”.
- **Válvulas de aire**, “elementos que permiten la eliminación del aire, acumulado en el interior de la tubería”.

4.2.3. **Riego por microaspersión**

PSI, (2008), Este sistema de riego aplica el agua a manera de una lluvia fina y suave, se le puede considerar como un riego localizado ya que la humedad la esparce en la zona radicular de la planta. Los emisores para éste caso son los *microaspersores*.

4.2.4. **Riego por exudación**

Según Pizarro (1996) “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”. En tanto, “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”.

Los tubos porosos pueden ser ubicados en la superficie o enterrados a una profundidad cercana a las raíces, y a diferencia del riego por goteo su presión es aún menor.

4.3. Necesidad de agua de los cultivos

4.3.1. Necesidades de agua del cultivo con riego por goteo

PSI, (2008), para determinar la cantidad de agua requerida para riego, primero es necesario conocer las necesidades de agua de los cultivos, puesto que, al no atenderse adecuadamente las necesidades, se puede ver afectado el crecimiento y rendimiento del cultivo. Las necesidades de agua se calculan edafológicamente mediante constantes hídricas del suelo o por Evapotranspiración o Uso Consuntivo.

4.3.2. Evapotranspiración

PSI, (2008), se puede perder agua a través de la evapotranspiración, que viene a ser “la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo” (FAO, 1990) y suele expresarse en “mm./día o mm./mes”.

4.3.2.1. Evapotranspiración potencial (ETP)

Fuentes (2003) 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

4.3.2.2. Evapotranspiración real o actual o del cultivo (ETC)

PSI, (2008), es la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos” (Fuentes, 2003). Para determinar el ETC, es necesario el Coeficiente de Cultivo (K_c), que varía de acuerdo a las fechas de siembra, clima, frecuencia de riego.

4.3.2.3. Factores que influyen en la evapotranspiración

Entre los factores que inciden en la evapotranspiración, se tienen los siguiente:

a) Condiciones dependientes del suelo:

PSI, (2008), 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.

b) Naturaleza de la vegetación:

PSI, (2008), plantas con mayor follaje, hojas, tienden a transpirar mayor cantidad de agua que las plantas pequeñas y con mejor cantidad de hojas.

c) La fase vegetativa del cultivo:

CONGOPE (2016) relata que:

La evapotranspiración varía a lo largo del período vegetativo, en 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.

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” (CONGOPE, 2016).
- Fase de desarrollo: “comprende desde el 10% de cobertura vegetal hasta la cobertura del 70% al 80%” (CONGOPE, 2016).
- Fase de media estación. “desde la cobertura efectiva a inicio de maduración del cultivo” (CONGOPE, 2016).

- Fase de última estación: “desde el inicio de maduración hasta la cosecha” (CONGOPE, 2016).

d) Condiciones meteorológicas:

Los fuertes rayos solares, la alta temperatura, el aire seco y el viento son condiciones climáticas que ayudan a la evapotranspiración (PSI, 2008).

4.3.3. Cálculo de las necesidades de agua

El riego por goteo, posee un sistema localizado de alta frecuencia, que puede cubrir el campo de cultivo a diario y por periodos cortos y para su determinación de cantidad de agua necesaria, se recurre al “Método del tanque de evaporación Clase A” (PSI, 2008).

Este método calcula la evaporación real ocurrida en una superficie sin agua, el componente posee dimensiones estandarizadas y su aplicación esta normada. Dicha evaporación (E_{tanque}) se transforman en la (ET_o), mediante la aplicación de un coeficiente K_P :

$$ET_o = K_P * E_{tanque}$$

Dónde:

ET_o	Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm/día.
K_P	Coefficiente 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 0.70
E_{tanque}	Evaporación del Tanque Clase “A” en mm/día y representa el valor medio diario del periodo considerado (Pizarro, 1996).

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

$$ET_C = K_c * ET_o$$

Dónde:

ET_C: Evapotranspiración del cultivo en mm./día

K_c: Coeficiente del cultivo, que es diferente para cada especie y en el que intervienen algunas circunstancias tales como la fase de crecimiento en los cultivos herbáceos, mes del año, cultivo con o sin laboreo en algunos árboles, etc.

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm./día (Pizarro, 1996).

Luego del cálculo de la evaporación real ocurrida, se determinan las “Necesidades Netas del cultivo (Nn)”, a partir del uso de agua de la planta durante su crecimiento y transpiración. Es expresado en mm./día o por mes o en m³/ha o en m³/superficie (Pizarro, 1996).

El cálculo de las necesidades de agua debido a evapotranspiración, se realiza a través de la siguiente fórmula:

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

Dónde:

Nn: Necesidades netas del cultivo en mm./día

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

Pe: Precipitación efectiva, es decir la parte de la lluvia que puede ser utilizada por los cultivos en mm./día

Gw: Aporte por capilaridad a la zona radicular, cuando hay una capa freática próxima por efecto del nivel freático en mm./día

Δw : Es la variación en el almacenamiento de agua en el suelo mm./día (Pizarro, 1996).

Para calcular las necesidades de agua, se consideran también las “Necesidades de Lavado (NL)”, según Pizarro (1996) “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 el siguiente caso:

- Riego por goteo

$$NL = CEi / 2CEe \text{ max}$$

Dónde:

NL: Necesidades de Lavado (%)

CEi: Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm. o dS/m)

CEemax: Conductividad eléctrica tolerable del extracto de saturación del suelo, que no ocasiona merma en los rendimientos del cultivo (mmhos/cm o dS/m.)

También se considera la Eficiencia de aplicación (Ea), entre ellos seleccionamos los proporcionados por Keller (1978) según el cual, para la estimación de Ea hay que distinguir 2 casos climas aridos (tabla 1) y climas húmedos (tabla 2).

Tabla 1 Valores de Ea en climas áridos

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

Fuente: Keller (1978)

Tabla 2 Valores de Ea en climas húmedos

Profundidad de raíces (m.)	TEXTURA			
	Gravosa	Arenosa	Media	Fina
Menor a 0.75	0.65	0.75	0.85	0.90
0.75 a 1.50	0.75	0.80	0.90	0.95
Más de 1.50	0.80	0.90	0.95	1.00

Fuente: Keller (1978)

Para la Uniformidad de riego, se considera el “**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” (Pizarro, 1996).

El “Coeficiente de Uniformidad”, en riego por goteo sobre la superficie, se calcula a través de:

$$CU = Q_{25} / Q_n$$

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 (Pizarro, 1996).

Para finalizar, se determinan la “**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” (Pizarro, 1996).

El cálculo de NT se determina, mediante la siguiente fórmula matemática:

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

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: LR En el caso de lavado Se elige el valor más alto.

CU: Coeficiente de uniformidad (Pizarro, 1996).

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:

$$\mathbf{Tr} = (\mathbf{NT} * \mathbf{F}) / \mathbf{P}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego en horas

NT: Necesidades totales en mm/día

F: Frecuencia de riego en días

P: Precipitación en mm/hora. (Pizarro, 1996).

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

$$\mathbf{P} = \mathbf{Qg} / (\mathbf{Sg} * \mathbf{SI})$$

Donde:

P: Precipitación de los goteros en mm/ hora

Qg: Caudal del gotero en l/hora

Sg: Separación entre goteros en m.

SI: Separación entre líneas porta goteros o cintas de riego en m. (Pizarro, 1996).

4.4. Cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa L*)

Mujica y Canahua (1989) caracterizan la quinua como una “planta herbácea de amplia dispersión geográfica; presenta características peculiares en su agrología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales” (pág. 7).

Por otro lado, Aucpiña (2016) calculan que, su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo, y presenta enorme variación 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, muy tolerante a sequías, heladas, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas.

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 variables con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate que se pueden diferenciar.

Mujica (1988), indica que

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, siendo su centro de diversidad genética la zona correspondiente a la cuenca del Lago Titicaca.

4.4.1. Centro de origen y diversidad

Según la Oficina Regional para América Latina y el Caribe (2011) “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”.

Mientras que la Oficina Regional para América Latina y el Caribe (2011), la considera “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” (pág. 4).

Olazabal (2019) indica que se encontraron “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 Tiahuanaco y la Incaica”.

4.4.2. Producción y superficie

Según Mujica (2004), se concentra en los valles altiplánicos de Bolivia y Perú, y en alguna 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 su producción, especialmente en los países productores, como Bolivia, Perú y Ecuador.

4.4.3. Clasificación taxonómica

Mujica (2004) indica que la quinua se clasifica de la siguiente forma (Tabla 3):

Tabla 3 Clasificación taxonómica de la quinua

Reino:	Plantae
Division:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida s
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Genero:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium quinoa Willdenow</i>

4.4.4. Distribución de la quinua

Para Mujica (2004), la zona andina comprende uno de los ocho 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 (2004), también indica que, la quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó Colombia, Argentina y Chile, en Sudamérica. Y su cultivo se dio en culturas precolombinas, Aztecas y Mayas de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia.

a) Fenología del cultivo

Según Olazabal (2019) “son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales”.

Mujica y Canahua (1989) indican que el cultivo de quinua “presenta doce 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”.

b) Emergencia

Según Mujica y Canahua (1989) esto ocurre 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”.

c) Dos hojas verdaderas

Mujica y Canahua (1989), indican que 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*.

d) Cuatro hojas verdaderas

Mujica y Canahua, (1989), se tiene dos pares de hojas verdaderas extendidas, aun cuando 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

e) Seis hojas verdaderas

En tanto, Olazabal (2019), indica que cuando 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.

f) Ramificación

Mujica y Canahua, (1989), Durante la ramificación la planta 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, 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.

g) Inicio de panojamiento

Mujica y Canahua (1989), 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.

h) Panojamiento

(Mujica & Canahua, 1989), 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

i) Inicio de floración

Mujica y Canahua (1989), relatan, 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 perigónio de un color verde limón.

j) Floración o antesis

(Olazabal, 2019), Durante la floración, el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Fase 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, también la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos

activas fotosintéticamente, y cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores.

k) Grano acuoso

Mujica y Canahua (1989) relatan que esta fase 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.

l) Grano lechoso

(Olazabal, 2019), 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.

m) Grano pastoso

Mujica y Canahua (1989), indican que “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”.

n) Madurez fisiológica

(Olazabal, 2019), 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.

o) Madurez de cosecha

Mujica y Canahua, (1989). 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”

4.4.5. Variabilidad genética de la quinua

Flores (2016), la genética de la quinua se caracteriza por ser una:

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 la planta 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.

Gandarillas (1979), 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.

4.4.6. Requerimientos del cultivo de quinua

a) Suelo:

Mújica (2004), manifiesta que para el cultivo de quinua, es preferible 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 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.

b) PH:

Acuña (2012), el Ph necesario, 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.

c) Clima:

Lescano (1981), la quinua es una planta con 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.

c) Agua:

Lescano (1981), manifiesta que la quinua posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al 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, con tecnologías que permiten almacenar agua y utilizarlas en forma eficiente y apropiada, sin embargo, últimas investigaciones efectuadas determinaron 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,

e) Humedad relativa:

Alarcón (2012), la humedad relativa permite que, 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.

f) Temperatura:

Alarcón (2012), 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, 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

g) Radiación:

Lescano (1981), manifiesta con respecto a la radiación que, el cultivo soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, que permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su período vegetativo y productivo. En Puno, el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día, mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 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, debido a la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo.

g) Fotoperiodo

Olazabal (2019), explica que la amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, 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.

4.4.7. Manejo del cultivo de quinua

a) Preparación de suelo

Alarcón (2012), si en la campaña anterior se sembró un tubérculo como la papa, el terreno sólo requiere una pasada con arado de disco. En caso de terrenos sin muchos terrones, con poca incidencia de malezas y plagas, sólo se debe pasar con rastra. Luego hacer el nivelado y surcado. En caso de un terreno de rastrojo es recomendable remover el terreno con meses de anticipación, de preferencia entre Mayo y Julio. Esta remoción también ayuda a evitar las malezas ya que expone las semillas y larvas de plagas al sol. En caso de que el terreno este compactado y con terrones, será necesario pasar un segundo arado de disco días antes de la rastra. La dirección del arado debe ser contraria a la dirección del surco de la última siembra.

b) Rotación de cultivos

Mujica, Izquierdo y Marathee (2001), explica que la rotación que se sugiere en el altiplano es papa-quinua-habas (tarwi) cebada (avena)- forrajes (pastos cultivados), evitar en lo posible el monocultivo de quinua, pues permite que el suelo se esquilme y la incidencia de plagas y enfermedades se incrementa. En condiciones de costa utilizar la rotación: papa-quinua-maíz (trigo) -hortalizas-alfalfa.

c) Siembra

Mujica et al. (2001), la siembra de quinua puede realizarse 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.

d) Abonamiento

Olazabal (2019), manifiesta que los nutrientes necesarios, son 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, 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.

e) Deshierbos

Lescano (1981), 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”.

g) Aporques

Alarcón (2012), los aporques son “necesarios para sostener la planta sobre todo en valles interandinos, evitando de este modo el vuelco o tumbado, le permite resistir los fuertes vientos antes de la floración, también permite mayor engrosamiento de los tallos y mayor cantidad de raíces”.

h) Riegos

Olazabal (2019) indica que, 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.

Sin embargo, concluye que el método de lisímetros es más informativo que los otros métodos, pues en el altiplano central de Bolivia, la evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua, medida por lisimetría, fue de 3.64 mm/día (promedio estacional), y 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. Según la Gómez y Aguilar (2016), en la costa peruana el cultivo de quinua se conduce bajo riego, que debe ser hecho de tal forma que proporcione a la quinua la cantidad de agua requerida para su crecimiento y desarrollo óptimo. El agricultor que riega conoce la pendiente, identifica los lugares más difíciles de regar, el sector donde el agua se empoza y otros. Con este conocimiento y con ayuda de un plano topográfico se puede establecer el sistema de riego y drenaje. La quinua se ve muy afectada en su crecimiento y desarrollo en zonas inundables del campo.

El cultivo de quinua se realiza en la región andina con una precipitación entre 200 mm (Salares de Bolivia) a 1000 mm (Concepción- Chile). Bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 7500 m³ con riego por goteo. La demanda de agua o cantidad aplicada varía por el clima (invierno, primavera, verano), el suelo (arenosos, francos, arcillosos, etc.), el cultivo-variedad (precoces o tardías), y el sistema de riego empleado (Huanca & Rojas, 2020).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (1998):

Se emplean tres sistemas de riego en quinua: riego de gravedad en surcos, riego tecnificado por goteo y aspersión. Riego de establecimiento del cultivo: antes de la

preparación del suelo, para tener un suelo con humedad en el momento de la siembra, de ser necesario aplicar un riego después de la siembra para favorecer la germinación y establecimiento del cultivo. Riegos de mantenimiento: distanciados cada 10, 15 a 20 días, dependiendo del tipo de suelo y el clima de la zona. En general evitar el exceso de humedad.

4.4.7. Plagas y enfermedades

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

(Neira, 2019), las plagas están muy relacionadas a la ocurrencia de sequías ko veranillos, que se presentan normalmente en las partes altas de los andes. La aplicación de un insecticida se debería considerar como una medida extrema, en caso de presentarse un nivel bajo. No requiere tomar medidas de control, algunos insectos pueden ser controlados por su enemigo natural

(Neira, 2019), la aplicación de métodos de control natural es practicada en forma tradicional por muchos campesinos y es ciertamente un aspecto del cual hace falta mayor comprobación y divulgación, las plagas se agrupan según el daño

(Gandarillas, 1979), las aves ocasionan daños durante los últimos estadios vegetativos de la planta, en especial en estado de grano lechoso, pastoso, pudiendo alcanzar las pérdidas hasta un 40%

Generalmente las enfermedades son producidas por hongos, bacterias, virus y nematodos, destacando como principales enfermedades: mildiu (*Peronospora farinosa*), la mancha foliar (*Ascochita hialospora*), podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua*), mancha oval del tallo (*Phoma sp.*) y el manchado (*Pseudomonas sp.*) (Gandarillas, 1979).

4.4.8. Cosecha, trilla, selección, envasado y almacenamiento

a) Siega

Mujica et al, (2001), 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.

b) Emparvado

Mujica et al, (2001), 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.

c) Trilla:

Mujica et al, (2001), 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.

d) Aventado y limpieza del grano:

Mujica et al, (2001), 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.

e) Secado del Grano:

Mujica et al, (2001), 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.

f) Selección del grano:

Mujica et al, (2001), 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.

g) Almacenamiento:

Mujica et al, (2001), 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

4.4.9. Rendimiento

Gandarillas y Tapia (1976), los rendimientos están relacionados con el nivel de fertilización del suelo, el uso de abonos químicos, la época de siembra, la variedad empleada, el control de enfermedades y plagas, así como la presencia de factores climáticos adversos como heladas y granizadas. En condiciones experimentales se puede obtener rendimientos por encima de 3000 kg/ha, siendo el promedio comercial aproximadamente de 1500 kg/ha

(FAO, 1998), los rendimientos de grano que se obtuvieron, varía de 650 kg/ha en semilleros y campos experimentales con una tecnología tradicional, hasta 3500 kg/ha en semilleros y campos experimentales, el rendimiento está en función del uso de semillas mejoradas, fertilización y cuidados culturales brindados

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

5.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo explicativa, puesto que evalúa el riego de manera experimental de modo que se utilizó 2 variables con diferentes frecuencias.

5.2. Ámbito de estudio

5.2.1. Ubicación espacial

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el centro agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo, provincia del Cusco.

5.2.2. Ubicación temporal

El presente trabajo de investigación se realizó en la campaña 2017 – 2018 iniciando el 17/07/2017 y terminando el 12/01/2018.

5.2.3. Ubicación política

Distrito : San Jerónimo

Provincia : Cusco

Región : Cusco

El clima de la región se caracteriza por ser templado frío durante la mitad del año con una temperatura entre 16°C y 8.5°C; y durante la otra mitad del año, se producen lluvias.

5.2.4. Ubicación geográfica

Altitud : 3 219 m.s.n.m.

Latitud Sur : 13° 34'

Longitud : 71° 54'

5.2.5. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota

Sub cuenca : Huatanay

5.2.6. Ubicación ecológica

En el centro agronómico K'ayra, con un módulo pluviométrico de 702.14 mm. Y una temperatura promedio anual de 12.46°C y según el diagrama de bioclimático de holdridge para la clasificación de la zona de vida, se ubica: Bosque húmedo-Montano Subtropical (bh-MS), Bosque seco- Montano Bajo subtropical (bs-MBS).

5.3. Materiales y Métodos

5.3.1. Materiales de campo, equipos y herramientas

- Cinta métrica
- Lampas
- Picos y palas
- Estacas
- Carteles
- Balanza
- Baldes
- Cilindros
- Estacas
- Rafia

5.3.2. Historial del campo

El campo donde se instaló este experimento estuvo cultivado por papa y maíz campaña 2016-2017.

5.3.3. Equipo de riego

- Cintas de goteo
- Válvulas
- Filtros
- Nanómetros

- Codos de PVC
- Tubos de PVC
- Trozos de jebe

5.3.4. Maquinaria

- Tractor agrícola
- Arado de discos
- Rastra de tiro
- Moto pulverizador
- Pulverizador manual.

5.3.5. Materiales de escritorio

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

5.3.6. Variedad utilizada en la tesis

Amarilla Marangani

La semilla de la variedad Amarilla Marangani fue proporcionada por la estación experimental andenes (INIA), planta erecta poco ramificada, de 1,80 m de altura, con abundante follaje, de tallo grueso, planta de color verde oscuro característico, a la madurez la planta es completamente anaranjada periodo vegetativo de 160 a 180 días, panoja glomerulada, grano grande de color anaranjado (2.5m), con alto

contenido de saponina, resistente al mildiu (*Peronospora farinosa*) y de alto potencial de rendimiento que fácilmente supera los 6000 kg/ha, susceptible al ataque de qhonaqhona y heladas, (Mujica, 2004). Esta variedad ha sido utilizada en la investigación por su tolerancia al mildiu y a periodos largos de sequía.

5.4. Métodos

5.4.1. Método para calcular el volumen de agua, lamina de riego y la eficiencia de uso de agua.

5.4.1.1. Cálculo de los volúmenes de agua de riego por goteo

Se considero los siguientes criterios:

a) Cálculo del coeficiente de uniformidad (CU)

Se aplica la siguiente expresión:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_n}$$

Donde:

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

Q_n: Caudal medio de descarga todos los goteros.

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

$$CU = \frac{0.884}{0.954}$$

$$CU = 0.926 \approx 0.93$$

Toma en consideración los valores recomendados del CU:

Tabla 4 Valor de riego por goteo

91% - 100%	Excelente
81% - 90%	Bueno
71% - 89%	Aceptable
Menor al 70%	Inaceptable

Fuente: Pizarro (1996)



Foto 1. Recolección de agua de un gotero



Foto 2. Mililitros de agua obtenidos en una muestra de campo

b) Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o)

$$ET_o = K_p * E_{\text{tanque}}$$

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm/día

K_p: Coeficiente del tanque que varía con el clima de la zona, tipo de tanque y del medio que circunda el mismo.

E_{tanque}: Evaporación del Tanque Clase "A" en mm./día y representa el valor medio diario del periodo considerado (Pizarro, 1996).

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

Velocidad del viento: 2m/s

Humedad relativa: 21.80 %

K_p calculado según tabla FAO: 0.70 adimensional (ver anexo 04)

$$ET_o = 0.7 * 7.09mm$$

$$ET_o = 4.97 mm/día$$

c) Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c)

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Dónde:

ET_c: Evapotranspiración del cultivo en mm./día

K_c: Coeficiente del cultivo, que es diferente para cada especie y en el que intervienen algunas circunstancias tales como la fase de crecimiento en los cultivos herbáceos, mes del año, cultivo con o sin laboreo en algunos árboles, etc.

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm./día (Pizarro, 1996).

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

Kc: del cultivo: 0.76 (curva del kc para sorgo)

Kp: calculado según tabla fao: 0.70 adimensional (ver anexo 06)

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia 4.97 mm/día

$$ETc = Kc * ETo$$

$$ETc = 0.76 * 4.97 \text{ mm/día}$$

$$ETc = 3.76 \text{ mm/día}$$

d) 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.

Según Pizarro (1996), 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:

La frecuencia de irrigación se tomó en cuenta para el (T1) tratamiento 01

$$Nn = ETC - Pe$$

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

Pe: Precipitación 0.70 mm/día

$$Nn = 3.76 \frac{mm}{dia} - 0.70 \frac{mm}{dia}$$

$$Nn = 3.06 mm/dia$$

Nn: Necesidades netas del cultivo (mm/día)

ETC: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

En cuanto al (T2) las necesidades netas donde se tomará en cuenta la frecuencia del riego por goteo que será cada 3 días donde se tomó en cuenta el ETC sumados los días no irrigados:

$$Nn = ETC(1er dia) + ETC(2do dia) + ETC(3er dia) - Pe$$

Nn: Necesidades netas del cultivo (mm/día)

ETC: Evapotranspiración del cultivo (mm/día) en los 3 días que no se aplicó el riego.

Pe: Precipitación diaria (mm/día)

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

ETC (1er día)= 3.76

ETC (2do día) =3.47

ETC (3er día) = 2.18

Pe (1er día)=0.70

Pe (2do día) =0.70

$$Pe (3er \text{ día}) = 0.70$$

$$Nn = ETC(1er \text{ dia}) + ETC(2do \text{ dia}) + ETC(3er \text{ dia})$$

$$Nn = 3.76 + 3.47 + 2.18 - 0.7 - 0.7$$

$$Nn = 8.01$$

Para el (T3) la frecuencia de irrigación fue cada 5 días donde se tomó en cuenta el ETC sumados los días no irrigados

$$Nn = ETC(1er \text{ dia}) + ETC(2do \text{ dia}) + ETC(3er \text{ dia}) + \dots + ETC(5to \text{ dia}) - Pe$$

Nn: Necesidades netas del cultivo (mm/día)

ETC: Evapotranspiración del cultivo (mm/día) en los 5 días que no se aplicó el riego.

Pe: Precipitación diaria (mm/día)

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

$$ETC (1er \text{ día}) = 3.76$$

$$ETC (2do \text{ día}) = 3.47$$

$$ETC (3er \text{ día}) = 2.18$$

$$ETC (4to \text{ día}) = 2.09$$

$$ETC (5to \text{ día}) = 2.36$$

$$Pe (1er \text{ día}) = 0.70$$

$$Pe (2do \text{ día}) = 0.70$$

$$Pe (3er \text{ día}) = 0.70$$

$$Pe (5to \text{ día}) = 0.30$$

$$Nn = ETC(1er \text{ dia}) + ETC(2do \text{ dia}) + ETC(3er \text{ dia}) + \dots + ETC(5to \text{ dia}) - Pe$$

$$Nn = 3.76 + 3.47 + 2.18 + 2.09 + 2.36 - 0.7 - 0.7 - 0.30$$

$$Nn = 12.16 \text{ mm/día}$$

e) Cálculo de las necesidades totales (Lámina total LT ó Lámina de riego LR).

Se utiliza la siguiente expresión:

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - K) * CU}$$

Donde:

Nt: Lámina de riego mm/día

Nn: Evapotranspiración del cultivo mm/día

K: (1 - Ea), en el caso de pérdidas

CU: Coeficiente de uniformidad

Para el trabajo de experimentación se obtuvo:

Fecha de evaluación: 17-septiembre-2017

Nn: 3.06 mm/día

CU: 0.93 %

$$Nt = \frac{3.06}{(1 - 0) * 0.93}$$

$$Nt = 3.29$$

f) Cálculo para el tiempo de riego (Tr)

$$Tr = \frac{NT * F}{P}$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego en horas

NT: Necesidades totales en mm/día

F: Frecuencia de riego en días

P: Precipitación de los goteros en mm/hora.

Para el trabajo de experimentación se tiene:

Para calcular P:

$$P = \frac{q}{D * d}$$

Donde:

Q: Caudal del emisor en este caso 1 l/hora

D: Distancia entre laterales de riego o cintas (60 cm)

D: Distancia entre emisores de riego (20 cm)

$$P = \frac{1}{60 * 20}$$

$$P = 8.33 \text{ mm}$$

NT: 3.29 para el día 17 de septiembre

F: 1 día

$$Tr = \frac{3.29 * 1}{8.33}$$

$$Tr = 0.39 \text{ hr} * 60 = 23'42''$$

5.4.1.2. Rendimiento de grano en kg/ha

Para obtener el rendimiento en kg/ha, se pesa lo obtenido en la parcela (kg) por el área de la parcela m², multiplicado por 10 000 equivalente al área de 1ha, la evaluación de pesos se realiza el día de la cosecha cuando se tiene el producto final.

Para el tratamiento 1 (frecuencia de riego 1 día)

$$Rdto \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{Peso por parcela (kg)}}{\text{Area de la parcela (m}^2)} * 10000m^2$$

$$Rdto \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{28.31 (kg)}{64.5 (m^2)} * 10000m^2$$

$$Rdto \left(\frac{kg}{ha} \right) = 4389 \frac{kg}{ha}$$

5.4.1.3. Eficiencia del uso del agua

La Eficiencia de uso de agua EUA se determina en base al rendimiento de granos de quinua por cada metro cubico de agua aplicado.

$$EUA\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\text{Rendimiento de granos de quinua}\left(\frac{kg}{ha}\right)}{\text{volumen de agua aplicado}\left(\frac{m^3}{ha}\right)}$$

Frecuencia de riego 1 día:

$$EUA\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{4389\left(\frac{kg}{ha}\right)}{3859.168361\left(\frac{m^3}{ha}\right)}$$

$$EUA\left(\frac{kg}{m^3}\right) = 1.14kg/m^3$$

5.4.2. Método para calcular el comportamiento del bulbo húmedo

Se evaluó el diámetro y profundidad de humedecimiento del bulbo húmedo de riego por goteo en 2 momentos: a) inmediatamente antes de la siembra b) a los 45 días después de la siembra aprovechando con las labores culturales de aporque y desahije, en ambos momentos se evaluaron 360 emisores (goteros) a los 15, 30, 45 y 60 minutos después de iniciado el riego. Se utilizó el vernier para medir el diámetro de humedecimiento hasta que este traslape, y la cinta métrica para medir la profundidad de alcance de humedecimiento en la calicata.

El comportamiento del bulbo húmedo nos ayuda a relacionar la infiltración del agua y el anclaje de las raíces en el suelo, ya que se observa que cuando hay un traslape entre emisores la reposición del agua es menor y esto en relación con el anclaje de las raíces, hace que sea superficial y no tenga una buena estabilidad, en las 3 frecuencias de riego por goteo se identifica que el comportamiento es indistinto tanto para el diámetro y la profundidad de humedecimiento, el área de humedecimiento en la superficie se calculó con la fórmula del círculo en m^2 , la profundidad de humedecimiento en m, para de esta forma hallar el volumen de humedecimiento en el suelo.

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A = área de humedecimiento

π = constante (3.1416)

r^2 = radio al cuadrado

Para la lectura en 15 minutos:

Profundidad de humedecimiento: 13.91cm

Diámetro de humedecimiento: 8.7 cm

Entonces:

$$A = \pi r^2$$

$$A=(3.14169) (0.0435)^2$$

$$A= 0.0059\text{m}^2$$

Para el volumen de humedecimiento: **Área de humedecimiento x profundidad de humedecimiento**

$$\text{Volumen de humedecimiento} = 0.0059\text{m}^2 \times 0.1391\text{m}$$

Volumen de humedecimiento = 0.00082m³ para un tiempo de 15 minutos en un suelo franco



Foto 3. Diámetro de humedecimiento



Foto 4. Profundidad de humedecimiento

5.4.3. Método para determinar las características agrologicas de la quinua

5.4.3.1. Profundidad de raíz

Al finalizar el estudio, se mide el largo de la raíz en cm. Asimismo se toma mediciones de la profundidad de raíz en el surco central y en forma de “X” de cada unidad experimental, de los datos obtenidos, se tiene el promedio. Los valores se expresan en cm.



Foto 5. Toma de las medidas de la profundidad de la raíz

5.4.3.2. Ancho radicular

El ancho se evalúa al término del estudio, midiendo el ancho de la raíz en cm. Se toma las mediciones del surco central de cada unidad experimental y se toma el promedio de los datos obtenidos. Las mediciones del ancho de raíz 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.



Foto 6. Evaluación del ancho radicular de la raíz

5.4.3.3. Altura de plantas

Se evaluó la altura de plantas a 45 días después de la siembra, y al momento de la cosecha. Se mide 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.



Foto 7. Medición de la altura de planta de quinua antes de la cosecha



Foto 8. Altura de la planta de quinua después de la cosecha

5.4.3.4. Longitud de panoja

Se evaluó la longitud de panoja, con la ayuda de una cinta métrica. Los valores obtenidos se expresaron en cm.



Foto 9. Longitud de la panoja de quinua

5.4.3.5. Diámetro de panoja

Para obtener el diámetro de panoja, se mide en los tres tratamientos con la ayuda del vernier. El diámetro de los $\frac{3}{4}$ iniciando en la parte basal media y del ápice para obtener los valores que se expresan en cm.



Foto 10. Diámetro de la panoja de quinua

5.4.3.6. Procesamientos de datos

El Análisis de Varianza (ANVA) se efectuó tomando como base los resultados obtenidos de la uniformidad de aplicación en las 3 frecuencias de riego por goteo, volúmenes de agua en riego por goteo (m³/ha) en los 3 tratamientos, la eficiencia de uso de agua en las 3 frecuencias de riego por goteo empleadas, profundidad de raíces (cm), ancho radicular (cm), altura de planta (cm), longitud de panoja (cm), ancho de panoja (cm) y rendimiento de grano (Kg/ha).

La prueba estadística a emplearse fue la de "F" y los valores calculados se compararán 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 Tukey a un nivel de 0.05.

5.4.4. Información básica del campo experimental

a) Recurso hídrico

Se cuenta con dos fuentes de agua. La fuente de agua principal que cuenta con un caudal de 50 l/s, el cual es captado por una bocatoma y conducido hasta la cabecera de parcela del potrero C-2.

Un caudal de 2 l/s, es aprovechado a través de un hidrante ubicado en un campo de cultivo de pastos, al costado del potrero C-2, el cual es conducido a través de una manguera de polietileno hasta la caja de recepción que es captada por un reservorio (Rotoplas de 600 l), y para ser conducido a las parcelas mediante un motor de 1 HP de potencia.



Foto 11. Foto bocatoma sector “Chanchería”

b) Topografía

La extensión de total del potrero C-2 es de 13515.142 m² con un perímetro de 462.387 m con una pendiente de 2.33 % en la dirección del escurrimiento y 3.33 %, perpendicular a los surcos de riego, como se observa en la foto 2.



Foto 12. Potrero C-2

c) Forma del predio

El potrero C-2 presenta una forma irregular en toda su extensión y debido a ello para la realización del presente trabajo de investigación, se seleccionó un área que presente condiciones favorables para optimizar los trabajos y que en lo posible presente una forma regular, que en nuestro caso se asemeja a un rectángulo en la dirección de S-N en su lado mayor.



Foto 13. Potrero C-2. Área rectangular seleccionada para el trabajo.

d) Suelos

Para la determinación del tipo de suelo, se procedió a tomar muestra de suelo de 2 lugares representativos debidamente homogeneizada y etiquetada para ser llevadas al laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Los resultados del análisis de suelos efectuada en el laboratorio se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 5 Análisis de fertilidad

N°	CLAVE	mmhos/cm	pH	% MO	% N.	ppm	ppm
		C.E			TOTAL	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0-20	0.20	7.80	3.87	0.19	87.4	104
2	20-40	0.18	7.9	2.72	0.07	76.3	95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Análisis de caracterización

N°	CLAVE	meq/100 CIC	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
1	0-20	18.47	36	40	24	FRANCO
2	20-40	10.14	32	37	27	FRANCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Otros análisis

Nº	CLAVE	% HE	% CC	g/cc Da	g/cc Dr	% PMP	% POROSIDAD
1	0-20	29.38	28.03	1.45	2.53	11.84	42.68
2	20-40	25.9	25.02	1.45	2.59	12.44	44.01

Fuente: Elaboración propia

El analisis de suelo nos indica que al suelo hace falta la incorporación de nitrógeno, mas no de fosforo (P_2O_5) y potasio (K_2O)

	N	P_2O_5	K_2O
ANALISIS DE SUELO	37.05	87.4	104
RECOMENDACIÓN DE ABONAMIENTO (FAO)	100	80	70
ABONAMIENTO UTILIZADO	88.6	7.36	10.52
ABONAMIENTO RECOMENDADO	62.95	-	-

Fuente: elaboración propia



Foto 14. Toma de muestra homogenizada para estudio de suelos

e) Clima

El clima es templado frío con temperatura máxima promedio anual de $16^{\circ}C$ y temperatura mínima promedio anual de $8.5^{\circ}C$; una precipitación pluvial anual promedio de 640 mm.

5.4.4.1. Características del campo experimental

Área de la unidad experimental

Número de unidades experimentales :	09
Ancho :	4.00 m.
Largo incluido las calles :	3.50 m.
Superficie del área :	12.90 m ² .

Área total neta de cada bloque

Numero de bloques :	3.00
Largo de bloques :	15.00 m.
Ancho de bloque incluida la calle :	4.30 m.
Área total de bloque :	64.50 m ²

Área experimental total

Largo de campo :	13.00 m.
Ancho del campo :	15.00 m.
Área experimental :	195 m ²

5.4.4.2. Diseño experimental

Se empleó el diseño por bloques completos al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones (tabla 4).

Tabla 8 Tiempos y tratamientos

CLAVE	TRATAMIENTO
T1	Frecuencia de riego por goteo 01 día
T2	Frecuencia de riego por goteo 03 días
T3	Frecuencia de riego por goteo 05 días

5.4.4.3. Tratamientos

T1 = frecuencia de riego por goteo 1 día

T2 = frecuencia de riego por goteo 3 días

T3 = frecuencia de riego por goteo 5 días

El campo experimental, estuvo conformado por tres bloques, cuyas medidas se encuentran especificadas en la figura 1.

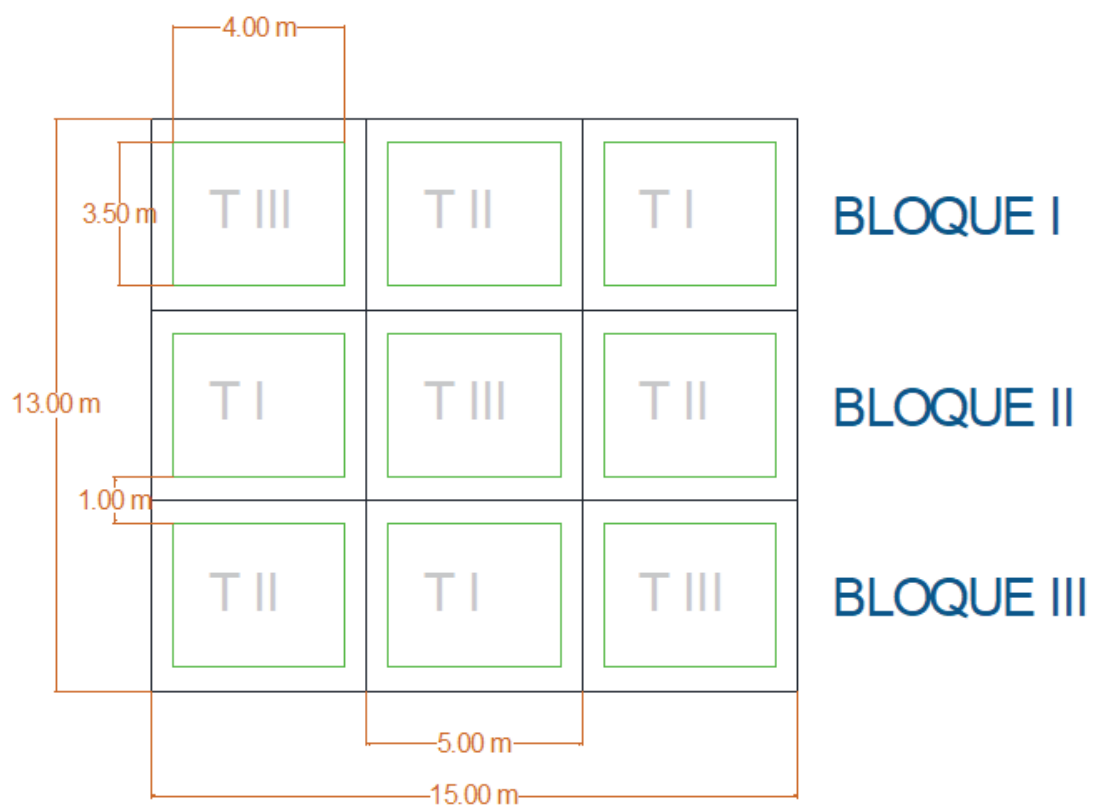


Figura 1. Croquis del campo experimental

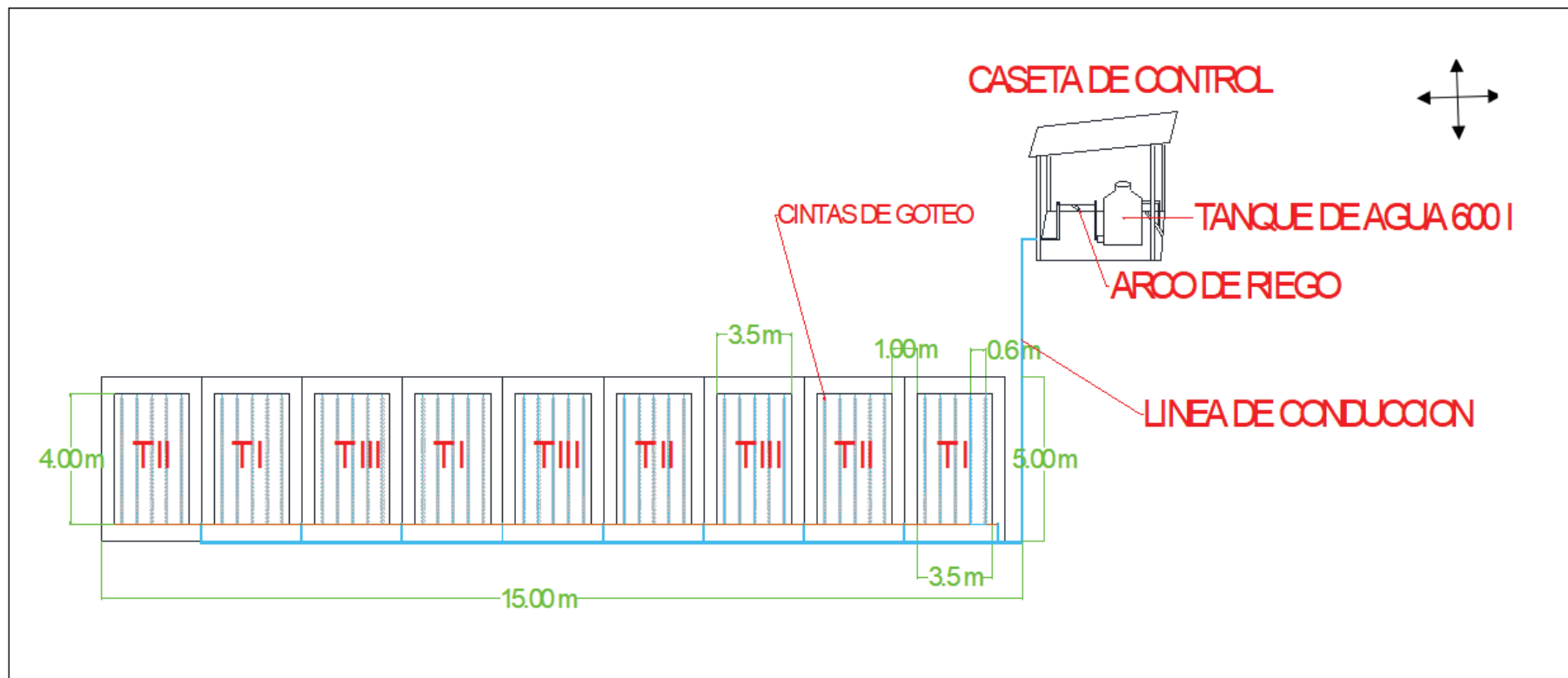


Figura 2. Sistema de riego en el campo experimental.

5.4.4.4. Coeficiente de uniformidad

Para a determinación de la uniformidad de riego. En general, se escogió aquellas que trabajen en las condiciones más difíciles (más alejadas de los cabezales de campo). O donde se detectaron problemas a simple vista (obstrucciones de emisores, desuniformidad, bajo vigor del cultivo)

Se tomaron 4 líneas portaemisores (laterales de riego), 2 de ellos que corresponden a los más alejados y 2 intermedios equidistantes de estos. En el sentido de 4 plantas: la primera, ubicada a 1/3 del origen, la segunda a 2/3 del origen.

5.4.4.5. 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 niveló el suelo, y se construyó las “camas” de goteo. Se aplicaron 200 Kg/ha. de estiércol, que contiene un 0.6% de nitrógeno, 0.3% de fosforo y un 0.4% de potasio 19,5 Kg/ha de guano de isla, que contiene un 10% de nitrógeno, 11% de fosforo y un 2% de potasio, 39Kg/ha de humus de lombriz, que contiene 2.3% de nitrógeno, fosforo 1.4% y potasio 2% Estos abonos orgánicos se aplicaron en la preparación, antes del paso del arado, para que éste pueda incorporar dentro del suelo. En proporción al área del experimento (195m²).

Entonces tenemos que; para 195 m², se aplicaron lo siguiente:

Para 1Ha de terreno	200kg	19.5kg	39kg
Para 195m ²	3.90kg	0.38kg	0.76kg

Lo que en nivel de fertilización equivale el equivalente es

Para 1 Ha				Para 195m ²			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	30.00	15.38	10.26		15.38	0.8	5.3
	50.00	56.41	51.28		14.25	2.9	2.6
	115.00	71.79	51.28		58.97	3.68	2.6
total	195.00	143.59	112.82	total	88.60	7.36	10.52

Fuente: elaboración propia.



Foto 15. Preparación del suelo para el cultivo de grano de quinua

5.4.4.6. 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 AZUD de 16 mm. de diámetro con un distanciamiento entre cintas de riego de 0.60 m. Las cintas presentan emisores cada 20 cm., con una descarga de 1.0 l/hr. a una presión de 1.0 Kg./cm² o 1 bar.



Foto 16. Tendido de cintas

5.4.4.7. Siembra

Se realizó en forma manual, con la modalidad de chorro continuo, la cantidad de semilla que se empleó 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.



Foto 17. Siembra manual de la quinua



Foto 18. Vista desde otro ángulo de las semillas sembradas.

5.4.4.8. 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 transcurran 45 días después de la siembra aproximadamente.



Foto 19. Vista del campo tras el deshierbo



Foto 20. Altura de la planta a los 20 días



Foto 21. Altura de la planta a los 45 días

5.4.4.9. 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.

5.4.4.10. Riego

Se empleó el sistema de riego por goteo.

Las dosis en riego por goteo, se calculará empleando el Método del Tanque de evaporación Clase “A”, (Pizarro, 1996).

5.4.4.11. 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.



Foto 22. Altura de la planta antes de la cosecha



Foto 23. Panoja de quinua



Foto 24. Trilla del grano de quinua



Foto 25. Venteo del grano de quinua

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. VOLUMEN DE AGUA LAMINA DE RIEGO Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA

6.1.1. Volumen de agua

- En la tabla 9 se muestra el volumen de agua aplicado al cultivo de quinua, que fueron calculados en base al método del tanque clase “A”. para toda la campaña en las 3 frecuencias de riego y asciende a 3859.168 m³/ha. Considerando el agua de lluvia dentro de los cálculos para necesidad neta.
- El volumen de agua para toda la campaña asciende a 3859.168 m³/ha, considerando que se aplica el mismo volumen de agua en diferentes tiempos de riego.

6.1.2. lamina de riego

- Es igual a 385.92 mm/ha, bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 5500 m³/ha con riego por goteo, estando dentro del promedio igual 3859.168 m³/ha.

6.1.3. Coeficiente de uniformidad

- El promedio de caudales es de promedio general de 0.954, y el promedio del 25% de los emisores evaluados es de 0.88, dando un resultado para el coeficiente de uniformidad de 93%(ver anexo 03).
- Los valores recomendados para el Coeficiente de Uniformidad son los siguientes:

91% - 100%

Excelente (Pizarro, 1996)

- Obtenidos en el presente trabajo 93% EXCELENTE según el libro de Riegos Localizados de Alta Frecuencia (Pizarro, 1996)

Tabla 9 Volumen de agua: utilizando el “método del tanque clase A”

<i>ETAPA</i>	<i>ESTADOS DE DESARROLLO</i>	<i>PERIODO (DIAS)</i>	<i>Kc</i>	<i>duración del estado vegetativo</i>		<i>ETAPAS</i>	<i>evo</i>	<i>ETO</i>	<i>ETC</i>	<i>Nn</i>	<i>Nt</i>	<i>m3/ha/campaña</i>
I	Emergencia	8	0.50	17-Jul-17	24-Jul-17	Emergencia	9.11	5.86	2.93	2.93	3.15	31.48
II	2 hojas verdaderas	20	0.50	25-Jul-17	5-Ago-17		25.51	16.97	8.49	8.49	9.12	91.24
III	4 hojas verdaderas	35	0.50	6-Ago-17	20-Ago-17		32.94	20.72	10.36	4.56	4.90	49.04
IV	6 hojas verdaderas	45	0.50	21-Ago-17	30-Ago-17		38.44	23.28	11.64	11.04	11.87	118.69
V	Ramificación	55	1.00	31-Ago-17	9-Set-17	Desarrollo	37.90	24.37	14.18	13.78	14.81	148.13
VI	Inicio de panojamiento	60	1.00	10-Set-17	14-Set-17		20.65	13.86	9.56	9.26	9.95	99.52
VII	Panojamiento	70	1.00	15-Set-17	24-Set-17		58.28	35.95	28.25	23.95	25.75	257.50
VIII	Inicio de floración	80	1.00	25-Set-17	4-Oct-17		52.14	36.38	33.96	27.46	29.53	295.30
IX	Floración o antesis	100	1.00	5-Oct-17	24-Oct-17	Formación de fruto	101.84	78.49	78.49	59.19	63.65	636.49
X	Grano acuoso	130	1.00	25-Oct-17	23-Nov-17		172.81	131.09	131.09	80.29	86.33	863.29
XI	Grano lechoso	140	1.00	24-Nov-17	3-Dic-17		55.85	43.76	43.76	29.56	31.78	317.81
XII	Grano pastoso	150	1.00	4-Dic-17	13-Dic-17		62.50	48.15	48.15	37.55	40.37	403.74
XIII	Madurez fisiológica	160	0.70	14-Dic-17	23-Dic-17	Maduración	64.09	50.00	47.26	18.06	19.41	194.14
XIV	Madurez de cosecha	180	0.70	24-Dic-17	12-Ene-18		112.25	89.76	72.05	32.81	35.28	352.80
										358.90	385.92	3859.168

Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Rendimiento de grano por planta

En la tabla 10, rendimiento de grano limpio (g/planta) en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 35.23 g/planta.

Tabla 10 Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	24.10	25.00	29.90	79.00	26.33
Frec. riego 3 día	34.30	47.00	40.40	121.70	40.57
Frec. riego 5 día	40.50	37.10	38.80	116.40	38.80
Sumatoria	98.90	109.10	109.10	317.10	35.23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, ANVA para rendimiento de grano limpio (g/planta) en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; mientras para tratamientos se tiene una significación del 5%, refiriendo que existe una certeza del 95% de encontrar diferencias estadísticas significativas. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 12.92%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 11 ANVA para Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	23.120	11.5600	0.5582	0.026	0.005	NS. NS.
Tratamiento	2	361.127	180.5633	8.7194	6.940	18.000	* NS.
Error	4	82.833	20.7083				
Total	8	467.080	CV =	12.92%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, Prueba Tukey para rendimiento de grano limpio (g/planta) en frecuencia de riego por goteo se tiene que la frecuencia de riego de 3 días (40.57 g/planta) y frecuencia de riego 5 días (38.80 g/planta) son estadísticamente iguales entre sí y superiores a la frecuencia de riego 1 día (26.33 g/planta) con 95% de certeza (ver figura 3).

Tabla 12 Prueba Tukey para Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo

ALS(5%) = 13.24

N° de orden	Tratamientos	Rdto. Grano limpio (g/pta.)	Significación de Tukey	
			5%	
I	Frec. riego 3 día	40.57	a	
II	Frec. riego 5 día	38.80	a	b
III	Frec. riego 1 día	26.33	b	b

Fuente: Elaboración propia

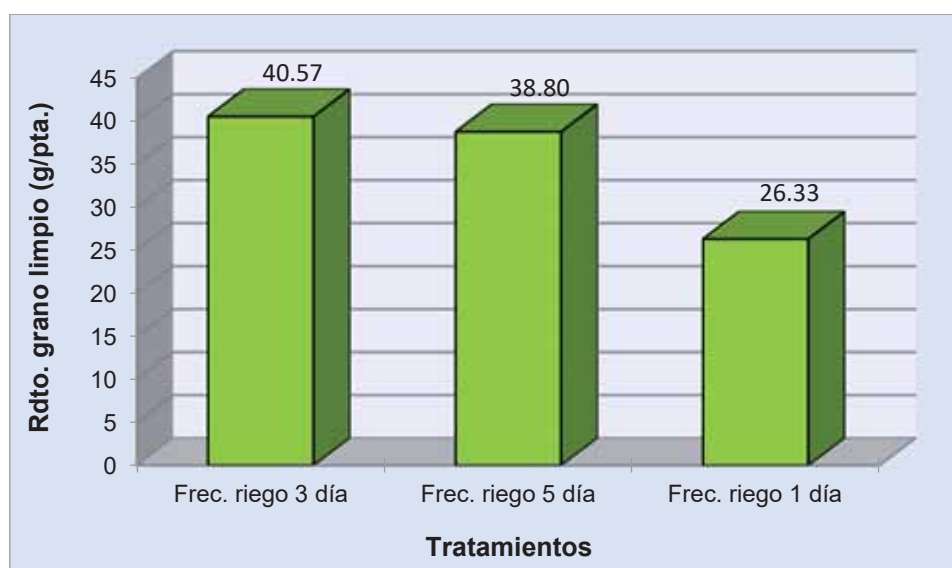


Figura 3. Rendimiento grano limpio (g/pta.) en frecuencia de riego por goteo

6.1.4.1. Rendimiento de grano por hectárea

En la tabla 13 se muestra el rendimiento del grano, donde observamos que el rendimiento de granos en el 1^{er} tratamiento (frecuencia de riego 1 día), es de 4.38 toneladas por hectárea. En el 2^{do} tratamiento (frecuencia de riego 3 días) es de 6.76 toneladas por hectárea. En el 3^{er} tratamiento (frecuencia de riego 5 días) es de 6.46 toneladas por hectárea.

Tabla 13 Rendimiento de granos

TRATAMIENTO	Rendimiento grano limpio kg/pta.	Área de bloque m ²	Peso por parcela kg	rendimiento kg/ha
Frec. riego 1 día	0.03	64.50	28.31	4389
Frec. riego 3 día	0.04	64.50	43.61	6761
Frec. riego 5 día	0.04	64.50	41.71	6467
área neta del experimento		193.50		

Fuente: Elaboración propia

6.1.5. Eficiencia del uso de agua E.U.A

En la tabla 14 se muestra la eficiencia del uso de agua kg/m^3 donde identificamos que en el 1^{er} tratamiento (frecuencia de riego 1 día) es de 1.14 kg/m^3 , interpretando que por cada m^3 de agua aplicado se produce 1.14 kg de grano. En el 2^{do} tratamiento (frecuencia de riego 3 días) es de 1.75 kg/m^3 , es decir por cada m^3 que se aplica se obtiene 1.75 kg de grano en el 3^{er} tratamiento (frecuencia de riego 5 días) fue de 1.68 kg/m^3 . Por cada m^3 aplicado se obtiene 1.68 kg de grano, el tratamiento mas eficiente en el experimento fue el tratamiento 2 con frecuencia de riego de 3 días.

Tabla 14 Eficiencia del uso de agua kg/m^3

TRATAMIENTO	Rendimiento grano limpio kg/pta.	Peso por parcela kg	Área de parcela m^2	volumen de agua m^3	Rendimiento kg/ha	E.U.A kg/m^3
Frec. riego 1 día	0.03	28.31	64.50	3859.168	4389	1.14
Frec. riego 3 día	0.04	43.61	64.50		6761	1.75
Frec. riego 5 día	0.04	41.71	64.50		6467	1.68
Área del experimento			193.50			

Fuente: Elaboración propia

6.2. COMPORTAMIENTO DEL BULBO HÚMEDO

El bulbo húmedo en el terreno experimental que es un suelo tipo **franco** se presenta de la siguiente forma en cuanto a la profundidad y diámetro de humedecimiento en la superficie

Tabla 15 Comportamiento del bulbo húmedo antes de instalar el cultivo.

TIEMPO DE RIEGO (min)	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO (m)	AREA (m^2)	VOLUMEN (m^3)
15	0.1391	0.087	0.0059	0.00083
30	0.2307	0.149	0.0174	0.00402
45	0.3831	0.209	0.0343	0.01314
60	0.4469	0.215	0.0363	0.01623

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Comportamiento del bulbo húmedo a los 45 días después de la siembra

TIEMPO DE RIEGO (min)	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
15	0.108	0.085	0.0057	0.00061
30	0.225	0.122	0.0117	0.00263
45	0.296	0.159	0.0199	0.00588
60	0.367	0.165	0.0214	0.00785

Fuente: Elaboración propia

La profundidad de humedecimiento para el tiempo de 15 minutos, se observa un promedio de 0.108 m tomando en cuenta 10 plantas y el diámetro de humedecimiento 0.085 m.



Foto 26. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 15 minutos



Foto 27. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 15 minutos

La profundidad de humedecimiento para el tiempo de 30 minutos, fue un promedio de 0.225 m tomando en cuenta 10 plantas y el diámetro de humedecimiento 0.122 m, se puede observar que la profundidad es mayor al diámetro



Foto 28. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 30 minutos



Foto 29. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 30 minutos

La profundidad de humedecimiento para el tiempo de 45 minutos, fue un promedio de 0.296 m tomando en cuenta 10 plantas y el diámetro de humedecimiento 0.159 m, a los 45 minutos se observa que la profundidad de humedecimiento es mayor que el diámetro que se estabiliza mientras pasa el tiempo hasta llegar a la saturación del suelo.



Foto 30. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 45 minutos



Foto 31. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 45 minutos

El bulbo húmedo para el tiempo de 60 minutos la profundidad, se observa un promedio de 0.367 m tomando en cuenta 10 plantas y el diámetro de alcance 0.165 m, donde ocurre el traslape de los emisores, y por consecuencia una saturación completa del suelo



Foto 32. Diámetro de alcance del bulbo húmedo a los 60 minutos traslape



Foto 33. Profundidad de alcance del bulbo húmedo a los 60 minutos traslape

El comportamiento del bulbo húmedo para el tratamiento I (frecuencia de riego de 1 día) se observa que se riega no menos de 10 minutos (ver anexo 5) ya que la pérdida del agua es repuesta cada día, hace que las raíces sean superficiales y no tenga un buen anclaje al suelo.

El comportamiento del bulbo húmedo para el tratamiento II (frecuencia de riego de 3 días) se observa que el suelo necesita irrigarse más de 18 minutos ya que la pérdida es de 3 días consecutivos, la respuesta de las raíces es buscar el agua y así tener un mejor anclaje al suelo.

El comportamiento del bulbo húmedo para el tratamiento III (frecuencia de riego de 5 días) el suelo necesita irrigarse más de 25 minutos ya que el suelo perdía agua por un tiempo más prolongado, el terreno al quedarse sin abastecimiento de agua impulsa a que las raíces del cultivo busquen con mayor profundidad el agua en el suelo, para generar estabilidad.

6.3. CARACTERÍSTICAS AGROLOGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA

6.3.1. Profundidad de raíz 35 días

En la tabla 17, se observa la profundidad de raíz (cm) a los 35 días de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 9.42 cm.

Tabla 17 Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	8.95	9.32	8.89	27.16	9.05
Frec. riego 3 día	9.27	10.58	9.18	29.03	9.68
Frec. riego 5 día	9.37	9.58	9.62	28.57	9.52
Sumatoria	27.59	29.48	27.69	84.76	9.42

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, ANVA para profundidad de raíz (cm) a los 35 días de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; de igual modo para tratamientos se tiene no significancia, refiriendo también que los tratamientos fueron homogéneos, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 4.18%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 18 ANVA para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	0.754	0.3770	2.4379	6.940	18.000	NS. NS.
Tratamiento	2	0.633	0.3165	2.0465	6.940	18.000	NS. NS.
Error	4	0.619	0.1546				
Total	8	2.006	CV =	4.18%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, ordenamiento para profundidad de raíz (cm) a los 35 días de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene sólo diferencias a nivel aritmético, siendo la

frecuencia de riego de 3 días (9.68 cm) mayor a la frecuencia de riego 5 días (9.52 cm) y este a su vez a la frecuencia de riego 1 día (9.05 cm) (ver figura 4).

Tabla 19 Ordenamiento para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

Nº de Orden	Tratamientos	Profundidad de raíz 35 días (cm)
I	Frec. riego 3 día	9.68
II	Frec. riego 5 día	9.52
III	Frec. riego 1 día	9.05

Fuente: Elaboración propia

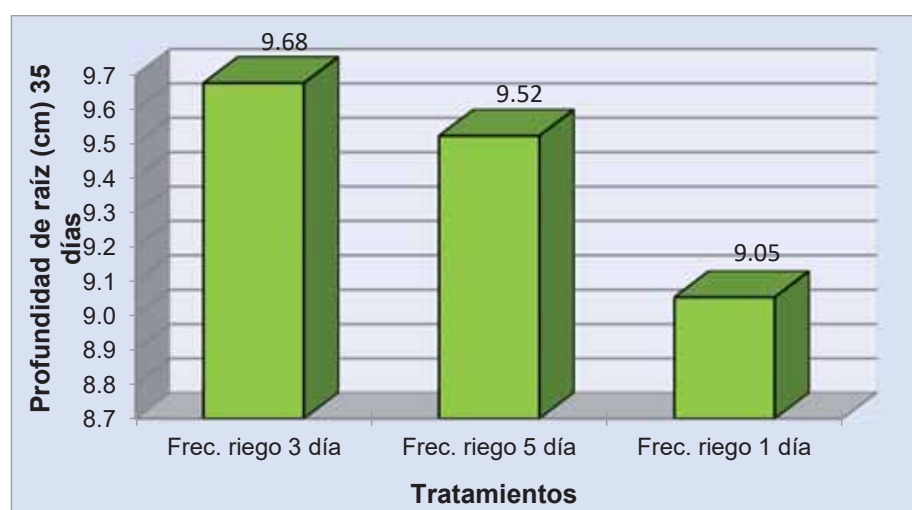


Figura 4. Profundidad de raíz (cm) a 35 días en frecuencia de riego por goteo

6.3.2. Profundidad de raíz a la cosecha

En la tabla 20, se evidencia la profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 25.23 cm.

Tabla 20 Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	21.00	17.30	22.10	60.40	20.13
Frec. riego 3 día	31.00	30.20	38.00	99.20	22.50
Frec. riego 5 día	21.70	21.40	24.40	67.50	33.07
Sumatoria	73.70	68.90	84.50	227.10	25.23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21, ANVA para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; mientras para tratamientos se tiene una significación del 1%, refiriendo que existe una certeza del 99% de encontrar diferencias estadísticas significativas. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 6.97%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 21 ANVA para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	42.560	21.2800	6.8793	6.940	18.000	NS. NS.
Tratamiento	2	284.527	142.2633	45.9903	6.940	18.000	* *
Error	4	12.373	3.0933				
Total	8	339.460	CV =	6.97%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, prueba Tukey para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene que la frecuencia de riego de 5 días (33.07 cm) es estadísticamente superior a los otros tratamientos tanto al 95 y 99% de certeza, a su vez la frecuencia de riego 3 días (22.50 cm) y frecuencia de riego 1 día (20.13 cm) son estadísticamente iguales entre sí e inferiores al anterior a los mismos niveles de significación (ver figura 5).

Tabla 22 Prueba Tukey para profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

		ALS (5%) =	5.12	ALS (1%) =	8.25
Nº De Orden	Tratamientos	Profundid. de raíz (cm)	Significación de Tukey		
			5%	1%	
I	Frec. riego 5 día	33.07	a	a	
II	Frec. riego 3 día	22.50	b	b	
III	Frec. riego 1 día	20.13	b	b	

Fuente: Elaboración propia

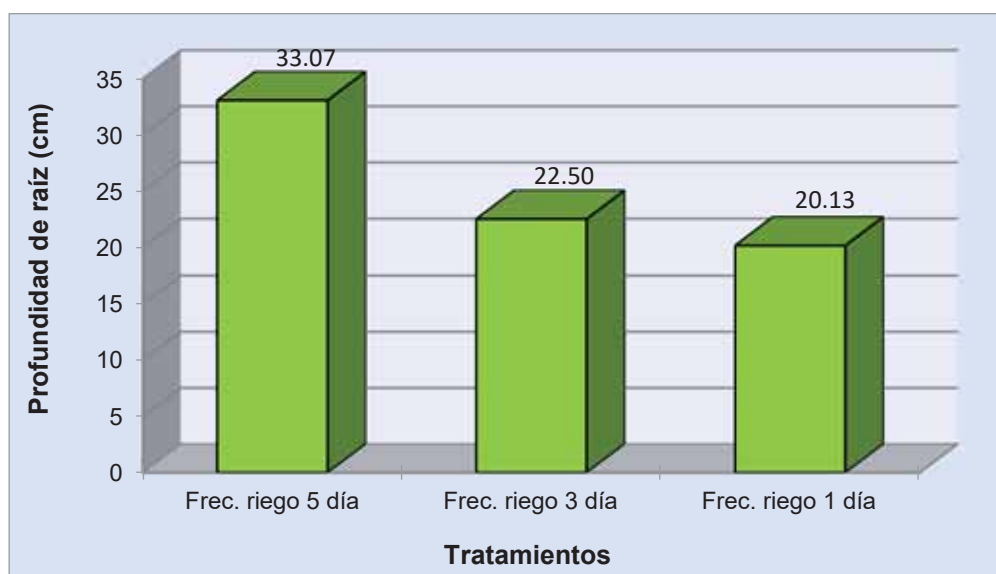


Figura 5. Profundidad de raíz (cm) en frecuencia de riego por goteo

6.3.3. Ancho radicular

En la tabla 23, ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 16.72 cm.

Tabla 23 Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	30.70	29.90	22.65	83.25	27.75
Frec. riego 3 día	11.50	12.83	14.50	38.83	12.94
Frec. riego 5 día	9.73	11.30	7.40	28.43	9.48
Sumatoria	51.93	54.03	44.55	150.51	16.72

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, ANVA para ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; mientras para tratamientos se tiene una significación del 1%, refiriendo que existe una certeza del 99% de encontrar diferencias estadísticas significativas. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 17.70%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 24 ANVA para Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	16.527	8.2636	0.9436	0.026	0.005	NS. NS.
Tratamiento	2	565.170	282.5849	32.2693	6.940	18.000	**
Error	4	35.028	8.7571				
Total	8	616.725	CV =	17.70%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, prueba Tukey para ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene que la frecuencia de riego de 1 día (27.75 cm) es estadísticamente superior a los otros tratamientos tanto al 95 y 99% de certeza, a su vez la frecuencia de riego 3 días (12.94 cm) y frecuencia de riego 5 días (9.48 cm) son estadísticamente iguales entre sí e inferiores al anterior a los mismos niveles de significación (ver figura 6)

Tabla 25 Prueba Tukey para Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo

		ALS(5%) = 8.61	ALS(1%) = 13.87		
N° de Orden	Tratamientos	Ancho radicular (cm)	Significación de Tukey		
			5%	1%	
I	Frec. riego 1 día	27.75	a	a	
II	Frec. riego 3 día	12.94	b	b	
III	Frec. riego 5 día	9.48	b	b	

Fuente: Elaboración propia

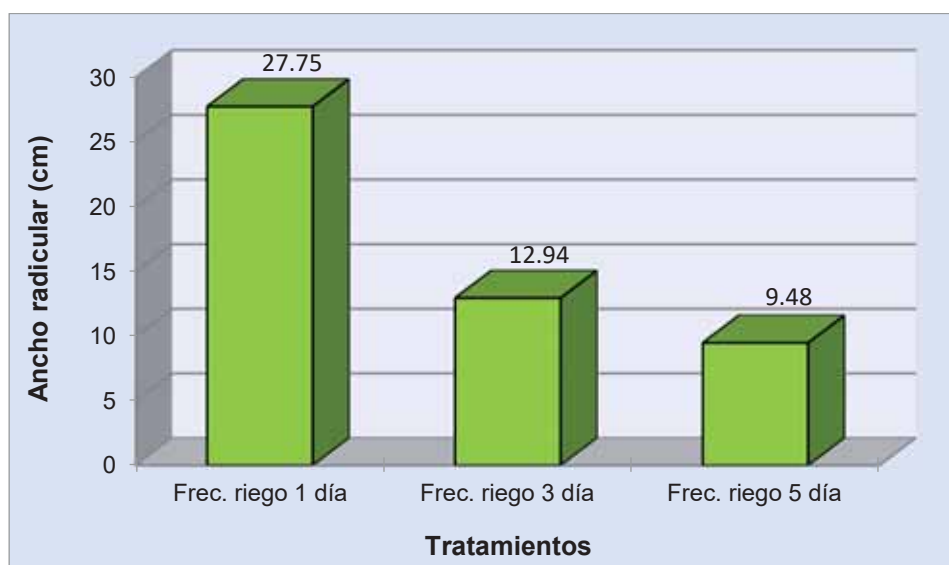


Figura 6. Ancho radicular (cm) en frecuencia de riego por goteo.

6.3.4. Altura de planta a los 35 días

En la tabla 26 altura de planta (cm) a 35 días después de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 35.03 cm.

Tabla 26 Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	35.60	35.30	35.60	106.50	35.50
Frec. riego 3 día	34.50	34.50	35.30	104.30	34.77
Frec. riego 5 día	34.24	36.04	34.21	104.49	34.83
Sumatoria	104.34	105.84	105.11	315.29	35.03

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27, ANVA para altura de planta (cm) a 35 días de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; de igual modo para tratamientos se tiene no significancia, refiriendo también que los tratamientos fueron homogéneos, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 2.17%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 27 ANVA para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	0.375	0.1875	0.3250	0.026	0.005	NS. NS.
Tratamiento	2	0.991	0.4953	0.8584	0.026	0.005	NS. NS.
Error	4	2.308	0.5770				
Total	8	3.674	CV =	2.17%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28, ordenamiento para altura de planta (cm) a 35 días de la siembra en frecuencia de riego por goteo se tiene sólo diferencias a nivel aritmético, siendo la frecuencia de riego de 1 día (35.50 cm) mayor a la frecuencia de riego 5 días (34.83 cm) y este a su vez a la frecuencia de riego 3 días (34.77 cm) (ver figura 7).

Tabla 28 Ordenamiento para altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

N° de Orden	Tratamientos	Altura de planta 35 días (cm)
I	Frec. riego 1 día	35.50
II	Frec. riego 5 día	34.83
III	Frec. riego 3 día	34.77

Fuente: Elaboración propia

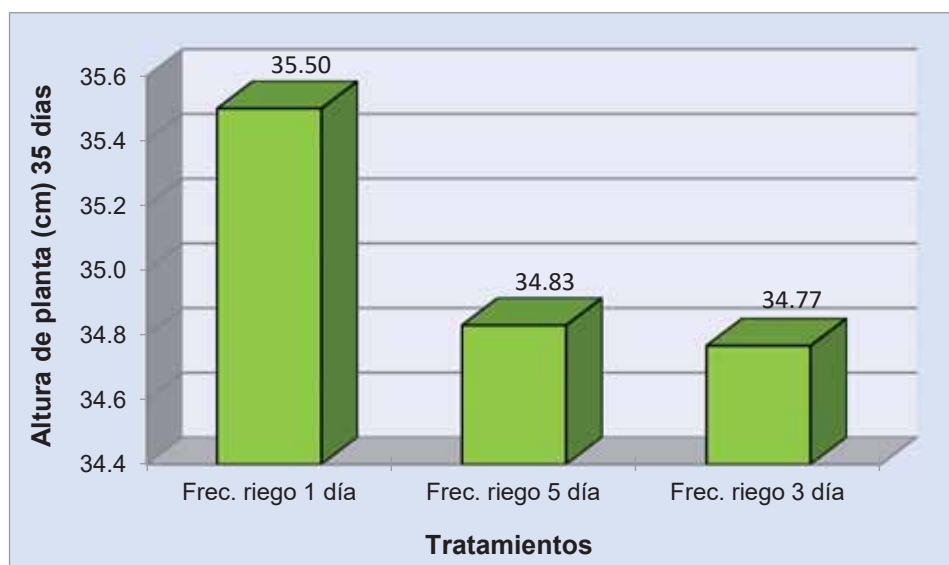


Figura 7. Altura de planta (cm) a 35 días en frecuencia de riego por goteo

6.3.5. Altura de planta a la cosecha

En la tabla 29, altura de planta (cm) a la madurez en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 221.09 cm.

Tabla 29 Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	216.10	218.90	215.50	650.50	216.83
Frec. riego 3 día	224.40	198.70	238.10	661.20	220.40
Frec. riego 5 día	217.40	230.00	230.70	678.10	226.03
Sumatoria	657.90	647.60	684.30	1989.80	221.09

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30, ANVA para altura de planta (cm) a la madurez en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; de igual modo para tratamientos se tiene no significancia, refiriendo también que los tratamientos fueron homogéneos, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos.

Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 5.90%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 30 ANVA para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	238.882	119.4411	0.7027	0.026	0.005	NS. NS.
Tratamiento	2	129.096	64.5478	0.3797	0.026	0.005	NS. NS.
Error	4	679.931	169.9828				
Total	8	1047.909	CV =	5.90%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, ordenamiento para altura de planta (cm) a la madurez en frecuencia de riego por goteo se tiene sólo diferencias a nivel aritmético, siendo la frecuencia de riego de 5 días (226.03 cm) mayor a la frecuencia de riego 3 días (220.40 cm) y este a su vez a la frecuencia de riego 1 día (216.83 cm) (ver figura 8).

Tabla 31 Ordenamiento para Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

Nº de Orden	Tratamientos	Altura de planta (cm)
I	Frec. riego 5 día	226.03
II	Frec. riego 3 día	220.40
III	Frec. riego 1 día	216.83

Fuente: Elaboración propia

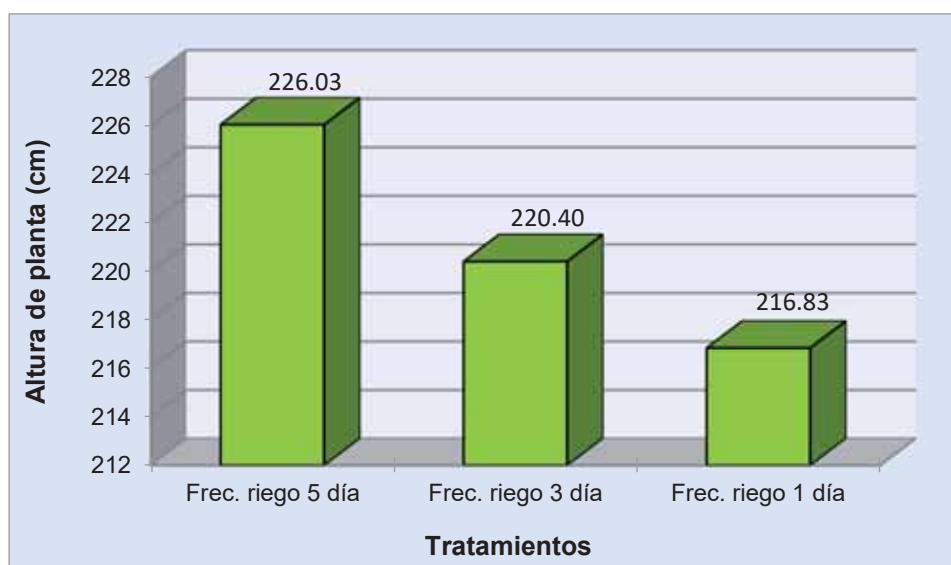


Figura 8. Altura de planta (cm) en frecuencia de riego por goteo

6.3.6. Longitud de panoja

En la tabla 32, longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 64.00 cm.

Tabla 32 Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	45.80	55.70	66.60	168.10	56.03
Frec. riego 3 día	67.30	68.30	69.20	204.80	68.27
Frec. riego 5 día	66.50	68.30	68.30	203.10	67.70
Sumatoria	179.60	192.30	204.10	576.00	64.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33, ANVA para longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; de igual modo para tratamientos se tiene no significancia, refiriendo también que los tratamientos fueron homogéneos, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 8.57%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 33 ANVA para Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	100.087	50.0433	1.6630	6.940	18.000	NS. NS.
Tratamiento	2	286.087	143.0433	4.7536	6.940	18.000	NS. NS.
Error	4	120.367	30.0917				
Total	8	506.540	CV =	8.57%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34, ordenamiento para longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene sólo diferencias a nivel aritmético, siendo la frecuencia de riego de 3 días (68.27 cm) mayor a frecuencia de riego 5 días (67.70 cm) y este a su vez a la frecuencia de riego 1 día (56.03 cm) (ver figura 9).

Tabla 34 Ordenamiento para Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

Nº de Orden	Tratamientos	Longitud de panoja (cm)
I	Frec. riego 3 día	68.27
II	Frec. riego 5 día	67.70
III	Frec. riego 1 día	56.03

Fuente: Elaboración propia

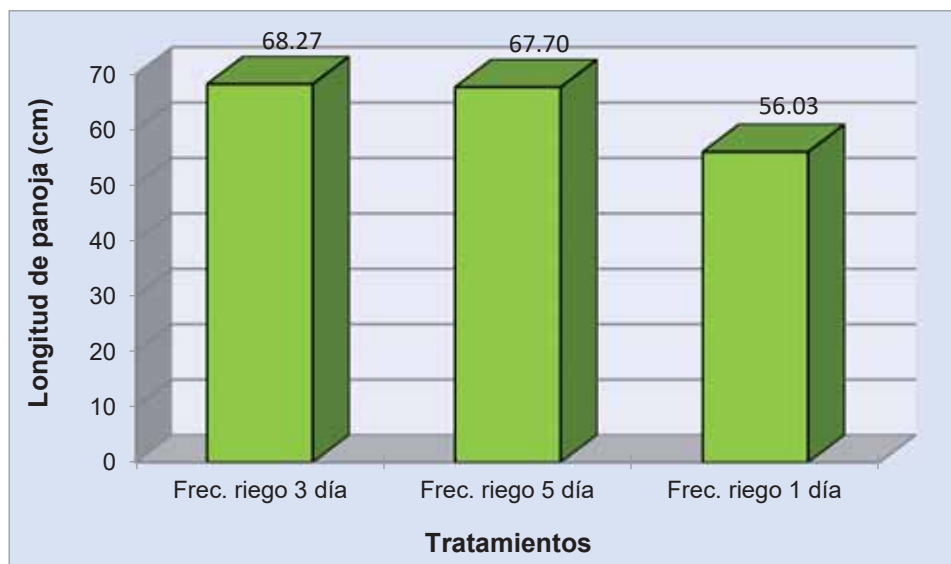


Figura 9. Longitud de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

6.3.7. Diámetro de panoja

En la tabla 35, diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene un promedio general de 7.02 cm.

Tabla 35 Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

Tratamientos	Bloques			Total	Promedio
	I	II	III		
Frec. riego 1 día	7.31	6.55	6.84	20.70	6.90
Frec. riego 3 día	7.02	7.33	7.40	21.75	7.25
Frec. riego 5 día	7.69	6.48	6.55	20.72	6.91
Sumatoria	22.02	20.36	20.79	63.17	7.02

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36, ANVA para diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene para bloques no significancia, indicando que los bloques fueron homogéneos; de igual modo para tratamientos se tiene no significancia, refiriendo también que los

tratamientos fueron homogéneos, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos. Con un Coeficiente de Variabilidad (CV) de 6.39%, indicando que el registro de datos fue correcto.

Tabla 36 ANVA para Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	2	0.495	0.2474	1.2308	6.940	18.000	NS. NS.
Tratamiento	2	0.240	0.1202	0.5980	0.026	0.005	NS. NS.
Error	4	0.804	0.2010				
Total	8	1.539	CV =	6.39%			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37, ordenamiento para diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo se tiene sólo diferencias a nivel aritmético, siendo la frecuencia de riego de 3 días (7.25 cm) mayor a la frecuencia de riego 5 días (6.91 cm) y este a su vez a la frecuencia de riego 1 día (6.90 cm) (ver figura 10)

Tabla 37 Ordenamiento para Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

Nº de Orden	Tratamientos	Diámetro de panoja (cm)
I	Frec. riego 3 día	7.25
II	Frec. riego 5 día	6.91
III	Frec. riego 1 día	6.90

Fuente: Elaboración propia

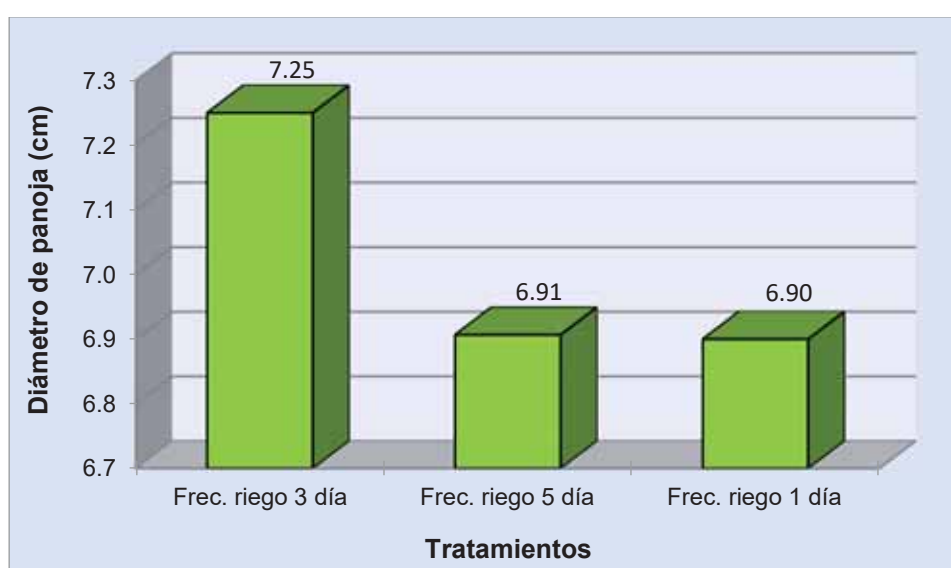


Figura 10. Diámetro de panoja (cm) en frecuencia de riego por goteo

VII. CONCLUSIONES

1. EFICIENCIA DEL USO DE AGUA DE RIEGO

- **Volumen de agua empleado**

Se obtiene volumen de agua aplicado al cultivo de quinua, que fueron calculados en base al METODO del tanque clase "A". para toda la campaña en los 3 tratamientos asciende a 3859.168 m³/ha.

- **Lamina de riego**

Fue igual a 385.92 mm. Bajo condiciones de riego en la costa peruana se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 7500 m³ con riego por goteo, estando dentro del promedio igual a 3859.168 m³.

- **Coefficiente de uniformidad**

El promedio general de caudales es de 0.954 l/s, y el promedio del 25% de los emisores evaluados es de 0.88 l/s, dando un resultado para el coeficiente de uniformidad de 93% clasificado como excelente según (Pizarro 1996)

- **Rendimiento**

Se tiene que el rendimiento en el tratamiento I (frecuencia de riego 1 día), es de 4.38 toneladas por hectárea. En el tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) es de 6.76 toneladas por hectárea. En el tratamiento III (frecuencia de riego 5 días) es de 6.46 toneladas por hectárea. El mejor rendimiento de grano por ha se obtiene en el tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) que es de 6.76 toneladas por hectárea, que estadísticamente iguales con el tratamiento III (frecuencia de riego 5 días) que es de 6.46 toneladas por hectárea, ambos son superiores al rendimiento obtenido en el 1^{er} tratamiento (frecuencia de riego 1 día), que es de 4.38 toneladas por hectárea.

- **Eficiencia de uso de agua**

Se tiene que en el tratamiento I (frecuencia de riego 1 día) es de 1.14 kg/m³, interpretando que por cada m³ de agua aplicado se produce 1.14kg de grano. En el

tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) es de 1.75 kg/m^3 , es decir por cada m^3 que se aplica se obtiene 1.75 kg de grano en el tratamiento III (frecuencia de riego 5 días) fue de 1.68 kg/m^3 . Por cada m^3 aplicado se obtiene 1.68 kg de grano, el tratamiento más eficiente en el experimento fue el tratamiento 2 con frecuencia de riego de 3 días.

2. COMPORTAMIENTO DEL BULBO HÚMEDO

En un suelo tipo franco a los 15 minutos el área alcanzada es de 0.0057 m^2 , y el volumen de humedecimiento es de 0.00061 m^3 , con una profundidad de 0.108 m y diámetro de 0.085 m, a los 30 minutos el área alcanzada es de 0.0117 m^2 y el volumen de humedecimiento es de 0.00263 m^3 , con una profundidad de 0.225 m y diámetro de 0.122 m; a los 45 minutos el área alcanzada es de 0.0199 m^2 y el volumen de humedecimiento es de 0.00588 m^3 con una profundidad de 0.296 m y 0.159 m de diámetro; a los 60 minutos el área alcanzada es de 0.0214 m^2 y el volumen de humedecimiento es de 0.00785 m^3 , con una profundidad de 0.367 m de profundidad y 0.165 m de diámetro, se infiere que la profundidad llega hasta las raíces si se irriga durante una hora, sin embargo el diámetro de alcance se mantiene, saturando de esta forma al suelo tipo franco.

El comportamiento del bulbo húmedo para el tratamiento II (frecuencia de riego de 3 días) donde se obtuvieron mejores rendimientos, se observa que el suelo necesita irrigarse más de 18 minutos ya que la pérdida es de 3 días consecutivos, en respuesta las raíces buscan una estabilidad en el suelo para poder captar mejor el agua y nutrientes.

3. CARACTERÍSTICAS AGROLÓGICAS

- **Profundidad de raíz**

Para el tratamiento donde se obtuvo mejor rendimiento de grano por hectárea tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) la profundidad de raíces en promedio es de 22.50 cm, menor estadísticamente al tratamiento III (frecuencia de riego de 5 días) que es de 33.07 cm, con 99% de certeza.

- **Ancho radicular**

Para el tratamiento donde se obtuvo mejor rendimiento de grano por hectárea, tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) el ancho radicular a la cosecha es de 12.94 cm, menor estadísticamente al tratamiento I (frecuencia de riego de 1 días) que es de 27.75 cm superior a los otros tratamientos con 99% de certeza.

- **Altura de planta**

Para altura de planta (cm) para el tratamiento con mejor rendimiento, tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) es 220.40 cm, debajo del tratamiento III (frecuencia de riego 5 días) de 226.03 cm con el 99% de certeza.

- **Longitud de panoja**

Para el tratamiento donde se obtuvo el mejor rendimiento de grano por hectárea tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) es de 68.27 cm, siendo esta superior estadísticamente a los otros 2 tratamientos 67.70 cm y 56.03 cm, respectivamente al 99% de certeza.

- **Diámetro de panoja**

Para el tratamiento donde se obtuvo el mejor rendimiento de grano por hectárea tratamiento II (frecuencia de riego 3 días) el diámetro de panoja es de 7.25 cm siendo esta superior estadísticamente al 99% de certeza.

Los tratamientos que obtuvieron mejores características agrológicas en profundidad de raíz, ancho radicular, altura de planta no tiene una relación directa con el rendimiento obtenido en el tratamiento II (frecuencia de riego 3 días), pero si la longitud y diámetro panoja donde si se identifica que guardan relación. Una mayor altura de planta, ancho radicular y profundidad de raíz no conduce a un mayor rendimiento.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Medir la eficiencia de riego de la variedad Amarilla Marangani y otras variedades, utilizando diferentes métodos con la finalidad de identificar la variedad o variedades más eficientes en el uso del agua de riego.
2. Identificar el comportamiento del bulbo húmedo en otros distanciamientos de los emisores.
3. Evaluar si las características agrológicas son distintas al cambiar el lugar o la frecuencia de riego.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, L. (2012). *Niveles de fertilización en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en Común Era - Acobamba*. Acobamba, Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Alarcón, A. (2012). *Mercado de la quinua*. Buenos Aires: UCAR.
- Aucpiña, M. (2016). *Eficacia de clorpirifos para el control de polilla de quinua (Eurysacca melanocampta) en cultivo de quinua - Choclococha - Pomacocha - Acobamba - HVCA*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Caribe, O. R. (julio de 2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Obtenido de FAO.
- Chara, J. (2019). *Evaluación del coeficiente de uniformidad en riego localizado de alta frecuencia (RLAF) empleando tres cintas de riego. Fundo "La Banda". Huasacache. Hunter. Arequipa. 2017*. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- CONGOPE. (2016). *Hablemos de riego*. Quito: El Telégrafo EP.
- FAO. (1990). *Evapotranspiración del cultivo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de fao.org.
- FAO. (1998). *Libro de campo prueba americana y europea de Quinoa (Chenopodium quinoa)*. Santiago: Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Flores, R. (2016). *Comportamiento agronómico de nueve variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) bajo condiciones de zonas áridas en la irrigación majes*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Fuentes, J. (2003). *Técnicas de riego*. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.
- Gandarillas, H. (1979). Origen de la variedades de quinua Huaranga, Chucapaca y Kamiri. *V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos.*, 26-29.

- Gandarillas, H., & Tapia, G. (1976). La variedad de quinua dulce Sajama. *II convención Internacional de Quenopodiaceas, Quinua y Cañahua*.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de Cultivo de la Quinua*. Lima: FAO y Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Huanca, L., & Rojas, M. (2020). Fertirrigación y déficit hídrico en el cultivo de *Chenopodium quinoa*. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1-34.
- Keller, J. (1978). Trickle Irrigation. *National Engineering Handbook*, 129-134.
- Lescano, J. (1981). *Cultivo de quinua*. Puno: Centro de Investigaciones en Cultivos Andinos.
- Ministerio de Agricultura. (2014). *Parcela integral demostrativa con riego tecnificado (goteo) en el cultivo de quinua orgánica*. Mañaza: Programa Subsectorial de Irrigación.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019). *Análisis de mercado*. Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
- Mujica, A. (1988). Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). (*Tesis doctoral*). Centro de Genética, Montecillo, México.
- Mujica, A. (2004). *Cultivo de Quinua*. Lima: Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria.
- Mujica, A., & Canahua, A. (1989). *Fases fenológicas del cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa Willdenow)*. Puno: INIA, EEZA, ILLPA, PICA, PISA.
- Mujica, A., Izquierdo, J., & Marathe, J. (2001). *Origen y descripción de la quinua*. Puno: Ancestral Cultivo Andino.
- Neira, M. (2019). *Aplicación de MEM y una fuente orgánica en el cultivo de quinua VAR. INIA - Pasankalla en el distrito: Sondorillo de la provincia de Huancabamba 2017*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Olazabal, J. (2019). *Efecto de la fertilización con microelementos a base de boro, manganeso, cobre y zinc sobre la población de complejo de chinches de la quinua*

Nysius simulans Stal y *Liorhyssus hyalinus* Fabricius irrigación de Majes 2017.

Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.

Palma, J. (2019). *Determinación de la concentración de fertilizantes y el coeficiente de uniformidad en tres tipos de goteos usando un inyector de pistones*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Pizarro, F. (1996). *Riesgos localizados de alta frecuencia. Goteo, micro aspersión y exudación*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.

PSI. (2008). *Programa Sub sectorial de Irrigaciones*. Arequipa: Boletín Técnico.

Santayana, S., Pastor, R., & Aguilar, G. (2000). *Innovación tecnológica en la agricultura*. Lima: Universidad Agraria La Molina.

X. ANEXOS

Anexo 01. Análisis de fertilidad y caracterización del suelo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

• APARTADO POSTAL
N° 971 - Cusco - Perú

• FAX: 248156 - 248173 - 222912

• RECTORADO

Calle Tigua N° 127

Teléfonos: 222721 - 224891 - 224181 - 254398

• CIUDAD UNIVERSITARIA

Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222912 - 232310 - 232375 - 232226

• CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210
243835 - 243836 - 243837 - 243838

• LOCAL CENTRAL

Plaza de Armas s/n

Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015

• MUSEO INKA

Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380

• CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA

San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246

• COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"

Av. De la Cultura N° 721

"Estado Universitario" - Teléfono: 227192

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA) LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD Y MECANICO

PROCEDENCIA DE MUESTRA : PARCELA C-2 AREA DE INGENIERIA C.A. K'AYRA, SAN JERONIMO-CUSCO

INSTITUCION SOLICITANTE : GERSON VARGAS FIGUEROA – JHON LINO ALVAREZ QUISPE
ING. CARLOS JAVIER CHACON JUNO.

ANALISIS DE FERTILIDAD :

N°	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	Ppm K ₂ O
01	PARCELA C-2	0.20	7.80	3.87	0.19	87.4	104

ANALISIS DE CARACTERIZACION :

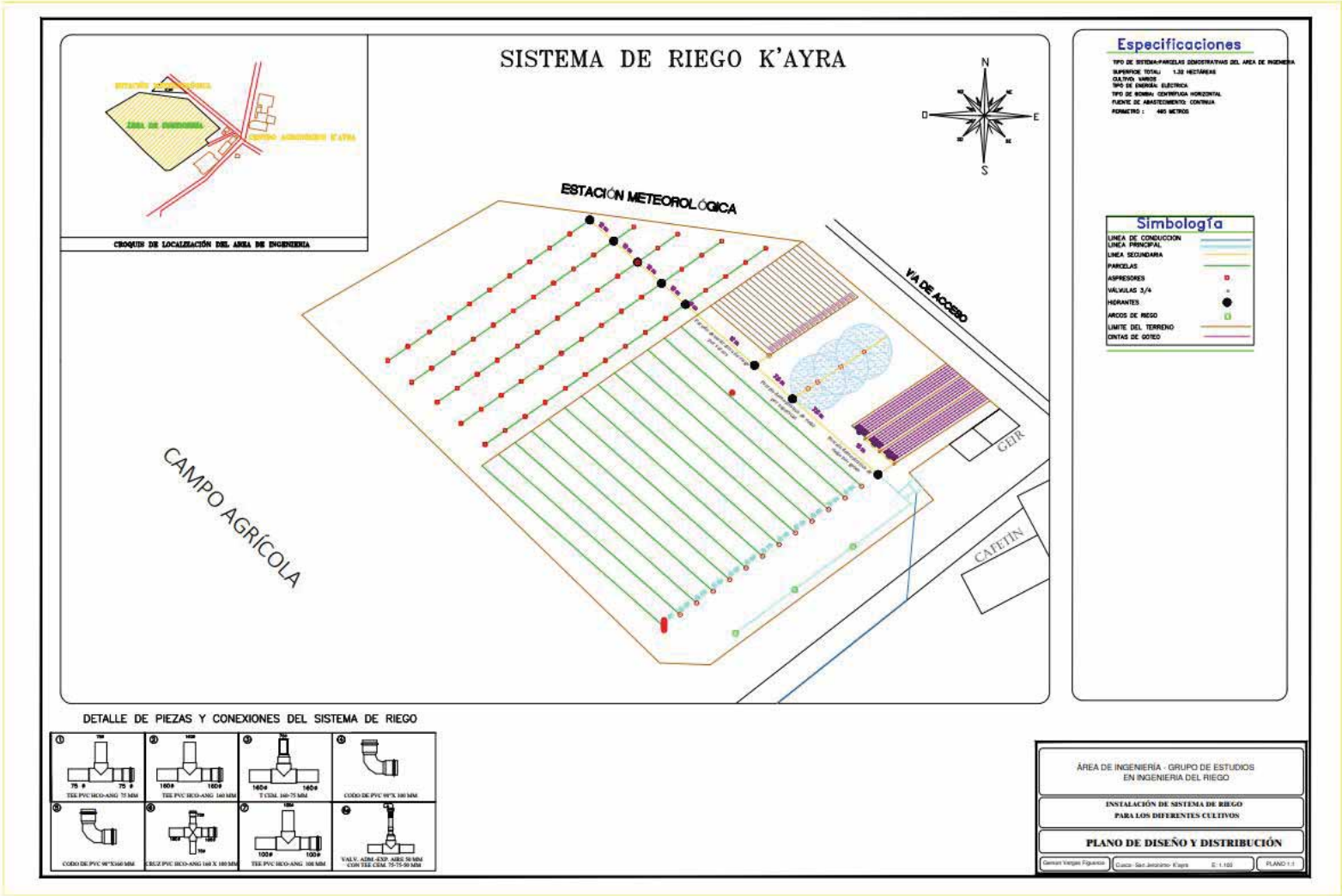
N°	CLAVE	meq/100 C.I.C.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	PARCELA C-2	18.47	36	40	24	FRANCO

OTROS ANALISIS :

N°	CLAVE	% H.E.	% C.C.	g/c.c. Da	g/c.c. Dr	% PMP	% POROSIDAD
01	PARCELA C-2	29.38	28.03	1.45	2.53	11.84	42.68

CUSCO-KÁYRA, 23 DE JUNIO DEL 2017.

Anexo 02. Sistema de riego kayra



Anexo 03. Coeficiente de uniformidad

caudal medio de los goteros al azar						prom.	ordenados
planta	linea						
	1	5	8	12			
TI	1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99
	2	0.94	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99
	3	1.00	0.89	1.00	0.92	0.99	0.99
	4	0.88	0.94	0.98	0.99	0.96	0.99
	5	0.89	0.99	0.97	0.89	0.99	0.99
		0.94	0.96	0.99	0.96	0.86	0.99
	1	0.97	0.88	0.99	0.77	0.99	0.99
	2	0.98	0.79	0.96	0.75	0.77	0.99
	3	1.00	0.89	0.99	0.74	0.96	0.99
	4	1.00	0.91	0.99	0.79	0.98	0.98
TII	5	1.00	0.82	1.00	0.78	0.99	0.97
		0.99	0.86	0.99	0.77	0.92	0.97
	1	1.00	0.96	0.98	1.00	0.99	0.96
	2	1.00	0.96	0.99	0.99	0.98	0.96
	3	0.89	0.98	1.00	1.00	0.99	0.96
	4	0.94	0.99	0.98	1.00	0.97	0.96
	5	0.99	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96
		0.96	0.98	0.99	0.99	0.90	0.95
	1	0.88	0.96	1.00	1.00	0.96	0.94
	2	0.92	0.97	1.00	0.98	0.95	0.92
TIII	3	0.89	1.00	0.98	1.00	0.91	0.91
	4	0.90	1.00	0.97	0.97	0.97	0.90
	5	1.00	1.00	0.97	1.00	0.99	0.86
		0.92	0.99	0.98	0.99	0.97	0.90
	1	1.00	0.91	0.96	0.89	0.99	0.77
	2	1.00	0.95	0.95	0.91	0.99	0.99
	3	1.00	0.78	1.00	1.00	0.92	0.99
	4	0.89	0.89	0.95	0.95	0.95	0.99
	5	0.94	0.99	0.94	0.99	0.99	0.99
		0.97	0.90	0.96	0.95	0.99	0.99
TIII	1	0.89	0.96	1.00	1.00	prom. 0.884	
	2	0.89	0.96	1.00	0.94		
	3	1.00	0.96	1.00	1.00	coef. Uniformidad 0.93	
	4	0.89	1.00	1.00	1.00		
	5	0.90	0.96	0.93	1.00		
Presión final	0.95	1.00	1.00	0.97	prom. 0.954		

Anexo 04. Coeficientes del tanque (K_p) para el tanque Clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa (Serie FAO Riego y drenaje No.24)

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo				
	HR media	baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	alta > 70	
Velocidad del viento ($m s^{-1}$)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)			
Baja	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85
	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75
Moderada	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6	,7
	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8
	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
Alta	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55	,6
	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7
Muy alta	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45	,55
> 8	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65
	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4	,45

Dia/mes/año	N° de día	V (m/s)	HR %	Kp	Evaporación (mm)	Eto	kc	ETC (mm)	precipitación diaria	Nn = ETC - Pe - Gw - DW	Nt = Nn/ CU(%)	Tp= Nt/ PH(hr/día)	Tp=Nt/ PH*60(min/día)		
14-Dic-17	151	2.76	57.00	0.75	4.69	3.52	0.99	3.48	0.00	3.48	3.75	0.45	26.97		
15-Dic-17	152	1.93	54.00	0.80	8.01	6.41	0.98	6.28	6.00	0.28	0.30	0.00	0.00		
16-Dic-17	153	2.38	42.67	0.75	6.25	4.69	0.97	4.55	0.00	4.55	4.89	0.59	35.21		
17-Dic-17	154	2.60	46.00	0.75	8.59	6.44	0.96	6.19	0.00	6.19	6.65	0.80	47.89		
18-Dic-17	155	2.96	58.00	0.75	5.90	4.42	0.95	4.20	3.50	0.70	0.76	0.00	0.00		
19-Dic-17	156	1.82	56.75	0.80	6.06	4.85	0.94	4.56	7.80	-3.24	-3.48	0.00	0.00		
20-Dic-17	157	1.87	60.05	0.80	5.52	4.42	0.93	4.11	0.00	4.11	4.42	0.53	31.80		
21-Dic-17	158	1.79	64.88	0.80	6.63	5.30	0.92	4.88	4.40	0.48	0.51	0.00	0.00		
22-Dic-17	159	1.94	61.95	0.80	6.82	5.46	0.91	4.97	7.00	-2.03	-2.18	0.00	0.00		
23-Dic-17	160	1.90	60.44	0.80	5.61	4.49	0.90	4.04	0.50	3.54	3.81	0.46	27.43		
24-Dic-17	161	1.95	60.61	0.80	4.92	3.94	0.89	3.50	6.30	-2.80	-3.01	0.00	0.00		
25-Dic-17	162	1.82	63.05	0.80	6.64	5.31	0.88	4.67	0.10	4.57	4.92	0.59	35.40		
26-Dic-17	163	3.33	65.16	0.75	5.90	4.43	0.87	3.85	7.20	-3.35	-3.60	0.00	0.00		
27-Dic-17	164	1.71	70.17	0.85	7.58	6.45	0.86	5.54	0.50	5.04	5.42	0.65	39.04		
28-Dic-17	165	1.86	72.89	0.85	7.07	6.01	0.85	5.11	7.40	-2.29	-2.46	0.00	0.00		
29-Dic-17	166	1.69	67.47	0.80	7.17	5.74	0.84	4.82	2.10	2.72	2.92	0.35	21.05		
30-Dic-17	167	1.87	67.45	0.80	7.58	6.06	0.83	5.03	4.00	1.03	1.11	0.13	7.98		
31-Dic-17	168	1.99	67.22	0.80	7.60	6.08	0.82	4.99	4.80	0.19	0.20	0.00	0.00		
1-Ene-18	169	2.14	65.88	0.75	4.24	3.18	0.81	2.57	0.00	2.57	2.77	0.33	19.92		
2-Ene-18	170	1.94	87.00	0.85	4.82	4.09	0.80	3.27	0.00	3.27	3.52	0.42	25.35		
3-Ene-18	171	1.94	81.00	0.85	4.48	3.81	0.79	3.01	0.00	3.01	3.24	0.39	23.30		
4-Ene-18	172	2.50	56.00	0.75	5.04	3.78	0.78	2.95	0.00	2.95	3.17	0.38	22.82		
5-Ene-18	173	1.94	45.00	0.80	5.15	4.12	0.77	3.17	0.00	3.17	3.41	0.41	24.56		
6-Ene-18	174	1.11	55.00	0.80	5.11	4.08	0.76	3.10	1.41	1.69	1.82	0.22	13.12		
7-Ene-18	175	3.05	55.00	0.75	4.82	3.61	0.75	2.71	2.53	0.18	0.19	0.02	1.38		
8-Ene-18	176	1.66	71.00	0.85	5.04	4.28	0.74	3.17	0.00	3.17	3.41	0.41	24.54		
9-Ene-18	177	2.50	44.00	0.75	4.95	3.71	0.73	2.71	0.00	2.71	2.91	0.35	20.98		
10-Ene-18	178	2.20	62.00	0.75	4.82	3.61	0.72	2.60	0.60	2.00	2.15	0.26	15.49		
11-Ene-18	179	1.80	65.20	0.80	4.41	3.53	0.71	2.51	0.00	2.51	2.70	0.32	19.41		
12-Ene-18	180	1.10	51.00	0.80	4.93	3.94	0.70	2.76	2.30	0.46	0.49	0.06	3.55		
TOTAL					844.32	618.63	0.80	540.14	181.24	358.90	385.92	46.31	2943.29		

Anexo 06. kc del cultivo de quinua mediante la curva única

Determinación de los Kc mediante la curva única

Datos de cultivo - FAO 56

Kc inicial	0.5
Kc medio	1
Kc final	0.7
Altura del cultivo	1.80 mts
eficiencia de riego (goteo)	0.9 %

DATOS DEL LUGAR

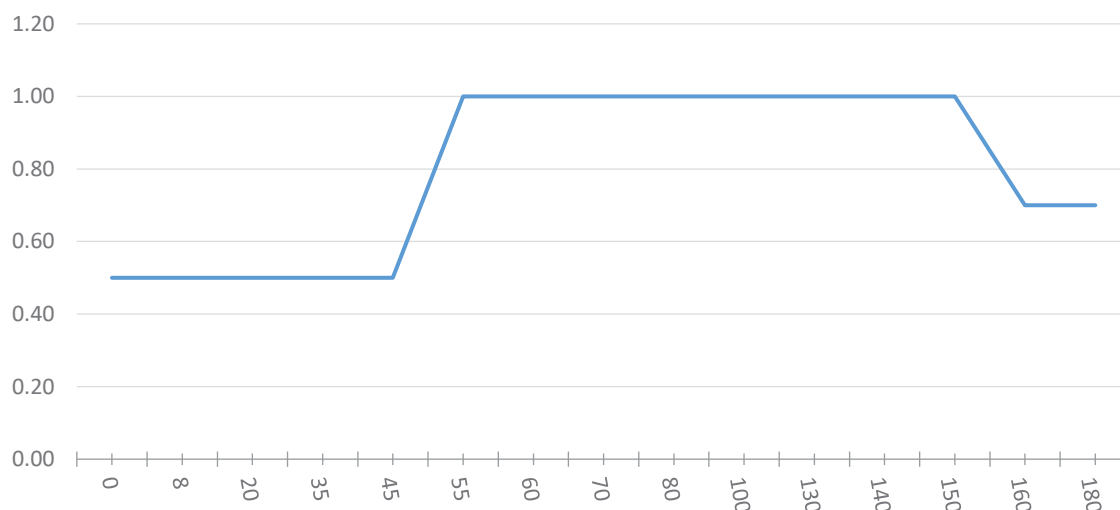
Estación met: Area riego	
Altitud	3219
Coordenadas	13°33' LS
	74°45' LW

DATOS DEL CULTIVO

cultivo de:	QUINUA
per veg.	6 meses
fech. Siemb.	17/07/2017

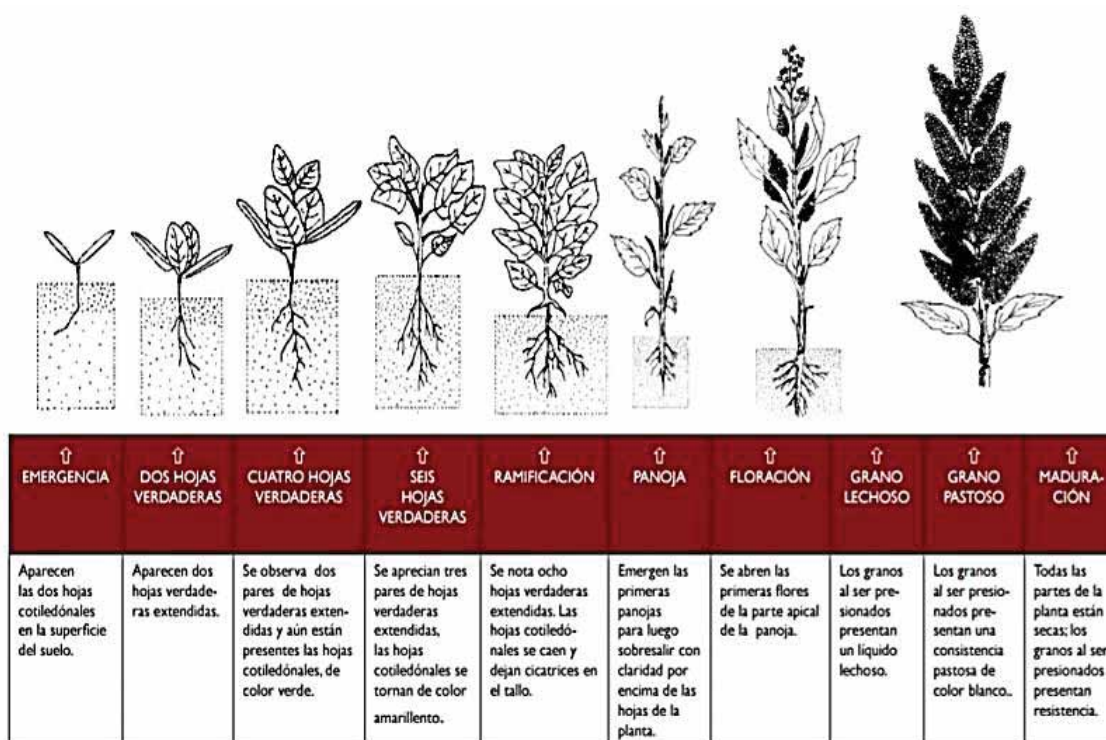
ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Kc
I	Emergencia	8	0.50
II	2 hojas verdaderas	20	0.50
III	4 hojas verdaderas	35	0.50
IV	6 hojas verdaderas	45	0.50
V	Ramificación	55	1.00
VI	Inicio de panojamiento	60	1.00
VII	Panojamiento	70	1.00
VIII	Inicio de floración	80	1.00
IX	Floración o antesis	100	1.00
X	Grano acuoso	130	1.00
XI	Grano lechoso	140	1.00
XII	Grano pastoso	150	1.00
XIII	Madurez fisiológica	160	0.70
XIV	Madurez de cosecha	180	0.70
Duración del periodo fenológico - días		180	

Kc del cultivo de Quinua



Anexo 07. Fenología del cultivo de quinua

fecha de inicio	fecha final	dias	acumulada	kc	periodo
17-Jul-17		1	0	0.50	Emergencia
17-Jul-17	24-Jul-17	8	8	0.50	
25-Jul-17	5-Ago-17	12	20	0.50	
6-Ago-17	20-Ago-17	15	35	0.50	
21-Ago-17	30-Ago-17	10	45	0.50	
31-Ago-17	9-Set-17	10	55	1.00	Desarrollo
10-Set-17	14-Set-17	5	60	1.00	
15-Set-17	24-Set-17	10	70	1.00	
25-Set-17	4-Oct-17	10	80	1.00	
5-Oct-17	24-Oct-17	20	100	1.00	Formación de fruto
25-Oct-17	23-Nov-17	30	130	1.00	
24-Nov-17	3-Dic-17	10	140	1.00	
4-Dic-17	13-Dic-17	10	150	1.00	Maduración
14-Dic-17	23-Dic-17	10	160	0.70	
24-Dic-17	12-Ene-18	20	180	0.70	



Fases fenológicas de la quinua *Chenopodium quinoa*.
Fuente senamhi 2011

