

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“EVALUACIÓN DE HELADA, EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN
DOS VARIEDADES CON RIEGO POR ASPERSIÓN, EN LA COMUNIDAD DE
HUARZA DEL DISTRITO DE PUCARA - LAMPA PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR

RONALD GUIDO PINEDA HUAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

PROMOCIÓN: 2016 II

PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACION DE HELADA, EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN DOS
VARIETADES CON RIEGO POR ASPERSIÓN, EN LA COMUNIDAD DE HUARZA
DEL DISTRITO DE PUCARA- LAMPA PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

RONALD GUIDO PINEDA HUAYTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: AMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE DEL 2017

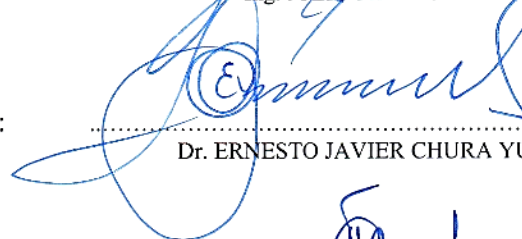
APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



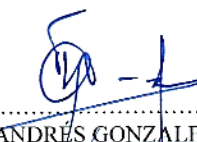
PRESIDENTE

: 
.....
Ing. JULIO MENDOZA MAICA

PRIMER MIEMBRO

: 
.....
Dr. ERNESTO JAVIER CHURA YUPANQUI


SEGUNDO MIEMBRO

: 
.....
Dr. VÍCTOR ANDRÉS GONZALES GONZALES

DIRECTOR DE TESIS

: 
.....
Ing. M.SC. FRANCIS MIRANDA CHOQUE

ASESOR DE TESIS

: 
.....
Ing. EDDY WILBER RAMOS QUISPE

PUNO – PERÚ
2017

Área : Ciencias agrícolas
Tema : Cambio climático y agricultura

DEDICATORIA

Dedicar primero a Dios, que a pesar todo los obstáculos y cosas que se me presento en la formación profesional, DIOS, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, cuando estuve a punto de caer sin fuerzas, tú me has dado fortaleza para continuar y conseguir mis metas, es por eso que hoy te dedico mi tesis a ti mi DIOS.

Para la mujer más maravillosa del mundo, mi madre JULIA MAXIMILIANA HUAYTA VDA DE PINEDA, agradezco la confianza y el apoyo que nunca dudaste de mí, dando los mejores consejos, y por inculcarme los valores, siempre dándome amor, apoyándome en dificultades.

Es melancólico, siempre espere este momento, pero no contaba con tu ausencia, siempre te quise dedicar este logro, pues tú fuiste quien me instruyo y me dio ejemplo de superación e inculcándome el entusiasmo y liderazgo, aunque estés en el más allá, te dedico a ti Papá NICOLAS PINEDA MAMANI.

A ti compañera de vida, mi esposa LUZ ALEIDA CHOQUECHAMBI DE PINEDA, quien me alienta y me anima a seguir con todo, en especial quiero dedicarte esta tesis a ti mi campeona, mi hija HEIDI PINEDA, que eres mi motivo de seguir adelante.

Y también agradezco a mis HERMANOS BERTHA, OSCAR, ELMER, ELOY, JHONNY, RICAR, SHIERLEN Y YULY, quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento, a mi sobrino ALEX. Quienes siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios porque en su inmenso amor me regala el don de la vida, a los padres más maravillosos de esta tierra y lo mejor de todo es que nos de salud, gracias a estos obsequios hoy puedo culminar mi trabajo de investigación.
- A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, específicamente a la Facultad de Agronomía, por haberme brindado grandes conocimientos en mi formación profesional.
- Al M Sc. Francis Miranda Choque, por su asesoramiento y concederme su confianza y apoyo en la elaboración de la presente tesis.
- Al Ing. Eddy Wilber Ramos Quispe, por sus enseñanzas, consejos y sus grandes ánimos durante la ejecución de este trabajo de investigación.
- Gracias a cada docente que me ayudo en la elaboración de esta tesis, mi eterno agradecimiento.
- A mi hermano Elmer, que me apoyo durante mi estadía universitaria.
- A mis amigos de la Universidad más conocido como los PULPINES por su apoyo en mi formación académica.
- A mi cuñado Zacarías Peña, por todo el apoyo que me dio en la ejecución del proyecto.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE
LA INVESTIGACIÓN**

1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
	1.1.1 Pregunta general.....	16
	1.1.2 Preguntas específicas.....	16
1.2	ANTECEDENTES	16
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	17
	1.3.1 Objetivo general	17
	1.3.2 Objetivos específicos.....	18

CAPÍTULO II

**MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA
INVESTIGACIÓN**

2.1	MARCO TEÓRICO.....	19
	2.1.1 Origen y clases de heladas	19
	2.1.2 Riego antihelada	25
	2.1.3 El cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	31
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	42
	2.2.1 Quinua.....	42

2.2.2	Aspersión	43
2.2.3	Cobertura total.....	43
2.2.4	Capacidad de campo	43
2.2.5	Heladas.....	43
2.2.6	Riego.....	43
2.2.7	Veranillos	44
2.2.8	Sensores	44
2.2.9	Termómetro con alarma.....	44
2.2.10	Arduino	44

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1	UBICACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	45
3.2	CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS.....	45
3.3	MATERIAL EXPERIMENTAL:	47
3.3.1	Material vegetal.....	47
3.3.2	Material de riego.....	47
3.3.3	Termómetros ambientales	47
3.3.4	Termómetros de contacto con alarma.....	48
3.4	MATERIALES DE CAMPO	48
3.5	DISEÑO ESTADÍSTICO	49
3.5.1	Diseño de parcela de experimentación	49
3.6	DISEÑO DE RIEGO	50
3.7	VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES.....	51

3.7.1	Variables de respuesta	51
3.7.2	Observaciones	52
3.8	METODO DE EJECUCION DEL EXPERIMENTO	52
3.8.1	Las parcelas de cultivo.....	52
3.8.2	Instalación de termómetros ambientales	53
3.8.3	Instalación de termómetros de contacto con alarma.....	53
3.8.4	Riego por aspersión	53
3.9	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES	54
3.9.1	Temperaturas ambientales.....	54
3.9.2	Temperatura de contacto con alarma.....	54
3.9.3	Selección masal de plantas tolerantes a heladas.....	54
3.9.4	Lamina foliar	54
3.9.5	Altura de planta	55
3.9.6	Rendimiento de grano.....	55
3.9.7	Procedimiento del experimento.....	56

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	OCURRENCIA DE HELADAS EN EL CULTIVO DE QUINUA.....	57
4.1.1	Ocurrencia de la primera helada.....	57
4.1.2	Ocurrencia de la segunda helada	58
4.1.3	Ocurrencia de la tercera helada	59
4.2	TOLERANCIA A LA HELADA EN EL CULTIVO DE QUINUA	60
4.2.1	Tolerancia a la primera helada variedad Salcedo INIA.....	60

4.2.2	Tolerancia a la segunda helada variedad Salcedo INIA	62
4.2.3	Tolerancia a la tercera helada variedad Salcedo INIA	63
4.2.4	Tolerancia a la primera helada variedad Negra Collana	67
4.2.5	Tolerancia a la segunda helada variedad Negra Collana	68
4.2.6	Tolerancia a la tercera helada variedad Negra Collana	69
CONCLUSIONES		73
RECOMENDACIONES		75
BIBLIOGRAFÍA.....		76
ANEXOS		79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. kid de Arduino con salidas de termómetro y encendido de electrobomba...	48
Figura 2. Diseño de parcela.	50
Figura 3. Diseño de riego con X-CEL WOBBLER de Senninger	50
Figura 4. Datos de temperatura min. y max. en la primera helada con fechas e intensidad.....	58
Figura 5. Datos de precipitación pluvial del mes de enero, en la primera helada.	58
Figura 6. Datos de temperatura min. y max. en la segunda helada con fechas e intensidad.....	59
Figura 7. Datos de precipitación pluvial del mes de abril, en la primera helada.	59
Figura 8. Datos de temperatura min. y max. en la tercera helada con fechas e intensidad.....	60
Figura 9. Datos de precipitación pluvial del mes de mayo, en la primera helada.	60
Figura 10. Quinoa variedad Salcedo INIA, surco sin protección a la helada (A). Planta de quinoa sin protección de riego a la helada (B). Parcela de quinoa, surco con protección de riego frente a la helada (C). Planta de quinoa con protección de riego a la helada (D)	66
Figura 11. Evaluación biométrica de granos de quinoa variedad Salcedo INIA.....	66
Figura 12. Quinoa variedad Negra Collana, surco sin protección a la helada (A), Planta de quinoa sin protección de riego a la helada (B), Cultivo de quinoa, surco con protección de riego a la helada (C), Planta de quinoa con protección de riego a la helada (D).....	72
Figura 13. Evaluación biométrica de granos de quinoa variedad Negra Collana.....	72
Figura 14. Negra Collana protegida con riego	90
Figura 15. Daños de helada parcela no protegida Salcedo INIA.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de suelo del sitio experimental.	46
Tabla 2. Especificaciones técnicas de riego	51
Tabla 3. Descripción de la forma de evaluación de las variables cuantitativas en el campo	55
Tabla 4. Prueba de Tukey, para la tolerancia a la primera helada en quinua Var. Salcedo INIA.....	61
Tabla 5. Prueba de Tukey segunda helada Var. Salcedo INIA	62
Tabla 6. Prueba de Tukey tercera helada Var. Salcedo INIA	64
Tabla 7. Prueba de Tukey primera helada Var. Negra Collana.	67
Tabla 8. Prueba de Tukey segunda helada Var. Negra Collana	68
Tabla 9. Prueba Tukey tercera helada Var Negra Collana	70
Tabla 10. Datos de primera helada Var. Salcedo INIA.	79
Tabla 11. Datos de segunda helada Var. Salcedo INIA.....	80
Tabla 12. Datos de la evaluación de la tercera helada Var. Salcedo INIA	81
Tabla 13. Datos de la primera helada Negra Collana	82
Tabla 14. Datos de segunda helada Var. Negra Collana.....	83
Tabla 15. Datos de la tercera helada Var. Negra Collana	84
Tabla 16. Temperatura max. min. y precipitación del mes de enero 2016	85
Tabla 17. Temperatura máx. min. y precipitación del mes de febrero 2016.....	86
Tabla 18. Temperatura max. min. y precipitación del mes de marzo 2016	87
Tabla 19. Temperatura max. min. y precipitación del mes de abril 2016.....	88
Tabla 20. Temperatura max. min. y precipitación del mes de mayo 2016	89

RESUMEN

En estos últimos años la quinua ha tomado importancia por su valor nutricional, teniendo demanda en el mercado nacional e internacional, por otra lado frente a cambios climáticos y presencia de heladas afectan a la producción de la región, puesto que Puno es la primera región productora en quinua. Es por ello que toma iniciativa de este trabajo. El presente trabajo de investigación se realizó en la Comunidad de Huarza, distrito de Pucara, Provincia de Lampa en la región de Puno, ubicado a una altitud de 3868m.s.n.m. Coordenadas UTM X= 352857, Y=8326125, Se inició en Diciembre del 2015 y finalizó en Agosto del 2016. Los objetivos fueron: Evaluar el efecto de riego por aspersión como medida para disminuir el efecto de la helada en dos variedades de quinua Salcedo INIA y Negra Collana, y Evaluar la tolerancia de la quinua ante la presencia de las heladas. Los parámetros de evaluación fueron: ancho máximo de la hoja, longitud máxima de la hoja, altura de la planta, diámetro de tallo principal, longitud de la panoja, diámetro de la panoja, diámetro de grano, rendimiento de semilla por planta, días hasta el inicio de floración y días hasta la madurez fisiológica. Se efectuó el riego por aspersión cuando se presentó los eventos de la helada. Los resultados señalan que la variedad Salcedo INIA, presentó la mayor altura de planta en las parcelas protegidas con riego con 145.9 cm. Y la parcela sin protección de riego fue 126.2cm; en caso de rendimiento de grano fue de 1212.5 kg/ha y 125 kg/ha para los tratamientos de parcelas con riego y parcelas sin riego respectivamente. Respecto a la variedad de Negra Collana la parcela que se protegió con riego por aspersión logro la mayor altura de planta con 109 cm, en comparación con la parcela no protegida fue 99.3cm; el rendimiento de grano fue 975 kg/ha y de 712.5 kg/ha para los tratamientos de parcelas con protección de helada con riego por aspersión y parcelas sin riego respectivamente. Llegando a la conclusión que la variedad Negra Collana es más resistente que la Salcedo INIA; pero bajo modalidad de protección con riego se logró cosechar superior al rendimiento promedio en Salcedo INIA, la cual indica positivo el trabajo de investigación.

Palabras clave: Evaluación, heladas, riego, aspersión, quinua, variedades.

ABSTRACT

In recent years, quinoa has become important for its nutritional value, having demand in the national and international market, on the other hand in the face of climate changes and the presence of frosts affect the production of the region, since Puno is the first producing region in quinoa That is why he takes initiative in this work. The present research work was carried out in the Community of Huarza, district of Pucara, Province of Lampa in the Puno region, located at an altitude of 3868m.s.m. UTM Coordinates X = 352857, Y = 8326125, It started in December 2015 and ended in August 2016. The objectives were: Evaluate the effect of sprinkler irrigation as a measure to reduce the effect of frost on two varieties of quinoa Salcedo INIA and Negra Collana, and Evaluate the tolerance of quinoa in the presence of frost. The evaluation parameters were: maximum leaf width, maximum leaf length, plant height, main stem diameter, panicle length, panicle diameter, grain diameter, seed yield per plant, days to the beginning of flowering and days until physiological maturity. Sprinkler irrigation was performed when the frost events occurred. The results indicate that the Salcedo INIA variety, presented the highest plant height in the protected plots with irrigation with 145.9 cm. And the plot without irrigation protection was 126.2cm; in case of grain yield was 1212.5 kg / ha and 125 kg / ha for the treatments of plots with irrigation and plots without irrigation respectively. Regarding the variety of Negra Collana, the plot that was protected with sprinkler irrigation achieved the highest plant height with 109 cm, compared to the unprotected plot was 99.3cm; the grain yield was 975 kg / ha and 712.5 kg / ha for the treatments of plots with frost protection with sprinkler irrigation and plots without irrigation, respectively. Arriving at the conclusion that the Black Collana variety is more resistant than the INIA Salcedo; but under irrigation protection modality it was possible to harvest superior to the average yield in Salcedo INIA, which indicates positive the research work.

Keywords: Evaluation, frost, irrigation, sprinkling, quinoa, varieties.

INTRODUCCIÓN

En estas últimas décadas la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se convirtió en uno de los alimentos más importantes por su alto poder nutricional, provee proteínas y aminoácidos esenciales para el ser humano y además tiene mucha demanda en el mercado nacional e internacional debido a sus bondades generando mayores ingresos al agricultor, pero se ha observado que uno de los principales problemas es la presencia de heladas, llegándose a perder hasta un 100% de la producción, por ello el trabajo de investigación se efectuó con el objetivo de contrarrestar efectos de la helada.

El comportamiento de los elementos meteorológicos del Altiplano Peruano, se manifiestan por la gran variabilidad de los factores ambientales, entre ellos la presencia de las bajas temperaturas ambientales manifestadas como heladas, el cual es un fenómeno meteorológico que afecta las células, tejidos y órganos de las plantas en los cultivos agrarios de la región, el cual, se traduce en una gran incertidumbre productiva en la campaña agrícola, lo que indirectamente causan cantidades significativas de perdida en la producción de los cultivos agrícolas en los agricultores (Tapia, 1999).

Aún no se tiene estudiado las características agronómicas y resistencia de heladas, es por ello, es necesario conocer las características agronómicas de las variedades de quinua Salcedo INIA y Negra Collana, para poder sembrar dependiendo la ubicación para seguir el proceso de mejoramiento genético de quinua, puesto que, se necesita variedades con buenos rendimientos, a la vez de resistencias a temperaturas adversas (Apaza, 2014).

Pese a que la quinua es un cultivo resistente a las heladas, pero presentándose en floración se llega a perder el cultivo en un buen porcentaje considerable, por ello es un principal problema en las zonas alto andinas de la región de Puno, por ello es

importante este trabajo, para determinar la resistencia y el método para poder contrarrestar los efectos de la helada.

El objetivo del proyecto es el control de la helada para incremento de la producción y productividad de los cultivos antes mencionados, si se incrementa el rendimiento de los cultivos se obtendrá, en una superficie de similar extensión, un mayor tonelaje de producción, con lo que se mejorarán los ingresos económicos de las familias dedicadas al agro en la zona de estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el departamento de Puno, la quinua es uno de los cultivos más importantes y constituye el núcleo de uno de los geo centros del mundo de plantas cultivadas, pero con rendimientos que oscilan entre 600 a 1000kg/has en cultivos tradicionales (Tapia, 1999).

Particularmente en el Altiplano puneño, a consecuencia de la presencia de las heladas esporádicas durante en alguna de las fases fenológicas del cultivo de la quinua, provocan un estado crítico fisiológico de la planta, lo cual afectan el desarrollo vegetativo normal de las plantas, manifestándose en pobres rendimientos de grano y causando el desaliento en los productores agrarios de la región y afectando seriamente los ingresos socioeconómicos y la seguridad alimenticia de las familias rurales (Tapia, 1999).

Frente, a ello, con la implementación agronómica del riego por aspersión, diseñados y planificados a diferentes frecuencias de riego sobre el cultivo de la quinua, se pretende

reducir los efectos de las heladas sobre las plantas, empleándose, además para tal fin, termómetros ambientales acondicionados con sensores que generen alarmas ante la presencia de las heladas meteorológicas y contrarrestar con la aplicación del riego por aspersión (Santibáñez, 2008).

La presencia de heladas en los meses de Enero, febrero y marzo son muy perjudiciales para los cultivos en el altiplano ya que se pierde hasta un 100% del cultivo, siendo uno de los principales problemas para la agricultura, ocasionando migración y baja producción en los cultivos perjudicando el ingreso económico.

1.1.1 Pregunta general

- ¿Cómo responderá el control de la helada en cultivo de quinua con la aplicación de riego por aspersión?

1.1.2 Preguntas específicas

- ¿Cuál será el efecto del riego por aspersión para controlar la helada en el cultivo de quinua?
- ¿Cuál de las 2 variedades de quinua será más tolerante a las heladas?

1.2 ANTECEDENTES

Copaca (1991) menciona que la producción de quinua tiende a ser bajo debido a las heladas, que no se asegura la producción, por otro lado Lescano (1971) que debido a la presencia de heladas la producción promedio varía en gran rango, hasta llegar a perderse toda la cosecha Lo que se agrava debido al cambio de clima. Por ejemplo este año, a mitad del mes de Febrero, en pocos días tuvimos cuatro eventos de helada y todos de -3 ó -6 (°C). En esta fecha algunas variedades de quinua ya empiezan a florecer, y por

tanto comienza el período de control de heladas señala Bachmann(2003). Diseño sobre sistemas de riego tecnificado para cultivos en condiciones del distrito de Pucara y sus comunidades aún no se tiene específicamente, sin embargo, en la región de Puno con fines de una agricultura de riego se ha iniciado de manera ínfima el diseño y ejecución de proyectos de riego tecnificado de las cuales existen sistemas de riegos por aspersión en la localidad de Tambillo – Pomata, sistemas de riegos por aspersión en Huaychani – Acora, ejecutado por FONCODES.

PSI (Programa Subsectorial de Riego), El proyecto consiste en el mejoramiento del nivel tecnológico en la actividad agrícola en el Grupo de Gestión NUEVA ESPERANZA, con la instalación de un sistema de riego tecnificado por aspersión, así como la asistencia técnica para los cultivos de Quinua y Avena, con un área de 14.51 ha; el Grupo de Gestión Nueva Esperanza, está en el ámbito de la Comisión de Usuarios Comité 8 de la Junta de Usuarios Juliaca, distrito de Cabanilla, provincia de Lampa y región Puno, está constituido por 09 agricultores organizados.

Senninger (2013), instalo en Chile sistema de riego por aspersores, dando excelentes resultados en control de heladas mixtas, que llegaron a -4 y -6 °C, sin ningún tipo de problemas logrando controlar las heladas en cultivos de pepita y cerezo.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de riego por aspersión como medida de control de helada en dos variedades de quinua Salcedo INIA y Negra Collana en la Comunidad Campesina Huarza del distrito de Pucara-Lampa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mitigar las heladas con la aplicación de riego por aspersión en el cultivo de quinua en dos variedades.

- Evaluar la tolerancia de la quinua ante la presencia de las heladas en dos variedades Salcedo INIA y Negra Collana.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Origen y clases de heladas

Se ha producido una helada cuando la temperatura del aire disminuye por debajo de 0° C. Esta será más intensa cuanto mayor sea el descenso térmico y su duración, las consecuencias del daño dependerá también de la especie o variedad cultivada, y del estado fenológico. Además de la resistencia mayor o menor de una planta determinada al frío, existen niveles muy diferentes de sensibilidad en función de su estado de desarrollo. La mayor resistencia al frío se alcanza durante la parada invernal, la sensibilidad comienza con el inicio de la vegetación en primavera y pasa por su punto más sensible en la floración y cuajado de los frutos. Son así las heladas tardías las más peligrosas, y las que más daños causan (Olcina, 1994).

Es frecuente hablar en Agro climatología de heladas blancas y negras. Si el contenido de humedad atmosférica es tal que a medida que se reducen las temperaturas se alcanza el nivel de condensación (temperatura del punto de rocío), comenzará a producirse una

condensación sobre las plantas y objetos situados sobre la superficie. Si la temperatura desciende por debajo de cero, el rocío depositado pasa a formar cristales de hielo y da lugar a la escarcha, produciéndose lo que se denomina helada blanca. Si la humedad atmosférica es baja, el punto de rocío puede hallarse por debajo de 0°C , por lo que aunque se alcancen temperaturas negativas no se produce la condensación. Este tipo de helada se conoce como helada negra, puesto que los vegetales afectados muestran un ennegrecimiento de los órganos afectados. En el caso de las heladas blancas en las que ha ocurrido formación de hielo, este tiene un efecto favorable al ceder a la planta el calor latente de fusión en el cambio de estado de agua a hielo, ochenta calorías por gramo (Olcina, 1994).

2.1.1.1 Helada

Desde el punto de vista estrictamente meteorológico, se considera que se ha producido una helada cuando la temperatura del aire dentro de la casilla meteorológica (aproximadamente a 1.5m de altura) ha descendido por debajo de cero grado centígrado. Por otra parte, teniendo en cuenta el criterio agrometeorológico, se considera que se produce una helada cuando la temperatura ha disminuido lo suficiente, al punto tal de producir daños en los órganos vegetales (Matías, 2007).

2.1.1.2 Daños de la helada

Inicialmente se pensó que el daño de las heladas a las plantas era producido por un aumento de la concentración de las sustancias al interior de las células debido a pérdidas de agua. Posteriormente, se estableció que éste era producido por la formación de hielo en el interior de las células, que crece como agujas y perfora las membranas celulares. Cuando se produce una helada, el efecto en la planta es en el ámbito celular; se congela el agua intercelular provocando, entre otros daños, su deshidratación

(Plasmólisis) o la ruptura de la célula. Con posterioridad, como consecuencia de ese daño, se produce una fuerte deshidratación que provoca la muerte de las células, y por lo tanto, de los órganos vegetativos o de reproducción que la componen (Matías, 2007).

Los brotes jóvenes primaverales y las flores son los más sensibles por su alto contenido en agua. El hielo puede ocasionar heridas en la planta por las cuáles suelen ingresar agentes Patógenos. Se pueden también destruir las yemas y las flores, impidiendo que se transformen en frutos. En el caso de una helada tardía (primavera), se dañan los frutos en formación y los que sobreviven resultan con malformaciones (Martínez, Ibache, Rojas, 2007).

2.1.1.3 Formación de heladas

Tanto las heladas como el daño que provocan son esencialmente fenómenos de carácter físico. Por esto y para comprender mejor como se produce una helada revisaremos someramente los procesos de transferencia de calor, estos son:

- a) Convección
- b) Transmisión
- c) Radiación
- d) Cambio de estado

a) Convección

La Convección se puede visualizar si imaginamos lo que sucede cuando se calienta agua en un recipiente la llama calienta el fondo del recipiente y éste el agua que se encuentra sobre él. Al calentarse el agua disminuye su densidad y suben burbujas de agua caliente hacia la superficie calentando el agua de más arriba. Por este proceso toda el agua del

recipiente se calienta lo mismo sucede con el aire sobre el suelo caliente, en el día se produce temperatura alta a nivel del suelo. El aire cercano a él se calienta y asciende por diferencia de densidad a la inversa si el suelo está frío, en la noche, no hay movimiento del aire hacia arriba. La temperatura será baja a nivel del suelo. Las convecciones importantes en el caso de las heladas. Además, el aire frío (que es más pesado que el aire cálido) tiende a acumularse en las depresiones del terreno y se escurre a lo largo de las pendientes (Pereyra, 1990).

b) Transmisión

Es el caso del movimiento de calor que se produce al interior de una barra de metal. Si a éste se le calienta por una punta podemos sentir que, después de un rato, se sentirá caliente en el otro extremo. En el suelo se produce movimiento de calor por esta vía que podemos sentir. Por ejemplo, cuando acercamos las manos a un objeto caliente sin tocarlo. Todo cuerpo a una temperatura superior a cero absoluto pierde energía por radiación debido al movimiento de sus moléculas, la superficie del suelo se enfría en la noche pues pierde su calor por radiación, el aire sobre él se enfría y él lo contribuye a la producción de una helada (Matías, 2007).

c) Cambio de estado

Cuando el agua pasa de sólido a líquido o gaseoso absorbe calor, si este material cambia de lugar en su nueva ubicación se produce el proceso inverso.

d) Radiación

La transmisión de calor por radiación es importantísima en el problema de las heladas por ser el proceso dominante y el más rápido. El calor, al igual que la luz, puede transmitirse por ondas (radiación electromagnética) llamadas infrarrojas o de onda

larga, que nosotros no vemos; pero a líquido o a sólido, liberando el calor absorbido (Matías, 2007).

2.1.1.4 Ocurrencia de heladas

Existen 3 tipos básicos de heladas, y un cuarto tipo que es el resultado de la combinación de los otros tres (Augsburger, 2000).

a) Heladas por advección

Se originan cuando una masa de aire frío invade una región. Se caracterizan por estar acompañadas por viento, afectando los lugares más altos y son de carácter macro climático, es decir que son heladas de tipo general, la temperatura disminuye en una gran región o país. Pueden estar acompañadas de tiempo nublado y lluvioso. Para contrarrestarlas a nivel de finca, se necesita una muy alta cantidad de calor por hectárea y por hora (alrededor de 2.000.000 kilocalorías/ha/hora) Generalmente, suelen producir severos daños a todos los cultivos, sin distinción de especie o variedad. Es muy difícil, casi imposible, de protegerse por la gran cantidad de energía requerida. Afortunadamente ellas se producen en invierno durante el período de reposo de la vegetación. Solo muy casualmente ocurren en primavera (Pereyra, 1999).

b) Heladas por irradiación

Son muy comunes en Puno. Ellas se producen en primavera, cuando las pérdidas de calor que sufre la superficie del suelo (por radiación) son superiores a los aportes que recibe en términos micro meteorológico, las heladas se producen cuando el balance de energía de la superficie del suelo es negativo. Éste se enfría demasiado durante la noche, afectando también las capas de aire cercano al mismo. Se caracterizan por producirse con cielo despejado, ausencia de viento, afectando más las zonas bajas, por acumulación

de aire frío. Afectan el mes o clima. Es decir que son heladas de tipo parcial, que afectan sol una zona de una región o, veces, sólo a algunas fincas dentro de una determinada zona se calcula que se pierden unas 600.000 kilocalorías por hectárea por hora (Augsburger, 2000).

Una helada por irradiación se da por:

- ✓ Una noche clara, sin nubes
- ✓ Una humedad atmosférica baja
- ✓ Muy poco o nada de viento

En estas condiciones, las pérdidas de calor de la superficie del suelo son, esencialmente, por radiación y superiores a los aportes, produciéndose la helada.

c) Heladas por evaporación

No tienen gran incidencia en la región de Huancayo, pero si en el Noreste del país. Se producen cuando ingresa un frente frío y produce lluvia. Esta agua que queda depositada sobre los vegetales y el suelo se evapora (ya que el aire que entra sigue siendo frío y seco) a expensas de quitarle calor al suelo y a los órganos vegetales principalmente. En este caso, las pérdidas rondan las 500.000 kilocalorías por hectárea por hora (Augsburger, 2000).

d) Heladas mixtas

Son las que provocan mayores daños en la Provincia de Carabaya y se producen por la combinación de heladas por advección, por irradiación y por evaporación. Una típica helada de este tipo se desarrolla de la siguiente manera: generalmente se inicia con la entrada de un frente frío, el que produce nubosidad y al mismo tiempo enfría el

ambiente paralelamente, las pérdidas por irradiación no son importantes y a que está nublado. Una vez que el frente pasó, la nubosidad se disipa, produciéndose una fuerte pérdida de calor por irradiación desde el suelo, lo que produce la helada. Otra situación más severa aún que las anteriores cuando previo a la entrada del frente frío se verifican condiciones de viento zonda. En efecto, este viento seco, disminuye significativamente la humedad del ambiente; lo que provoca que cuando el frente frío haga su ingreso no produzca nubosidad. Esta falta de nubosidad y baja humedad atmosférica favorecen las pérdidas por irradiación, que se suman al descenso térmico producido por el frente frío. Para una helada mixta, se calcula que como máximo se pueden llegar a perder 3.100.000 kilocalorías por hectárea por hora (Augsburger, 2000).

2.1.2 Riego antihelada

El agua forma una película de hielo alrededor de las hojas y las ramas y mantiene la temperatura a unos 0°C. El sistema de riego por aspersión es el que brinda mejores resultados si tenemos en cuenta la relación que existe entre su eficacia y su costo, pero su gran inconveniente es que la parcela tiene que ser regada al mismo tiempo. La aspersión del sistema es generalmente superior a la que tendría un riego normal (Martínez, 2007).

2.1.2.1 Riego por aspersión

El riego por aspersión es una técnica de riego en donde el agua se aplica en forma de lluvia por medio de unos aparatos de aspersión alimentados por agua a presión. Estos aparatos deberán asegurar el reparto uniforme sobre la superficie que se pretende regar. Este método implica una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae (Tarjuelo, 2000).

2.1.2.2 Componentes de un sistema de riego por aspersión

Un sistema de riego por aspersión está compuesto de muchas partes. Estas partes van desde la boquilla del aspersor hasta las válvulas que controla en la entrada del agua al sistema. Dentro de esa gama de piezas, encontramos aspersores (fijos o giratorios), reguladores de presión o flujo, tubos elevadores, acoplamiento de tuberías, válvulas, etc.

El cabezal de control, está constituido por una serie de elementos mecánicos y electrónicos, con el fin de controlar, tratar, activar y desactivar el flujo de agua de riego.

Referente a la red hidráulica, sostiene que está conformado por los siguientes sistemas de tubería:

- Matriz o tubería principal: tubería encargada de llevar el agua, desde el cabezal de control, hasta las tuberías secundarias.
- Tuberías secundarias: tubería de menor diámetro, que alimenta los diferentes sectores de riego, donde están ubicadas las tuberías laterales.
- Lateral o líneas tubería aún de menor diámetro ($3/4 - 1/2$), lo cual une los diferentes tipos de emisores que son encargados de entregar el agua a las plantas. Las líneas laterales pueden estar constituidas por: tubería de PVC que unen los emisores mediante accesorios, tuberías de polietileno que llevan goteros, micro jets o micro aspersores, cinta de riego de pre perforada, tubería de exudación que es una tubería de paredes porosas, que bajo determinada presión permite el paso del agua a través de sus paredes (Tarjuelo, 2004).

Existen diversos tipos de emisores, dentro de ellos se tiene a los denominados “aspersores”, funcionando hidráulicamente, lanza el agua a través de un brazo con uno o dos salidas (boquilla), en su extremo, a una distancia superior a 5 metros. Distribuyendo el agua sobre el terreno como un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables o girando 360° (Tarjuelo, 2004).

Los componentes son los utilizados para cualquier equipo, sea su funcionamiento activado en forma manual o bien automática en sistemas automatizados, el componente que lo distingue es el programador o controlador de riego. Mediante el uso de válvulas eléctricas, el activador realiza el enlace entre la activación y funcionamiento de la fuente de agua y la activación o apertura de los distintos sectores de riego (Vidal, 2009).

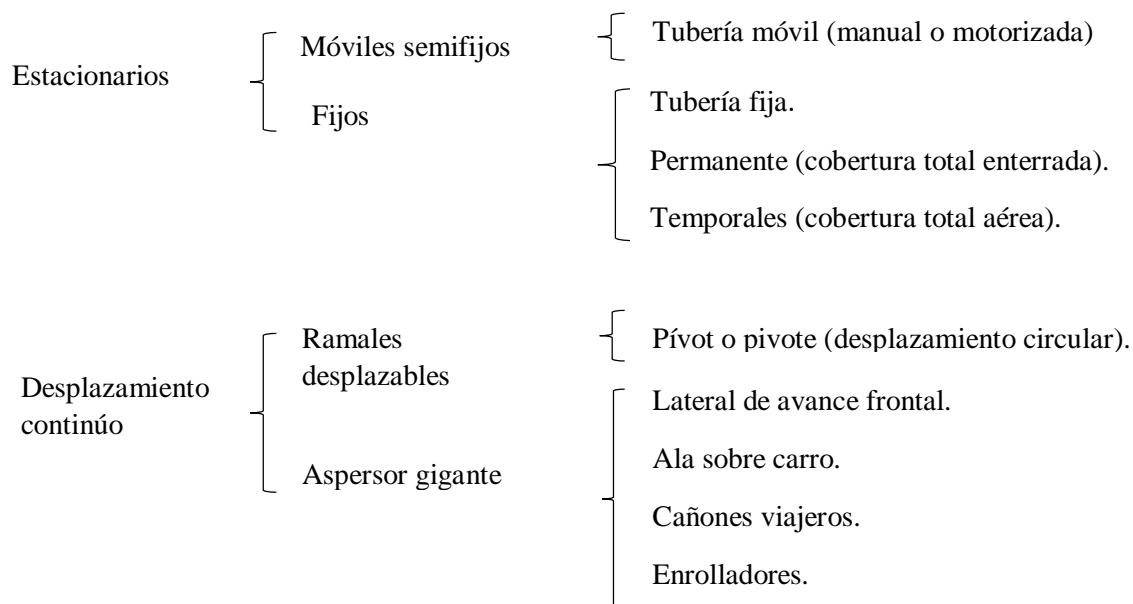
2.1.2.3 Clasificación de los sistemas de aspersión.

Resulta conveniente clasificar los sistemas de aspersión en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema. Ya que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarios.

Los sistemas de riego por aspersión pueden agruparse en dos grandes familias: los estacionarios, que permanecen fijos mientras riegan, y los de desplazamiento continuo mientras realizan la aplicación del agua. Dentro de la primera familia están los sistemas móviles, donde todos los elementos de la instalación son móviles, incluso puede serlo la bomba.

Los sistemas semifijos suelen tener fija la red de tuberías principales, que normalmente va enterrada, y las tomas o hidrantes, donde se conectan los ramales de riego, que son móviles. Estos ramales de riego pueden llevar directamente acoplados los aspersores o bien ir dotados de mangueras, que desplazan los aspersores sobre “patines” a una determinada distancia del lateral (30 a 45 m), pudiéndose realizar varias posturas de

riego sin necesidad de cambiar la tubería. Existe otra variante en la que todas las tuberías son fijas, desplazándose únicamente los tubos porta aspersores y los aspersores.



Los sistemas fijos permanentes mantienen todos sus elementos fijos durante la vida útil, lo que implica que todas las tuberías tengan que estar enterradas, mientras que los sistemas fijos temporales hay que montarlos al principio de la campaña de riego y retirarlos al final de la misma, lo que implica que los ramales y las tuberías de alimentación tengan que estar en superficie, pudiendo ser de aluminio o PVC (Tarjuelo, 2000).

2.1.2.4 Diseño de un módulo de riego

El diseño del sistema de riego debe ser creativo y flexible. Creativo en compatibilizar el componente técnico con el componente social. Flexible en el sentido de permitir la futura ampliación del sistema más usuarios y la introducción de nuevos tipos de aspersores, sin que eso ocasione grandes problemas técnicos, económicos y sociales. La capacidad de un diseñador no se muestra en la complejidad técnica de las obras y los

aspersores, sino es la sencillez del diseño técnico y la facilidad organizativa con los usuarios (Tarjuelo, 2000).

2.1.2.5 Ventajas y desventajas

Ventajas.

- El riego por aspersión no requiere de nivelación cuidadosa del terreno, pues el suministro de agua no depende de la gravedad, ya que cae en gotas, como una lluvia. Se adapta a terrenos heterogéneos.
- Los sistemas de riego por aspersión racionalizan y economizan el agua disponible, tiene la posibilidad de regular la intensidad de la precipitación según el tipo de suelo y las necesidades del cultivo.
- El ahorro de la mano de obra, y altos grados de automatización a costa de mayor inversión y eficiencia.
- En algunas modalidades permite también fertilizar y aplicar tratamientos fitosanitarios mientras se riega.
- El riego por aspersión permite proteger también de las heladas y las temperaturas pico para mantener en equilibrio al cultivo.
- Es el método más eficaz para el lavado de sales por originar un movimiento de agua en el suelo en sub saturación, obligándola a circular por los poros más pequeños, y por tanto, más en contacto con la solución del suelo. Como principal inconveniente en este sentido está el hecho de que la energía aplicada en la aplicación encarece la operación.

- Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de socorro. En el primer caso con la condición de que el dimensionamiento se realice para el cultivo más exigente, ya que la cantidad de agua a aplicar solo es función del tiempo por postura una vez dimensionada la instalación. Dada la eventualidad de los riegos de socorro, los sistemas que mejor se adapten serán los móviles o semifijos (sobre todo aquellos de gran radio de acción, como los cañones de riego) (Vásquez, Chang y Navarro, 1998).

Desventajas.

- Costo de inversión inicial alto que incluye: equipo de bombeo, tuberías, accesorios, etc. Y los elevados costos de mantenimiento y funcionamiento (energía).
- Al regar por aspersión se crean ambientes que pueden ayudar al desarrollo de enfermedades fungosas en las hojas del cultivo.
- Mala uniformidad en el reparto de agua en horas de fuertes vientos.
- Cuando se dispone de agua de riego de mala calidad (material en suspensión), se requiere de filtración, pues las boquillas de los aspersores pueden obstruirse y desgastarse.
- Pueden originarse problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se utilizan aguas salinas o residuales para regar, ya que al evaporarse aumenta la concentración de sales o impurezas en la misma.

2.1.2.6 Eficiencia en sistemas de riego por aspersión

La operación de todo el sistema de riego, ocurren pérdidas de agua tanto en el sistema de almacenamiento, conducción, distribución y a nivel parcelario mismo. Sin embargo, se considera el agua como un recurso vital y sumamente escaso. En este sentido, su manejo debe ser eficiente a fin de preservar dicho recurso, para asegurar su sostenibilidad en el tiempo y en el espacio.

En el diseño de un sistema de riego se debe considerar las pérdidas que ocurren con el fin de asegurar el abastecimiento adecuado y oportuno de agua para el riego de los cultivos. Los parámetros que a continuación se detallan se utilizan para sistemas de riego por aspersión, goteo o gravedad (Vásquez, 2000).

2.1.3 El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

La quinua es una planta herbácea anual de amplia dispersión geográfica; presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales. Se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7 000 años antes de Cristo, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm, desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequías, heladas, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas.

Su período vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2 600 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5 hasta alcalinos con pH de 9,0 (Mujica, 2001).

UBICACIÓN TAXONÓMICA

La quinua está ubicada taxonómicamente de la siguiente forma: (Mujica, 2001).

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Sección: Chenopodia

Subsección: Cellulata

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

2.1.3.1 Descripción botánica de la planta

1. Planta

La planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas, está clasificada como planta C3. (FAO, 2000).

2. Raíz

Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, (Mujica, 1983) la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 180 cm de profundidad, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (FAO, 2000).

3. Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla existen genotipos ampliamente ramificados (quinuas de valle) incluso desde la base (quinuas del nivel del mar) y otros de tallo único (quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes (Alegría, 2013).

4. Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta, la lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de

calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés (Mujica, 1983). El color de las hojas es variable dependiendo de los genotipos, se han observado pigmentos rojos, púrpuras, amarillos, que están constituidos por betalainas, tanto del tipo, betacianinas (rojo- violeta) y betaxantinas (amarillas) (Mujica, 2010).

5. Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores y por qué el eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas, la longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000. (Mujica, 1997).

6. Flores

Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Los estambres, que son cinco, poseen filamentos cortos que sostienen anteras casi fijas y se encuentran rodeando el ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener dos ó tres estigmas plumosos. Las flores permanecen abiertas por un período que varía de cinco a siete días, y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración está entre 12 a 15 días (Heisser y Nelson, 1974).

Es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona

ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1,5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14,5% (Gallardo, 2010).

El perigonio tiene un aspecto membranáceo, opaco de color ebúrneo, con estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas. El fruto es seco e indehisciente en la mayoría de los genotipos cultivados, dejando caer las semillas a la madurez en los silvestres y en algunas accesiones del banco de germoplasma (FAO, 2000).

7. Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigónio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma.

El episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, tiene células de forma alargada con paredes rectas; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células (Gallardo, 2010).

Existen tres formas de granos cónicos, cilíndricos y elipsoidales se puede considerar tres tamaños de granos: grande de 2,2 – 2,6 mm; mediano 1,8 – 2,1 mm y tamaño pequeño a menor 1,8 mm (Mujica, 1997).

Desde el punto de vista comercial se desea que la semilla sea de tamaño grande, de color blanco uniforme, libre de ayaras, (semillas de color negro), libre de saponinas, semilla no manchada ni amarillenta (FAO, 2000).

Plagas

<i>Eurysacca quinoa</i>	Polilla de la quinua, "Qhona qhona", "Qhaqo"
<i>Eurysacca melanocampta</i>	Kepicha de la quinua, Pilipintu
<i>Liriomiza huidobrensis</i>	Mosca minodera de las hojas
<i>Epicauta</i> sp.	"Padre kuru" "Karhua"
<i>Epitrix</i> sp.	Pulguilla, "Piki piki"
<i>Aphis</i> sp. - <i>Myzus</i> sp.	"Pulgones"
<i>Frankiniella tuberosi</i>	"Trips" "Llaja"
<i>Anacuerna centrolinea</i>	Tunku tunku

Enfermedades

Hongos

Peronospora farinosa: Mildiu

Ascochyta hyalospora: Mancha foliar

Pseudomonas sp.: Mancha bacteriana

Bacterias

Pseudomonas sp.: Mancha bacteriana

Nematodos

Nacobbus sp.: Falsos nematodos del nudo

Heterodera sp.: Nematodos de quiste

Daño provocado por aves

Indicar mediante la escala numérica el daño causado por pájaros o aves graníferas.

2.1.3.2 Fenología de la quinua

La fenología mide los diferentes estados o fases de desarrollo de la planta, mediante una apreciación visual en la que se determina los distintos eventos de cambio o transformación fenotípica de la planta, relacionadas con la variación climática, dando rangos comprendidos entre una y otra etapa (Mujica, Suquilada, Chura, Ruiz, Cutipa y Ponce, 2013).

1. Emergencia

Es cuando los cotiledones aun unidos, emergen del suelo a manera de una cabeza de fósforo y es distinguible solo cuando uno se pone al nivel del suelo, en esta etapa es muy susceptible de ser consumido por las aves por su succulencia y exposición de la semilla encima del talluelo, ello ocurre de los seis días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad (Mujica, *et al.*, 2013).

2. Hojas cotiledones

Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledonales extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida, en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá

la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los siete a diez días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).

3. Dos hojas verdaderas

Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular, en esta fase puede ocurrir el ataque de los gusanos cortadores de plantas tiernas (*Copitarsia turbata* H.S, y *Feltia experta*.) “Ticuchis” (Mujica, *et al.*, 2013).

4. Cuatro hojas verdaderas

Es cuando ya se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase ya la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío, porque ha extendido fuertemente sus raíces y muestra movimientos nictinásticos nocturnos cuando hace frío, dada la presencia de hojas tiernas, se inicia el ataque de insectos masticadores de hojas (*Epitrix subcrinita*. y *Diabrotica de color*.)” Pulguilla saltona y Loritos” sobre todo cuando hay escasez de lluvias (Mujica, *et al.*, 2013).

5. Seis hojas verdaderas

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, desde el estado de

formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer; durante el día en presencia de viento la plántula flamea.

6. Ramificación

Se nota ocho hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos; debido a la gran cantidad de hojas es la etapa en la que mayormente se consume las hojas como verdura, hasta esta fase el crecimiento de la planta pareciera lento, para luego alargarse rápidamente, la planta ya se nota bien establecida y entre plantas se observa cierto acercamiento (Mujica, *et al.*, 2013).

7. Inicio de panojamiento

La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, 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 ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta fase ocurre el ataque de la

primera generación de *Eurissacca quinoae* Povolny “Kcona-Kcona”. En esta fase, la parte más sensible a las heladas no es el ápice, sino por debajo de este y en caso de severas bajas de temperatura que afectan a la planta, se produce el colgado del ápice (Mujica, *et al.*, 2013).

8. Panojamiento

La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra; a partir de esta etapa se puede consumir las panojas tiernas como verdura (Mujica, *et al.*, 2013).

9. Inicio de floración

Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética (Mujica, *et al.*, 2013).

10. Floración

Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencias secundarias) se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , debe observarse esta etapa al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas, así mismo la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe

abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla (Mujica, *et al.*, 2013).

11. Grano acuoso

Es cuando se inicia la formación de la semillas después de ser fecundada, en donde al ser presionada por las uñas de los dedos pulgares presenta una consistencia acuosa, de color transparente a partir de esta fase se inicia la formación del fruto (Mujica, *et al.*, 2013).

12. Grano lechoso

Fase cuando los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción (Mujica, *et al.*, 2013).

13. Grano pastoso

Es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quinoa* Povolny “Kcona-Kcona” causa daños considerables, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción (Mujica, *et al.*, 2013).

14. Madurez fisiológica

Es la fase en la 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, en 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 período de llenado de grano (Mujica, *et al.*, 2013).

15. Madurez de cosecha

Es cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es tal que facilita la trilla (Mujica, *et al.*, 2013).

2.1.3.3 Variedades de quinua

INIA 420 - Negra Collana.- Zona agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos y a la costa peruana.

Salcedo INIA.- Altiplano en la zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frio, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6° a 17°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8. Valles interandinos y costa de 640 a 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura arenosa (Mujica, 1997).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Quinua

Es un grano andino perteneciente a la familia Chenopodiaceae. Se cultiva, principalmente, en la cordillera de los Andes. Los principales países productores son Bolivia, Perú.

2.2.2 Aspersión

Un aspersor es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado y lo transforma en rocío, asperjándolo para fines de riego. Es necesario comprender que la ventaja de un aspersor es la de expulsar el agua por medio de una cortina hasta donde sus capacidades de presión de salida y tipo de boquilla se lo permitan

2.2.3 Cobertura total

La cobertura total es considerada cuando la parcela o todo el cultivo se riega en un solo turno, es decir toda el área está cubierto de aspersores cubriendo en totalidad.

2.2.4 Capacidad de campo

Es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice.

2.2.5 Heladas

La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.

2.2.6 Riego

Se denomina Sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas.

2.2.7 Veranillos

Periodos cortos que se presentan en veranos, con un incremento de temperatura y ausencia de precipitación pluvial.

2.2.8 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

2.2.9 Termómetro con alarma

Termómetro con sensor externo de temperatura, modo HOLD para última lectura, memoria de máx/mín, alarma audible programable que sonara al llegar los 0°C.

2.2.10 Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1 UBICACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en la comunidad Huarza, distrito de Pucara, Provincia Lampa de la Región de Puno a una altitud de 3868m.s.n.m. coordenadas UTM X: 352857 Y: 8326125, Huso 19.

La duración del experimento fue:

- Inicio : Diciembre del 2015
- Finalización : Agosto del 2016

3.2 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Para la obtención de muestras y el análisis físico – químico del suelo se tomó como referencia el muestreo en zigzag a una profundidad de 30 cm, teniendo una distribución en toda el área de siembra, dicho análisis se realizó en el laboratorio de Agua y Suelo EPIA-UNAP.

Es un suelo de textura moderadamente gruesa, sin presencia de carbonatos, contenido medio de materia orgánica (3.98 %), alto en nitrógeno total (N = 0.22 %), medio en fósforo (P disponible = 8.39 ppm) medio en potasio disponible (185 ppm), es moderadamente ácido (pH = 5.70) es decir que existe predominancia de protones H⁺, sin llegar a presentar problemas de aluminio cambiables; no presenta problemas de salinidad (CE es = 1.30 ds/m); asimismo no presenta acumulación de carbonatos; su capacidad de intercambio de cationes es moderada (CIC = 11.80 me/100g), por lo que la retención de nutrientes es también moderada; su capacidad de saturación de bases es alto por lo que hay predominancia de los elementos Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺; la relación de Ca/Mg es alta por lo que hay antagonismo entre estos dos elementos nutrientes. En conclusión es un suelo de mediana fertilidad. Tal como se muestra en el Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de suelo del sitio experimental.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	MS-1	57.64	9.56	32.80	Franco arenoso	0.00	3.98	0.22

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
						me/100 g suelo						
01	5.70	0.26	1.30	8.39	185	4.94	4.59	0.28	1.77	0.00	11.8	98.14

FArA = Franco arcillo arenoso

FAr = Franco arcilloso

Ar = Arcilloso

M.O.=Materia orgánica

FArA = Franco arcillo arenoso

P = Fósforo disponible

CIC = Capacidad Intercambio Catiónico

K = Potasio disponible

N = Nitrógeno total

C.E. = Conductividad eléctrica

K⁺ = Potasio cambiabile

SB = Saturación de bases

A = Arena

Mg²⁺ = Magnesio cambiabileCa²⁺ = Calcio cambiabile

mS/cm = mili Siemens por centímetro

Na⁺ = Sodio cambiabile

C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto

CO₃⁼ = CarbonatosAl³⁺ = Aluminio cambiabile

me = mili equivalente.

NC = No corresponde al tipo de análisis solicitado

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelo EPIA-UNAP.

3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

3.3.1 Material vegetal

Semilla de quinua de las variedades de Salcedo-INIA y Negra Collana, producida por las campañas 2015 – 2016, fue adquirida de la Estación Experimental Salcedo INIA Puno.

3.3.2 Material de riego

Un kid de sistema de riego por aspersión siendo los aspersores de Seninger Xcell Wobbler que se instalaron en el terreno dando un riego de cobertura total, con ayuda de termómetro suelo, medio ambiente con alarma y un kid de sensores impulsada por una electrobomba sumergible de 1.5HP la tubería se instaló de HDPE.

3.3.3 Termómetros ambientales

Se empleó termómetros ambientales manuales graduados a 0°C, los cuales fueron instalados en las áreas del cultivo.

3.3.4 Termómetros de contacto con alarma

Se empleó termómetros de contacto con sistema de alarma, con lecturas en desde -30°C hasta 100°C , los cuales serán instalados en las parcelas de los cultivos.

Kid de arduino con 2 salidas y 2 celdas, este kits fue armado por Ing. Industrial Fernando Chirinos Garate.

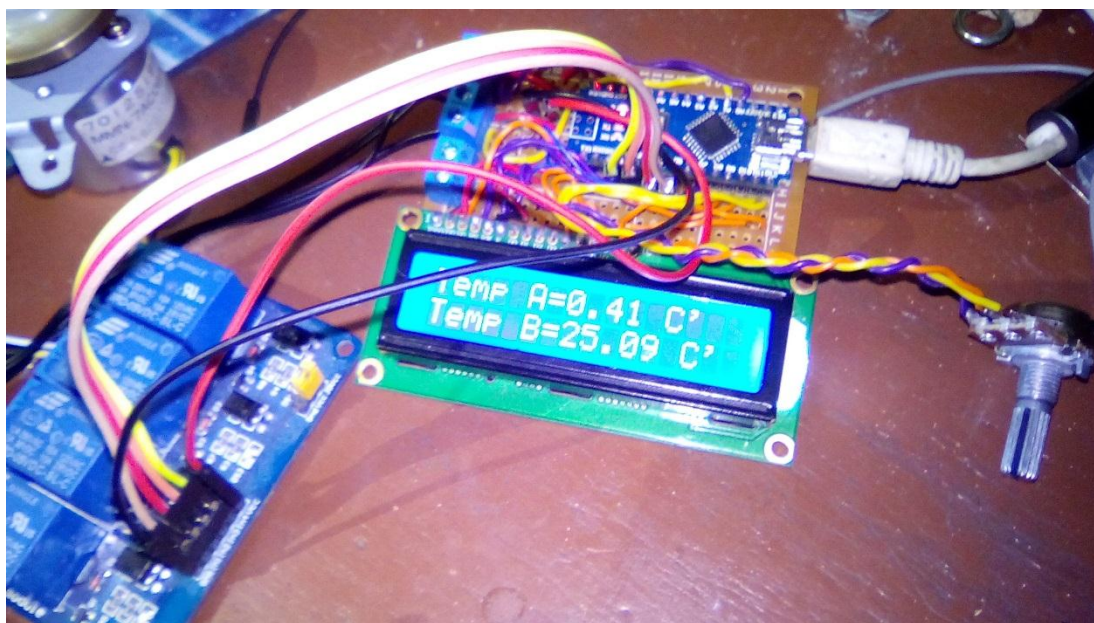


Figura 1. kid de Arduino con salidas de termómetro y encendido de electrobomba

3.4 MATERIALES DE CAMPO

Los materiales que se emplearon en el presente experimento son los siguientes:

- Aspersores
- Termómetros
- Sacos de yute
- Balanza
- Bolsas de plástico

- Plumón de tinta indeleble
- Wincha métrica
- Etiquetas de identificación
- Cámara fotográfica digital
- Registro de evaluación
- Envases de muestreo de suelos

3.5 DISEÑO ESTADISTICO

El diseño estadístico que se empleó fue el Diseño analítico teniendo 4 parcelas de 25 x 32m, con 2 variedades por cada parcela es decir de 800m² siendo en total 3200 m² dos de ellas serán controladas con aspersores y las otras dos serán de testigo. Para los parámetros estadísticos, se empleara las poblaciones de muestreo, las sumatorias, los promedios estadísticos, la desviación estándar a nivel de muestra. Además de los figuras y tablas estadísticas prueba de TUKEY y análisis multivariado.

3.5.1 Diseño de parcela de experimentación

El diseño de las parcelas en el campo de experimentación presentó las siguientes características:

PARCELAS EXPERIMENTALES

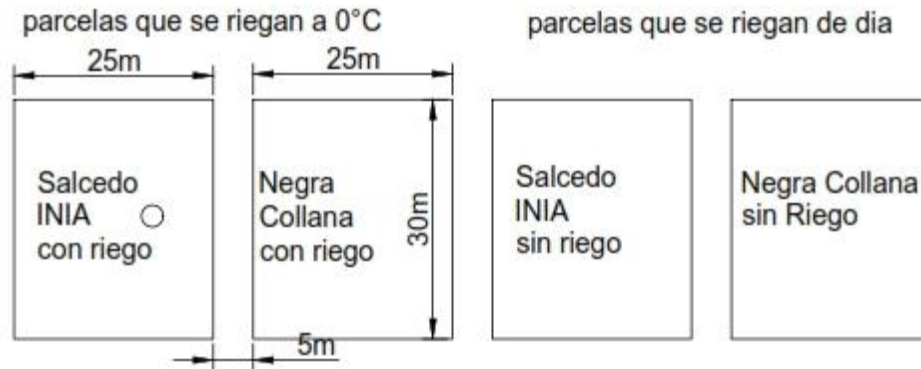


Figura 2. Diseño de parcela.

3.6 DISEÑO DE RIEGO

El diseño de riego, empleado en el presente trabajo de investigación, fue aplicado y diseñado mediante X-CEL WOBBLER de Senninger, tal como se muestra en la siguiente figura:

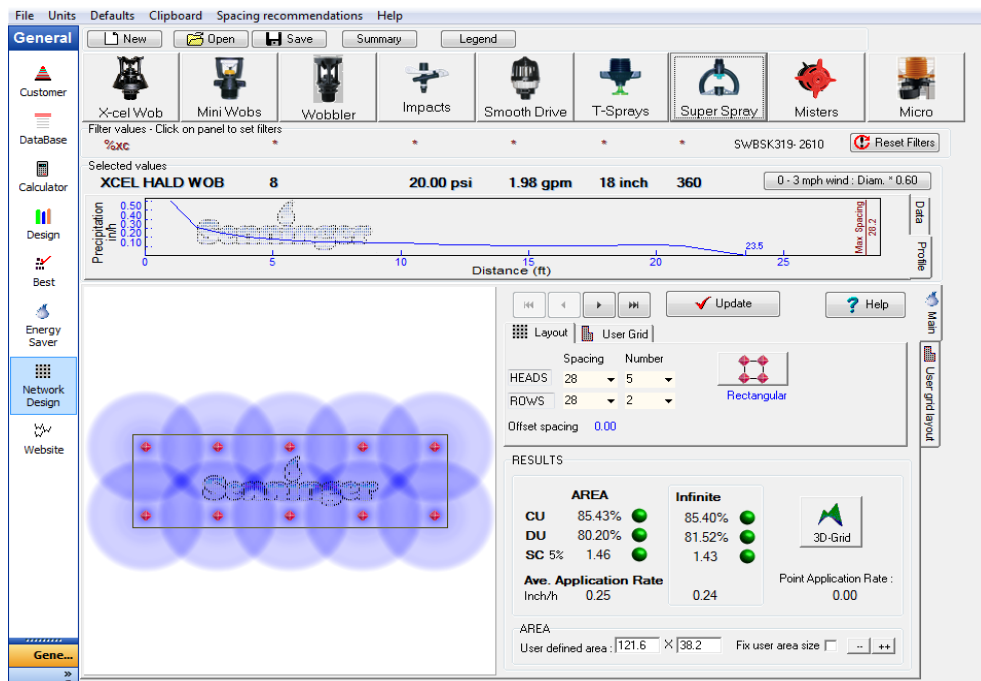


Figura 3. Diseño de riego con X-CEL WOBBLER de Senninger

En tanto, las especificaciones de la técnica del riego por aspersión fue:

Tabla 2. Especificaciones técnicas de riego

RESUMEN DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE RIEGO	
N° DE ASPERSORES	10
CAUDAL DE ASPERSOR	0.7m3/hr
PRESION	1.2 bar
TURNOS	2
HORAS DE RIEGO POR TURNO	según la helada
MARCO DE RIEGO	12*12m
AREA DE RIEGO POR TURNO	1600m2
PRESIPITACION HORARIA* M2	4.9mm
CULTIVO	quinua
AREA QUE SE REGARA	3200m2

3.7 VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES

3.7.1 Variables de respuesta

- Medida de temperaturas máximas y mínimas del ambiente (°C)
- Registro de temperatura de contacto con alarma (°C)
- Selección masal de plantas tolerantes a heladas (N° de plantas)

- Vigor de la plantas (Nº de plantas)
- Lamina foliar (cm)
- Ancho máximo de hoja (cm/hoja)
- Resistencia a heladas (nº/hoja)
- Diámetro de tallo (cm/tallo)
- Altura de planta (cm/planta)
- Longitud de panoja (cm/panoja)
- Diámetro de grano (mm/grano)
- Rendimiento de grano (kg/ha)

3.7.2 Observaciones

- Fase fenológica (eventos/días)
- heladas (eventos/por campaña)
- Análisis de fertilidad del suelo (ppm)

3.8 METODO DE EJECUCION DEL EXPERIMENTO

3.8.1 Las parcelas de cultivo

La presente investigación se realizó en campos de experimentos consistente en cuatro parcelas en la se cultivara las 2 variedades de quinua, cada parcela fueron de 800m² haciendo un total de 3,200 m²

3.8.2 Instalación de termómetros ambientales

Los termómetros se instalaron en las 2 parcelas experimentales a nivel de ambiente y el otro a nivel de la planta.

3.8.3 Instalación de termómetros de contacto con alarma

Los termómetros de contacto con alarma se conectó con el control electrónico de la electrobomba al indicar la presencia de heladas (0°C), sonó una alarma poniendo en marcha la electrobomba, la cantidad de agua que se distribuyó fue medido con un pluviómetro para determinar la cantidad de agua aplicada, los datos presentados en este evento fueron tomados, el riego inicio una vez presentado la helada, el riego logro cubrir con agua la lámina foliar, tallo, flores y con la baja temperatura generándose una lámina de hielo la cual protegió al cultivo, dentro de la lámina de hielo la temperatura se concentra a 0°C fuera descendió más. Una vez que salió el sol es prescindible mantener el riego hasta derretir la lámina de hielo que quedo, interrupción en esa horas puede ser muy perjudicial ya que en vez de controlar se aumentaría los daños por la helada. Una vez derretido las láminas foliares se observó que no hubo cambio brusco de temperatura (las que primordialmente dañan las plantas). Una vez realizado esto se evaluó los efectos del evento de helada presentado.

3.8.4 Riego por aspersión

Se instaló el sistema de riego por aspersión con cobertura total, juntamente con los 2 termómetros que se ubicaron uno de ellos en el campo de estudio y el otro fuera del campo experimental.

3.9 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES

3.9.1 Temperaturas ambientales

Las temperaturas ambientales fueron registradas con el termómetro que nos indicó cual fue la temperatura máxima y la mínima diaria, esto es en todo el ciclo del desarrollo productivo de la quinua.

3.9.2 Temperatura de contacto con alarma

Los termómetros de contacto con alarma fueron contactados al control electrónico de la electrobomba, este equipo al indicar la presencia de la helada suena como una alarma activando el riego por aspersión. Este sistema de control solo se aplicó a las parcelas en experimentación, excluyendo a las parcelas de testigo.

3.9.3 Selección masal de plantas tolerantes a heladas

Después de la ocurrencia de heladas en las parcelas experimentales, mediante un cuadrante metálico de 1 metro cuadrado se determinó el número de individuos vegetales tolerantes a las heladas. Luego los datos analizados estadísticamente y se expresaron en valores de porcentajes.

3.9.4 Lamina foliar

Se observó la lámina y los bordes para ver si sufre quemaduras, para ello se tomaron hojas al azar de una determinada planta.

3.9.5 Altura de planta

Se registró la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, con ayuda de una cinta métrica de 100 centímetros.

3.9.6 Rendimiento de grano

Se evaluó y comparo al final para ver el rendimiento y calidad del grano, se pesó el rendimiento por parcela.

Tabla 3. Descripción de la forma de evaluación de las variables cuantitativas en el campo

VARIABLES CUANTITATIVAS	FORMA DE EVALUACIÓN EN EL CAMPO
Ancho máximo de la hoja (cm)	Se realizó la medición con una regla metálica de 30cm
Días hasta el inicio de floración (días)	se contó desde la siembra
Días 50% de la madurez fisiológica (días)	
Altura de planta (cm)	se utilizó cinta métrica
Longitud de la panoja (cm)	
Diámetro de la panoja (cm)	
Diámetro del tallo principal (mm)	se utilizó vernier para su medición
Diámetro de grano (mm)	

3.9.7 Procedimiento del experimento

Se realizó de la siguiente manera

- El sistema de riego está instalado con cobertura total de aspersores, la electrobomba sumergible se encuentra en contacto con el arduino y el arduino están conectados a los termómetros indicadores de heladas.
- El termómetro que se encuentra dentro del cultivo da señal al arduino que la temperatura llegó a -0°C . (inicio de helada)
- El arduino enciende la electrobomba, los aspersores están funcionando dentro de 2min. A un 100%
- La temperatura baja más, Aprox. 6:00am se forma la capa de hielo que protege la planta
- A promediar las 8:00am la temperatura subió a 9°C el arduino es indicado por el termómetro que tiene que apagar la electrobomba
- Se detiene el riego cuando la temperatura subió y la capa de hielo se descongeló
- Las evaluaciones se realizan al día siguiente

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 OCURRENCIA DE HELADAS EN EL CULTIVO DE QUINUA

Durante el periodo vegetativo del cultivo de la quinua, meteorológicamente se presentó tres ocurrencias de heladas muy significativas la cual se encuentra en anexos (tablas N°16, 19,20,) según los registros evaluados; en consecuencia, los datos de evaluación de los parámetros en estudio durante el desarrollo vegetativo de la planta correspondiente a la campaña agrícola 2015-2016, se realizaron después de la ocurrencia de cada helada.

4.1.1 Ocurrencia de la primera helada

La primera helada registrada ocurrió cuando la planta se encontró en la fase fenológica de 6 hojas verdaderas a ramificación, cuya temperatura mínima fue -8°C , bajo las condiciones del medio ambiente. Al respecto, Ledesma (2000), confirma que la helada es un fenómeno ocasional complejo; en nuestras condiciones ocurrió a los 38 a 45 días después de la siembra del cultivo de quinua.

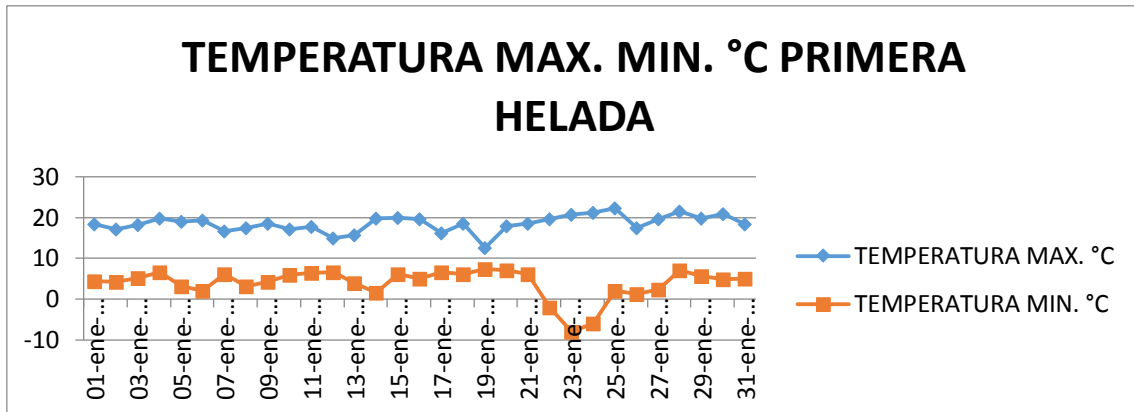


Figura 4. Datos de temperatura min. y max. en la primera helada con fechas e intensidad.

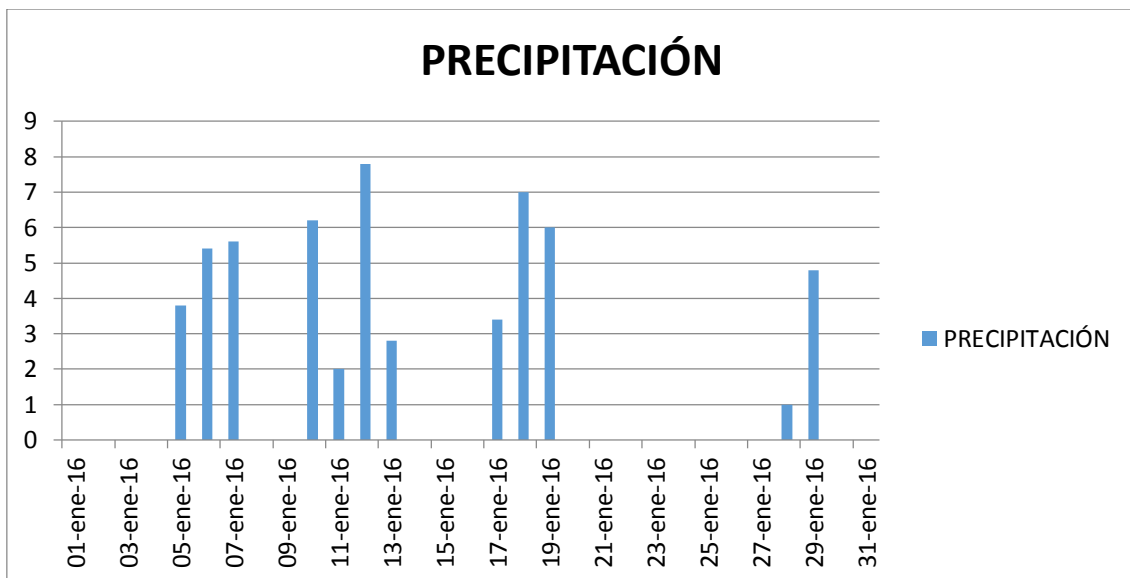


Figura 5. Datos de precipitación pluvial del mes de enero, en la primera helada.

4.1.2 Ocurrencia de la segunda helada

La segunda helada ocurrió cuando la planta se encontró en la fase fenológica de floración e inicios de grano pastoso, cuya temperatura registrada fue de -3.8°C . La helada es un fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire, existente en las cercanías del suelo, desciende por debajo de cero grados (Martínez, *et al*, 2007).

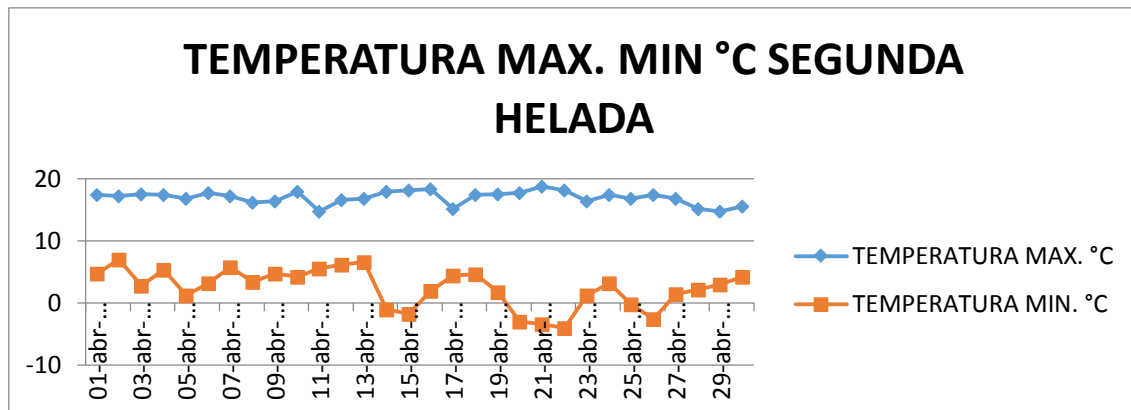


Figura 6. Datos de temperatura min. y max. en la segunda helada con fechas e intensidad.

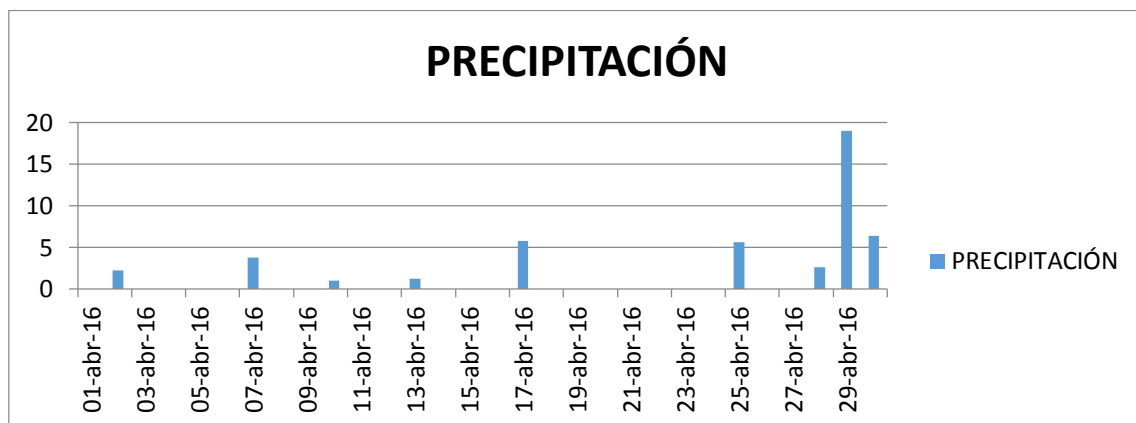


Figura 7. Datos de precipitación pluvial del mes de abril, en la primera helada.

4.1.3 Ocurrencia de la tercera helada

La tercera helada ocurrió en la fase fenológica de madures fisiológica teniendo una temperatura más baja con -3.8°C . Al respecto, sostiene que la helada se produce cuando la temperatura del aire disminuye por debajo de 0°C . Este puede ser más intenso cuanto mayor sea el descenso térmico y su duración, las consecuencias del daño dependerá también de la especie o variedad cultivada, y del estado fenológico del cultivo (Olcina, 1994).

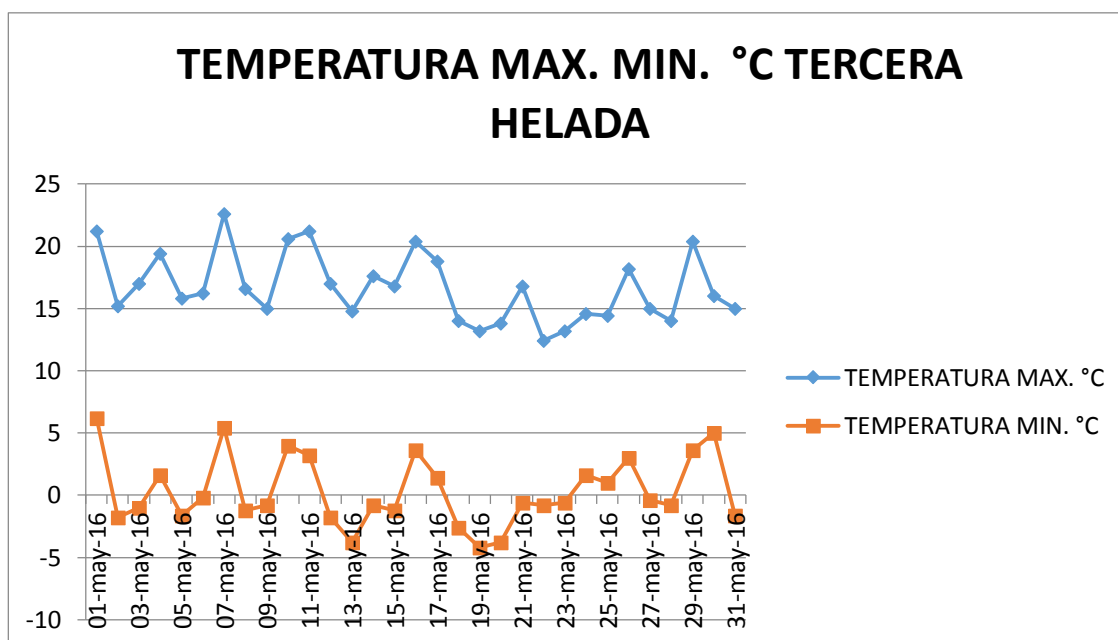


Figura 8. Datos de temperatura min. y max. en la tercera helada con fechas e intensidad.

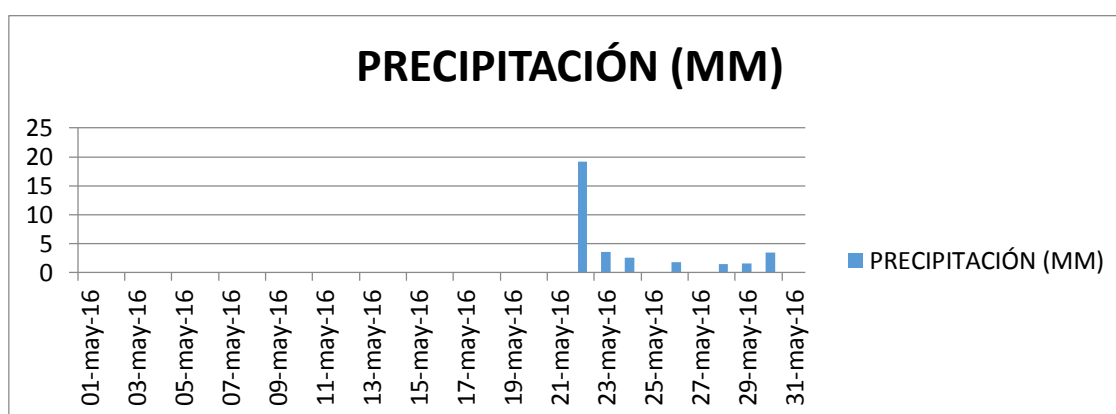


Figura 9. Datos de precipitación pluvial del mes de mayo, en la primera helada.

4.2 TOLERANCIA A LA HELADA EN EL CULTIVO DE QUINUA

4.2.1 Tolerancia a la primera helada variedad Salcedo INIA

La primera helada ocurrió a los 43 días después de la siembra, es decir, cuando la planta estuvo en la fase fenológica de 6 hojas verdaderas. En la tabla 4, se muestra los valores promedio evaluados en el campo que provienen de la tabla 10 del anexo. De los parámetros evaluados correspondientes a esta fase fenológica como: ancho de hoja;

longitud de hoja; altura de planta y diámetro del tallo, estadísticamente no muestran diferencias significativas; sin embargo se puede manifestar que las parcelas de quinua, con presencia de riego mostraron cierta tolerancia a las heladas, numéricamente se observa una ligera superioridad de los valores evaluados en relación a las parcelas de quinua sin riego o testigo.

Tabla 4. Prueba de Tukey, para la tolerancia a la primera helada en quinua Var. Salcedo INIA

VARIABLES	TRATAMIENTO	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja (cm)	Con Riego	3.45	0.25	a
	Sin Riego	3.42	0.21	a
Longitud máxima de hoja (cm)	Con Riego	3.48	0.2	a
	Sin Riego	3.34	0.1	a
Altura de planta(cm)	Con Riego	38.10	3.1	a
	Sin Riego	36.00	3.6	a
Diámetro de tallo (mm)	Con Riego	9.53	0.37	a
	Sin Riego	9.49	0.26	a

Los datos registrados a la fase fenológica de 6 hojas verdaderas en el cultivo de quinua variedad Salcedo INIA, señalan que el área foliar de la planta sufrió leves daños no existiendo diferencia estadística; de igual manera la altura de planta presentó ligeras diferencias sin existir diferencias estadísticas; al igual que el diámetro de tallo que tuvo similar comportamiento. Por lo que se puede deducir que la quinua en su fase fenológica de seis hojas verdaderas hay tolerancia a heladas las diferencias son mínimas. El daño de helado sin protección es mínimo el 5% principalmente en borde de las hojas.

4.2.2 Tolerancia a la segunda helada variedad Salcedo INIA

La segunda helada ocurrió a los 90 días después de la siembra, posteriormente este fenómeno meteorológico continuó hasta los 110 días después de la siembra; es decir la planta de quinua fue afectada en la fase fenológica de floración hasta la fase fenológica de grano lechoso. En la tabla 5, se muestra los valores promedio evaluados en el campo que provienen de la tabla 11 del anexo. En general los parámetros evaluados muestran ligeras diferencias entre los valores encontrados; las áreas de cultivos sometidas al riego, los órganos vegetativos muestran tolerancia a la helada.

Tabla 5. Prueba de Tukey segunda helada Var. Salcedo INIA

VARIABLES	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja (cm)	Con Riego	4.75	0.36	a
	Sin Riego	3.68	0.25	b
Longitud máxima de la hoja (cm)	Con Riego	5.32	0.48	a
	Sin Riego	3.56	0.26	b
Altura de planta (cm)	Con Riego	135.2	2.86	a
	Sin Riego	114.2	2.78	b
Diámetro de tallo (mm)	Con Riego	14.18	0.37	a
	Sin Riego	13.87	0.24	b
Longitud de la panoja (cm)	Con Riego	38	1.89	a
	Sin Riego	35.5	1.35	b
Diámetro de la panoja (cm)	Con Riego	24.7	1.89	a
	Sin Riego	23.8	1.03	a
Días hasta inicio de floración (días)	Con Riego	93	0	a
	Sin Riego	86	0	b

Para obtener los promedios, desviación estándar y Tukey se aplicó el programa SAS, en la cual nos muestra que en esta fase fenológica, estadísticamente existe variación significativa al 95% de probabilidad. Estos datos nos indican que en la fase de

floración hasta grano lechoso, las parcelas con riego muestran superioridad de desarrollo vegetativo en lo que respecta al ancho de hoja; longitud de hoja; altura de planta; diámetro de tallo y longitud de panoja excepto en el diámetro de panoja que no existe diferencia estadística. Al respecto, (Casillas 1987), asevera que, el agua forma una película de hielo alrededor de las hojas, ramas de la planta y mantiene la temperatura a unos 0°C. Por lo que el sistema de riego por aspersión como una medida para mitigar las heladas en el cultivo de quinua en el presente estudio brindó mejores resultados en comparación a la parcela de quinua conducidos en forma tradicional, puesto que la parcela no controlada resulto con quemaduras y abortos florales.

4.2.3 Tolerancia a la tercera helada variedad Salcedo INIA

Durante el desarrollo del cultivo de la quinua, la tercera helada ocurrió a los 148 días después de la siembra, es decir, cuando la planta se encontró en su fase fenológica de madurez fisiológica. Los datos de campo registrados se encuentran en la tabla 12 del anexo, cuyos promedios de los parámetros evaluados se sintetizan en la Tabla 6, en donde se puede observar claramente la variación entre los indicadores. En esta fase fenológica, la quinua variedad Salcedo INIA, presentó una buena longitud de panoja, a pesar del daño de las heladas, las parcelas con riego presentaron una buena tolerancia a la helada, en comparación con las parcelas testigo o sin riego. Este comportamiento del riego por aspersión para contrarrestar la helada, es corroborado por Ledesma (2000), manifestando que las hojas, yemas y ramas al recibir una fina y tenue película de agua sobre su superficie, ésta desprende el calor específico de congelación y evita que al menos gran parte de la planta quede arrasada por la helada.

Tabla 6. Prueba de Tukey tercera helada Var. Salcedo INIA

VARIABLES	TRATA- MIENTO	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja (cm)	Con Riego	4.75	0.38	A
	Sin Riego	4.5	0.42	A
Longitud máxima de la hoja (cm)	Con Riego	5.45	0.37	A
	Sin Riego	4.99	0.21	B
Altura de planta (cm)	Con Riego	145.9	3.21	A
	Sin Riego	126.2	2.49	B
Diámetro de tallo principal (mm)	Con Riego	14.35	0.44	A
	Sin Riego	13.68	0.31	B
Longitud de la panoja (cm)	Con Riego	38.8	1.39	A
	Sin Riego	34.7	1.49	B
Diámetro de la panoja (cm)	Con Riego	24.4	1.58	A
	Sin Riego	17.6	1.65	B
Diámetro de grano (mm)	Con Riego	2.69	0.14	A
	Sin Riego	2.11	0.25	B
Rendimiento de semilla (g/planta)	Con Riego	53.35	2.31	A
	Sin Riego	15.05	8.32	B
Días hasta inicio de floración	Con Riego	93	0	A
	Sin Riego	86	0	B
Días madurez fisiológica	Con Riego	160	0	A
	Sin Riego	155	0	B

Los valores registrados, se sometieron a la prueba de Tukey al 95% de probabilidad, cuyas variables de evaluación, estadísticamente nos indican que las parcelas de quinua sometidas al riego muestran la superioridad de valores en los respectivos órganos vegetales, frente a las parcelas de quinua en condiciones de control o testigo, a

excepción de la variable ancho de la hoja que no fue significativa en ambos tratamientos.

En consecuencia, las parcelas de quinua variedad Salcedo INIA, durante la campaña agrícola 2015-2016, soportaron tres eventos meteorológicos de heladas; la aplicación del sistema de riego por aspersión sobre el cultivo atenuó el daño ocasionado por las heladas en los órganos vegetativos de la planta, favoreciendo el desarrollo fisiológico de la planta, lo cual se expresa en los altos rendimientos de grano con 53.35 g/planta, equivalente a 97 kg/800 m²; frente a la parcela testigo sin riego que fue solamente 15.05 g/planta, equivalente a 10 kg/800m² de grano. Siendo esta variedad poco tolerante a la helada.

Teniendo en consideración, que el riego por aspersión es una alternativa para minimizar los efectos de la helada, tal como se reporta en el presente estudio. Martínez, *et al*, (2007), explican que la protección del cultivo se basa en la liberación del calor del agua al pasar del estado líquido al estado sólido. En el campo, la temperatura del agua almacenada es del orden de 10°C. La idea central es que el agua depositada en las hojas se congele. En este escenario, el descenso de temperatura del agua desde 10°C a 0°C libera 41,8 J/g más 334 J/g por congelamiento. Este calor puede experimentar tres vías: pérdida por radiación, pérdida por evaporación del agua o ser transferido a las hojas. En condiciones de bajo viento y tasas de aplicación de agua al mismo ritmo que ésta se congela sobre las hojas, la mayor parte de la energía se transfiere en forma de calor latente, que ayuda a evitar el daño por bajas temperaturas al interior de las células.



Figura 10. Quinoa variedad Salcedo INIA, surco sin protección a la helada (A). Planta de quinoa sin protección de riego a la helada (B). Parcela de quinoa, surco con protección de riego frente a la helada (C). Planta de quinoa con protección de riego a la helada (D).



Figura 11. Evaluación biométrica de granos de quinoa variedad Salcedo INIA.

4.2.4 Tolerancia a la primera helada variedad Negra Collana

Los datos de campo de las variables evaluadas se encuentran registrados en la tabla 13 del anexo, que corresponden a las evaluaciones morfológicas provocadas por la primera helada ocurrida a los 43 días después de la siembra, es decir, en la fase fenológica de 6 hojas verdaderas. La tabla 7 resume los promedios de los parámetros evaluados en campo, en donde se puede apreciar los valores encontrados para las parcelas de quinua tratadas con riego y las parcelas tratadas sin riego, en ambos casos muestran ligeras diferencias en las variables evaluadas.

Tabla 7. Prueba de Tukey primera helada Var. Negra Collana.

VARIABLES	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja	Con Riego	2.76	0.19	a
	Sin Riego	2.72	0.23	a
Longitud máxima de la hoja	Con Riego	3.53	0.16	a
	Sin Riego	3.60	0.17	a
Altura de planta	Con Riego	36.5	3.1	a
	Sin Riego	36.6	3.6	a
Diámetro de tallo	Con Riego	8.32	0.32	a
	Sin Riego	8.44	0.35	a

La prueba de TUKEY al 95% de probabilidad estadística, nos señalan que entre las variables evaluadas en las parcelas de quinua como ancho de hoja, longitud de hoja, altura de planta y diámetro de tallo, no existen diferencias significativas, es decir, ambos tratamientos son indiferentes a la ocurrencia de helada durante este periodo vegetativo o que la quinua de la variedad Collana es tolerante a la helada.

4.2.5 Tolerancia a la segunda helada variedad Negra Collana

Las evaluaciones de campo se encuentran registrados en la tabla 14 del anexo, que corresponden a las características morfológicas provocadas por la segunda helada, fenómeno meteorológico ocurrido a los 90 días después de la siembra, es decir, en la fase fenológica de floración. La tabla 8 muestra los promedios de los parámetros evaluados, observándose que existen mínimas diferencias de los valores entre las parcelas tratadas con riego y las parcelas tratadas sin riego.

Tabla 8. Prueba de Tukey segunda helada Var. Negra Collana

VARIABLES	TRATAMIENTO	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja	Con Riego	3.53	0.21	a
	Sin Riego	3.42	0.27	a
Longitud máxima de la hoja	Con Riego	4.32	0.4	a
	Sin Riego	4.06	0.41	a
Altura de planta	Con Riego	97.9	2.02	a
	Sin Riego	90.8	3.91	b
Diámetro de tallo	Con Riego	10.39	0.25	a
	Sin Riego	10.21	0.24	a
Longitud de la panoja	Con Riego	36.2	1.32	a
	Sin Riego	35.1	1.29	a
Diámetro de la panoja	Con Riego	13.3	1.25	a
	Sin Riego	13.7	0.95	a
Días hasta inicio de floración	Con Riego	83	0	a
	Sin Riego	77	0	b

La prueba de Tukey efectuada al 95% de probabilidad, nos indica que entre todas las variables evaluadas, estadísticamente no existe diferencia significativa; Sin embargo para la variable altura de planta, señala diferencia significativa, lo cual nos indica la superioridad de tamaño en plantas tratadas con riego; de igual manera existe diferencia estadística para el acontecimiento de la fase fenológica de floración, en plantas tratadas con riego el inicio de la floración ocurre normalmente; en cambio en plantas sin riego el inicio de floración se retrasa en seis días.

4.2.6 Tolerancia a la tercera helada variedad Negra Collana

Los parámetros evaluados en el campo experimental se encuentran registrados por tratamientos en la tabla 15 del anexo, correspondiendo a las evaluaciones morfológicas provocadas por la tercera presencia de la helada en el campo de cultivo, ocurrida a los 148 días después de la siembra, es decir, en la fase fenológica de madurez fisiológica. La tabla 9 muestra los promedios de los parámetros evaluados en el campo de cultivo; en donde se puede apreciar que los valores encontrados para las parcelas de quinua tratadas con riego y las parcelas tratadas sin riego, muestran ligeras diferencias en las variables evaluadas. Estas similitudes, se atribuye tal vez a que la variedad Negra Collana, es tolerante a las heladas del altiplano puneño.

Tabla 9. Prueba Tukey tercera helada Var Negra Collana

VARIABLES	TRATAMIENTO	PROMEDIOS	DESV. ESTANDAR	TUKEY
Ancho máximo de la hoja	Con Riego	3.6	0.35	a
	Sin Riego	3.41	0.25	a
Longitud máxima de la hoja	Con Riego	4.51	0.37	a
	Sin Riego	4.42	0.3	a
Altura de planta	Con Riego	109	3.43	a
	Sin Riego	99.3	3.02	b
Diámetro de tallo	Con Riego	10.7	0.43	a
	Sin Riego	10.4	0.36	a
Longitud de la panoja	Con Riego	37	1.76	a
	Sin Riego	36.3	1.16	a
Diámetro de la panoja	Con Riego	13.4	1.51	a
	Sin Riego	13	1.15	a
Diámetro de grano	Con Riego	2.06	0.07	a
	Sin Riego	2.02	0.1	a
Rendimiento de semilla	Con Riego	29.09	2.04	a
	Sin Riego	24.19	4.45	b
Días hasta inicio de floración	Con Riego	83	0	a
	Sin Riego	77	0	b
Días madurez fisiológica	Con Riego	145	0	a
	Sin Riego	140	0	b

La prueba de Tukey efectuada al 95% de probabilidad, nos indica que las variables evaluadas a consecuencia de la tercera helada, no existe diferencias significativas en ambos tratamientos sea con riego o sin riego. Sin embargo, para altura de planta existe diferencia significativa, las plantas tratadas con riego fueron superiores en tamaño frente a las plantas sin riego; De igual manera, la aplicación de riego a las plantas expresan un mayor rendimiento de grano en comparación con las plantas sin riego.

En tal sentido, se puede afirmar que el cultivo de quinua variedad Negra Collana, en la campaña agrícola 2015-2016, soportó tres eventos meteorológicos de heladas. Para contrarrestar las heladas, el riego por aspersión atenuó el daño en los órganos vegetativos de la planta, contribuyendo al normal desarrollo fisiológico de la planta, lo cual se expresa en los altos rendimientos de grano con 29.09 g/planta o 78kg/800 m²; frente a la parcela testigo sin riego, que fue 24.19g/planta, equivalente a 57 kg/800 m², mostrando tolerancia ante la presencia de las heladas.

En consecuencia, la protección del cultivo contra las heladas mediante el riego por aspersión, según Calderón (1989), se basa en aprovechar el calor latente de congelamiento del agua, la cual al ser aplicada por aspersión, cambia del estado líquido al estado sólido desprendiendo energía, cuyo valor es de 334,5 kJ kg⁻¹ (80 cal g⁻¹) de masa; mientras se suministra agua por congelar, la temperatura se mantiene en 0 °C, y una vez cuando la totalidad de la masa de agua se solidifica, comenzará a descender la temperatura del sólido, el método de riego por aspersión asegura una protección a la helada de hasta -8 °C, mientras que Gil (1989) indica que es hasta -6 °C. En el presente estudio las plantas de quinua soportaron -8 °C en la fase fenológica de seis hojas verdaderas.



Figura 12. Quinoa variedad Negra Collana, surco sin protección a la helada (A), Planta de quinoa sin protección de riego a la helada (B), Cultivo de quinoa, surco con protección de riego a la helada (C), Planta de quinoa con protección de riego a la helada (D).



Figura 13. Evaluación biométrica de granos de quinoa variedad Negra Collana.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se evaluó las características de la tolerancia y la protección de la planta con riego por aspersión en las 2 variedades de quinua, uno protegida con riego a las 0°C y la otra no. La etapa de mayor significancia fue en la floración y llenado de grano; en Salcedo INIA la altura de planta protegida fue 145.9 cm y sin protección 126.2cm; diámetro de grano con protección fue 2.69 mm y sin protección 2.11 mm y en rendimiento de grano por planta con protección fue 53.35g, sin protección fue 15.05g; lo que equivale a un rendimiento de 1212.5 kg/ha de grano y 125 kg/ha de grano para los tratamientos con riego y sin riego respectivamente, encontrándose en este último tratamiento el aborto floral que fue significativo con la presencia de granos vacíos dando un total la diferencia de un 89.7% en rendimiento, la cual es muy significativa.

SEGUNDA: La variedad de Negra Collana los resultados obtenidos no fueron tan altos como las de Salcedo INIA, en altura de planta con protección fue 109 cm, sin protección fue 99.3 cm. En rendimiento de grano por planta fue 29.09 g; sin protección fue 24.19 g; lo que equivale a un rendimiento de 975 kg/ha de grano y de 712.5 kg/ha de grano para los tratamientos protección de helada con riego por aspersión y sin riego, teniendo una diferencia de 26.9%.

TERCERA: Se logró proteger de la helada al cultivo de quinua mediante el sistema de riego por aspersión en las 2 variedades; siendo la más beneficiada la variedad de salcedo INIA que la parcela sin protección una variación en rendimiento de 89.75%, sin embargo, la variedad Negra Collana tuvo una diferencia menor de 26.9% en rendimiento, es más tolerante a la helada con respecto a la variedad Salcedo INIA.

CUARTA: Respecto a tolerancia a heladas, se notó claramente que la variedad Negra Collana es más resistente a helada que la Salcedo INIA en un margen muy superior

teniendo un rendimiento de 712kg/ha acercándose al rendimiento promedio, a diferencia de Salcedo INIA de 125kg/ha, muy inferior al rendimiento promedio, con presencia de heladas en la fase fenológica más crítica que es el llenado de grano.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda aplicar menores cantidades de agua en el riego por aspersión, pues una mayor cantidad genera el “tumbado” de la planta por el peso del agua congelada sobre los órganos de la planta.

SEGUNDA: Aplicar esta alternativa de protección en cultivos rentables ya que la instalación del sistema de riego por cobertura total demanda un alto costo, adicionando los sensores y termómetros de alarma.

TERCERA: Se recomienda su mayor eficiencia de esta alternativa de protección en el uso de invernaderos para la producción agrícola en todo el año, indistintamente a diferentes altitudes, siendo una alternativa de producción orgánica en pisos mayores a los 3700 a 4200msnm.

CUARTA: Se recomienda repetir el experimento con diferentes dosis de agua (microaspersores, nebulizadores y otros) para tener mayor eficiencia ya que se tiene poca investigación en plantas anuales y herbáceos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEGRIA (2013). Fertilización nitrogenada sobre quinua dos épocas de siembra, dos distanciamientos en el altiplano central. Y en variedades mejoradas. INIAP. Quito. Ecuador.
- AUGSBURGER, H.K.M. (2000). Frost control in temperate climate through dissipation of cold air. In Aspect of Applied Biology 61, IAMFE/AAB UK 2000.
- BACHMANN, N. (2013). Irrigation management to high technology, 19 (3): 223-235.
- CASILLAS, E. (1987). Riego antiheladas en hortalizas. Escuela universitaria de ingenierías. Valladolid, España.
- COPACA (1991). Convenio Perú Alemania para cultivos andinos. Cusco- Perú.
- FAO (2000). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Santiago, Chile.
- GALLARDO (2010). Variedades de la quinua, Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. Industrias de alimentos de nutrición.
- GIL, A. (1989). Ecología del árbol frutal. Volumen III. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- HEISER, C. Y D. NELSON. (1974). On the Origen of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). genetics. 78: 503-505.
- LESCANO, J. (1971). Cultivo de quinua ministerio de agricultura, boletín Perú N° 17. Pág. 16.
- MARTÍN-BENITO, J. M. (2007). El riego por aspersion y su tecnología. MADRID- ESPAÑA: MUNDI-PRENSA.

MATÍAS, L. (2007). Heladas. Recuperado de:

<http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/>

archivos/1412008Fasc._Heladas_2007.pdf. Última revisión febrero 2010.

MARTINEZ, L. IBACACHE, A. y ROJAS, L. (2007). Control de heladas en agricultura. INIA. Santiago de Chile, Chile.

MUJICA, A., SUQUILADA, M., CHURA, E., RUIZ, E., LEÓN, A., CUTIPA, S. Y PONCE, C. (2013). Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Universidad Nacional del Altiplano, FINCAGRO. Puno, Perú. Pág. 118.

MUJICA, A. (1997). Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernández, J. Bermejo y J. León (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas.

MUJICA, A. (2001). Origen y descripción de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. En: Quinua, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Santiago de Chile, Chile. pp. 9-53.

MUJICA, A. (2010). Origen y descripción de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. En: Quinua, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Santiago de Chile, Chile. pp. 9-53.

OLCINA, J. (1994). Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alacant, 317 pp.

PEREYRA, D. (1990). Heladas en el Cofre de Perote: técnicas de protección. Primera edición, Universidad Veracruzana, México. 45 pp

SENNINGER IRRIGATION (2011). Productos para riego de cobertura total.

Recuperado el 14 de Noviembre de 2013. Recuperado de:

<http://www.senninger.com/wordpress/wpcontent/uploads/2011/10/Solid-SetCatalog-Spanish.pdf>

TARJUELO, J. (2004). El Riego Y Sus Tecnologías Universidad De Castilla- La Mancha, España.

TAPIA, M.E. (1999). Agrobiodiversidad en los andes. F. Friederich. Ebert. Lima, Perú.

TRILLAS (2006). MANUAL DEL RIEGO AGRÍCOLA. México: Trillas.

VASQUEZ V., A., CHANG, L., & NAVARRO, L. (1988). principios basicos del riego. LIMA - PERÚ.

VIDAL, S. A. (2009). Riego en especies verde. Buenos Aires.: ORIENTACION GRAFICA EDITORA.

VASQUEZ V., A., Vásquez R., I., & Vilchez O., G. (2000). principios básicos del riego. Lima - Perú.

YAGUE, J. L. (2003). Técnicas de Riego. Madrid: Mundi-Prensa.

ANEXOS

Tabla 10. Datos de primera helada Var. Salcedo INIA.

VARIABLES CUANTITATIVAS											
Quinua	Código	Ancho máximo de la hoja (cm)	Longitud máxima de la hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo principal (mm)	Longitud de la panoja (cm)	Diámetro de la panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Días hasta el inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica
Salcedo-INIA con control	1	3.2	3.4	33	8.9	-	-	-	-	-	-
	1	3.1	3.2	36	9.6	-	-	-	-	-	-
	1	3.4	3.3	38	9.7	-	-	-	-	-	-
	1	3.6	3.5	39	9.6	-	-	-	-	-	-
	1	3.8	3.7	43	10.1	-	-	-	-	-	-
	1	3.7	3.8	35	9.5	-	-	-	-	-	-
	1	3.5	3.6	38	9.7	-	-	-	-	-	-
	1	3.7	3.6	37	8.9	-	-	-	-	-	-
	1	3.3	3.4	40	9.7	-	-	-	-	-	-
	1	3.2	3.3	42	9.6	-	-	-	-	-	-
Salcedo-INIA sin control	2	3.2	3.3	34	9.4	-	-	-	-	-	-
	2	3.3	3.4	34	9.5	-	-	-	-	-	-
	2	3.1	3.2	30	9.5	-	-	-	-	-	-
	2	3.5	3.5	38	9.6	-	-	-	-	-	-
	2	3.7	3.1	43	10.0	-	-	-	-	-	-
	2	3.4	3.3	38	9.6	-	-	-	-	-	-
	2	3.5	3.6	38	9.7	-	-	-	-	-	-
	2	3.7	3.3	36	9.1	-	-	-	-	-	-
	2	3.6	3.4	40	9.3	-	-	-	-	-	-
	2	3.2	3.3	35	9.2	-	-	-	-	-	-

Tabla 11. Datos de segunda helada Var. Salcedo INIA.

VARIABLES CUANTITATIVAS											
Quinua	Código	Ancho máximo de la hoja (cm)	Longitud máxima de la hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo principal (mm)	Longitud de la panoja (cm)	Diámetro de la panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Días hasta el inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica
Salcedo-INIA con control	5	4.6	4.7	131	14.5	37	23	-	-	93	-
	5	5.0	4.9	133	14.3	36	24	-	-	93	-
	5	5.3	5.4	138	14.4	35	25	-	-	93	-
	5	4.4	4.6	138	14.3	38	22	-	-	93	-
	5	4.3	5.5	134	14.7	40	26	-	-	93	-
	5	4.2	5.0	133	14.1	40	25	-	-	93	-
	5	5.0	5.8	138	13.4	38	22	-	-	93	-
	5	4.9	5.7	137	13.8	41	27	-	-	93	-
	5	5.0	5.8	132	14.1	37	27	-	-	93	-
	5	4.8	5.8	138	14.2	38	26	-	-	93	-
Salcedo-INIA sin control	6	3.8	3.6	110	13.7	36	22	-	-	86	-
	6	3.7	3.5	112	13.9	35	24	-	-	86	-
	6	3.6	3.4	115	14.1	34	23	-	-	86	-
	6	3.2	3.1	117	13.9	36	24	-	-	86	-
	6	3.5	3.5	112	14.2	38	23	-	-	86	-
	6	3.6	3.4	111	13.7	37	25	-	-	86	-
	6	4.0	3.9	115	13.4	34	23	-	-	86	-
	6	3.7	3.7	118	13.8	34	25	-	-	86	-
	6	4.1	4.0	117	13.9	36	25	-	-	86	-
	6	3.6	3.5	115	14.1	35	24	-	-	86	-

Tabla 12. Datos de la evaluación de la tercera helada Var. Salcedo INIA

VARIABLES CUANTITATIVAS											
Quinua	Código	Ancho de hoja (cm)	Longitud de hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Longitud de panoja (cm)	Diámetro de panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Diámetro de semilla (g/planta)	Días al inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica
Salcedo-INIA con control	9	4.7	4.9	142	14.7	38	24	2.5	54.1	93	160
	9	5.2	4.9	143	14.2	39	26	2.6	54.0	93	160
	9	5.0	5.8	147	14.9	37	25	2.8	58.2	93	160
	9	4.2	5.5	148	14.3	39	23	2.5	50.2	93	160
	9	4.0	5.7	149	14.9	41	27	2.7	49.9	93	160
	9	4.7	5.0	145	13.9	40	24	2.8	53.3	93	160
	9	5.0	5.7	149	13.5	39	22	2.9	54.0	93	160
	9	4.8	5.5	148	14.3	42	26	2.6	53.3	93	160
	9	5.0	5.7	140	14.6	35	24	2.7	52.5	93	160
	9	4.9	5.8	148	14.2	38	23	2.8	54.0	93	160
Salcedo-INIA sin control	10	4.3	4.7	123	13.4	36	20	1.9	20.2	86	155
	10	5.3	4.8	122	13.5	33	18	2.3	5.6	86	155
	10	4.8	5.0	124	14.0	34	17	2.2	29.7	86	155
	10	4.0	5.2	126	14.1	35	19	2.1	18.9	86	155
	10	3.8	5.3	128	13.8	36	15	2.3	20.4	86	155
	10	4.5	4.7	129	13.4	35	18	2.5	10.6	86	155
	10	4.7	4.9	126	13.4	34	15	2.3	22.5	86	155
	10	4.4	5.0	129	14.0	37	17	1.8	5.7	86	155
	10	4.7	5.2	127	13.9	32	18	1.9	8.5	86	155
	10	4.5	5.1	128	13.3	35	19	1.8	8.4	86	155

Tabla 13. Datos de la primera helada Negra Collana

VARIABLES CUANTITATIVOS												
Quinoa	Código	Ancho máximo de la hoja (cm)	Longitud máxima de la hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo principal (cm)	Longitud de la panoja (cm)	Diámetro de la panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Días hasta el inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica	
Negra collana	3	2.5	3.4	32	7.9	-	-	-	-	-	-	
	3	2.6	3.5	37	8.2	-	-	-	-	-	-	
	3	2.7	3.9	36	8.3	-	-	-	-	-	-	
	3	3.0	3.4	37	8.0	-	-	-	-	-	-	
	3	2.8	3.5	35	8.2	-	-	-	-	-	-	
	3	2.9	3.4	38	8.0	-	-	-	-	-	-	
	3	2.5	3.7	35	8.5	-	-	-	-	-	-	
	3	2.7	3.4	38	8.6	-	-	-	-	-	-	
	3	3.0	3.5	39	8.8	-	-	-	-	-	-	
	3	2.9	3.6	38	8.7	-	-	-	-	-	-	
Negra collana	4	2.3	3.3	33	8.8	-	-	-	-	-	-	
	4	2.5	3.6	35	8.3	-	-	-	-	-	-	
	4	2.8	3.8	36	8.5	-	-	-	-	-	-	
	4	2.9	3.5	38	8.9	-	-	-	-	-	-	
	4	2.8	3.6	36	7.9	-	-	-	-	-	-	
	4	2.9	3.9	37	8.3	-	-	-	-	-	-	
	4	2.5	3.7	38	7.9	-	-	-	-	-	-	
	4	2.6	3.5	36	8.4	-	-	-	-	-	-	
	4	3.0	3.5	39	8.8	-	-	-	-	-	-	
	4	2.9	3.6	38	8.6	-	-	-	-	-	-	

Tabla 14. Datos de segunda helada Var. Negra Collana

VARIABLES CUANTITATIVOS											
Quinua	Código	Ancho máximo de la hoja (cm)	Longitud máxima de la hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo principal (cm)	Longitud de la panoja (cm)	Diámetro de la panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Días hasta el inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica
Negra Collana	7	3.4	4.1	98	10.2	37	13	-	-	83	-
	7	3.8	4.6	96	10.5	36	14	-	-	83	-
	7	3.6	4.7	99	10.3	35	15	-	-	83	-
	7	3.7	3.5	94	10.7	36	13	-	-	83	-
	7	3.3	4.0	99	9.8	34	14	-	-	83	-
	7	3.4	4.4	98	10.4	35	15	-	-	83	-
	7	3.6	4.8	96	10.5	36	13	-	-	83	-
	7	3.8	4.6	99	10.3	38	11	-	-	83	-
	7	3.2	4.1	101	10.5	37	12	-	-	83	-
	7	3.5	4.4	99	10.6	38	13	-	-	83	-
Negra Collana	8	3.2	4.2	88	10.0	35	12	-	-	77	-
	8	3.4	3.8	92	10.3	35	15	-	-	77	-
	8	3.7	4.3	91	10.3	37	14	-	-	77	-
	8	3.6	4.0	88	10.6	34	13	-	-	77	-
	8	3.2	3.3	86	9.9	35	13	-	-	77	-
	8	3.3	4.0	88	10.1	36	14	-	-	77	-
	8	3.6	4.7	89	10.2	33	14	-	-	77	-
	8	3.9	4.6	92	9.9	37	15	-	-	77	-
	8	3.0	3.9	95	10.3	35	13	-	-	77	-
	8	3.3	3.8	99	10.5	34	14	-	-	77	-

Tabla 15. Datos de la tercera helada Var. Negra Collana

VARIABLES CUANTITATIVOS											
Quinua	Código	Ancho máximo de la hoja (cm)	Longitud máxima de la hoja (cm)	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo principal (cm)	Longitud de la panoja (cm)	Diámetro de la panoja (cm)	Diámetro del grano (mm)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Días hasta el inicio de floración	Días 50% de la madurez fisiológica
Negra Collana	11	3.6	4.4	107	10.7	39	15	2.0	25.4	83	145
	11	3.9	4.8	108	10.8	36	14	2.0	28.5	83	145
	11	3.8	5.0	106	10.7	36	16	2.0	32.0	83	145
	11	3.0	3.8	108	10.8	37	14	2.1	30.1	83	145
	11	3.5	4.4	107	10.1	34	12	2.2	29.8	83	145
	11	3.6	4.4	103	10.2	35	14	2.1	27.2	83	145
	11	3.7	4.8	114	10.5	39	11	2.1	29.1	83	145
	11	3.9	4.9	113	10.3	37	13	2.0	28.3	83	145
	11	3.0	4.2	112	11.3	39	12	2.0	28.4	83	145
	11	4.0	4.4	110	11.4	38	13	2.1	32.1	83	145
Negra Collana	12	3.4	4.3	101	10.5	36	13	1.9	22.3	77	140
	12	3.6	4.4	105	10.4	37	14	2.0	26.4	77	140
	12	3.7	4.8	102	10.3	37	15	1.9	23.3	77	140
	12	3.2	4.0	98	10.5	36	13	2.1	15.4	77	140
	12	3.0	4.1	99	9.5	35	14	2.1	19.9	77	140
	12	3.3	4.4	97	10.3	36	12	2.2	24.5	77	140
	12	3.5	4.7	101	10.5	37	11	2.1	25.5	77	140
	12	3.6	4.9	95	10.1	37	12	1.9	26.3	77	140
	12	3.1	4.4	96	10.8	38	13	2.0	26.2	77	140
	12	3.7	4.2	99	10.7	34	13	2.1	32.1	77	140

Tabla 16. Temperatura max. min. y precipitación del mes de enero 2016

DÍA/ MES/ AÑO	TEMPERATURA MAX. °C	TEMPERATURA MIN. °C	PRECIPITACIÓN
01-Ene-16	18.4	4.4	0
02-Ene-16	17.2	4.2	0
03-Ene-16	18.2	5.2	0
04-Ene-16	19.8	6.6	0
05-Ene-16	19	3.2	3.8
06-Ene-16	19.4	2	5.4
07-Ene-16	16.6	6.2	5.6
08-Ene-16	17.4	3.2	0
09-Ene-16	18.6	4.2	0
10-Ene-16	17.2	6	6.2
11-Ene-16	17.8	6.4	2
12-Ene-16	15	6.6	7.8
13-Ene-16	15.8	4	2.8
14-Ene-16	19.8	1.6	0
15-Ene-16	20	6.2	0
16-Ene-16	19.6	5	0
17-Ene-16	16.2	6.6	3.4
18-Ene-16	18.6	6.2	7
19-Ene-16	12.6	7.4	6
20-Ene-16	18	7	0
21-Ene-16	18.6	6.2	0
22-Ene-16	19.6	-2	0
23-Ene-16	20.8	-8	0
24-Ene-16	21.2	-6	0
25-Ene-16	22.4	2	0
26-Ene-16	17.4	1.2	0
27-Ene-16	19.6	2.4	0
28-Ene-16	21.6	7	1
29-Ene-16	19.8	5.6	4.8
30-Ene-16	21	4.8	0
31-Ene-16	18.4	5	0
Promedio	18.57	3.88	55.8

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)- Puno

Tabla 17. Temperatura máx. min. y precipitación del mes de febrero 2016

DÍA/ MES/ AÑO	TEMPERATURA MAX. °C	TEMPERATURA MIN. °C	PRECIPITACIÓN
01-Feb-16	15	5.4	1.8
02-Feb-16	15.3	7.2	7.8
03-Feb-16	16	6.2	4.4
04-Feb-16	17.6	2.4	1.6
05-Feb-16	18.6	7	0
06-Feb-16	16.2	6.8	4.2
07-Feb-16	17.8	7	6.8
08-Feb-16	17.4	6.6	9
09-Feb-16	18.4	7.4	1
10-Feb-16	18.8	5	18.6
11-Feb-16	17.6	7.2	4.4
12-Feb-16	17.2	6.8	1.4
13-Feb-16	19.4	5	0
14-Feb-16	19.6	4.2	0
15-Feb-16	19.8	4.8	0
16-Feb-16	19	7.2	1
17-Feb-16	16.6	7.6	12.6
18-Feb-16	18.8	7.4	1.8
19-Feb-16	19	7	4
20-Feb-16	18.2	6.4	0
21-Feb-16	19.4	7	0
22-Feb-16	17.8	6.8	1.2
23-Feb-16	17.6	7.6	6.2
24-Feb-16	18.2	8	0
25-Feb-16	17	6.2	27.4
26-Feb-16	16	6.6	19
27-Feb-16	18	7	0
28-Feb-16	17.4	4.8	0
29-Feb-16	19.4	5.4	0
Promedio	17.8	6.3	134.2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)- Puno

Tabla 18. Temperatura max. min. y precipitación del mes de marzo 2016

DÍA/ MES/ AÑO	TEMPERATURA MAX. °C	TEMPERATURA MIN. °C	PRECIPITACIÓN
01-Mar-16	13.8	2	0
02-Mar-16	17.6	5.4	6
03-Mar-16	15.8	5.2	3.4
04-Mar-16	16.6	6.2	0
05-Mar-16	15.8	4.8	14.6
06-Mar-16	15.6	4	0
07-Mar-16	15.4	6.8	0
08-Mar-16	16.8	6.6	2.2
09-Mar-16	17.6	4.4	0
10-Mar-16	16.6	6	0
11-Mar-16	11.8	5	0
12-Mar-16	18.2	1.6	0
13-Mar-16	14	4.4	0
14-Mar-16	16.4	2.2	0
15-Mar-16	17.4	4.8	7.8
16-Mar-16	13	5.2	7.8
17-Mar-16	16.6	3.6	2.4
18-Mar-16	17.8	2.6	0
19-Mar-16	18	3.6	0
20-Mar-16	17.8	1	0
21-Mar-16	18.2	2.2	0
22-Mar-16	17.8	6.4	0
23-Mar-16	17	5.4	7.8
24-Mar-16	16.8	5.2	11
25-Mar-16	16.6	4.4	3.6
26-Mar-16	16.8	6	12.6
27-Mar-16	17.4	2.2	0
28-Mar-16	16.6	6.2	6.2
29-Mar-16	14.6	5.8	9
30-Mar-16	16	6	1.6
31-Mar-16	14.4	6.4	7.6
Promedio	16.28	4.57	103.6

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)- Puno

Tabla 19. Temperatura max. min. y precipitación del mes de abril 2016

DÍA/ MES/ AÑO	TEMPERATURA MAX. °C	TEMPERATURA MIN. °C	PRECIPITACIÓN
01-Abr-16	17.4	4.8	0
02-Abr-16	17.2	7	2.2
03-Abr-16	17.6	2.8	0
04-Abr-16	17.4	5.4	0
05-Abr-16	16.8	1.2	0
06-Abr-16	17.8	3.2	0
07-Abr-16	17.2	5.8	3.8
08-Abr-16	16.2	3.4	0
09-Abr-16	16.4	4.8	0
10-Abr-16	18	4.2	1
11-Abr-16	14.8	5.6	0
12-Abr-16	16.6	6.2	0
13-Abr-16	16.8	6.6	1.2
14-Abr-16	18	-1	0
15-Abr-16	18.2	-1.8	0
16-Abr-16	18.4	2	0
17-Abr-16	15.2	4.4	5.8
18-Abr-16	17.4	4.6	0
19-Abr-16	17.6	1.8	0
20-Abr-16	17.8	-3	0
21-Abr-16	18.8	-3.4	0
22-Abr-16	18.2	-4	0
23-Abr-16	16.4	1.2	0
24-Abr-16	17.4	3.2	0
25-Abr-16	16.8	-0.2	5.6
26-Abr-16	17.4	-2.6	0
27-Abr-16	16.8	1.4	0
28-Abr-16	15.2	2.2	2.6
29-Abr-16	14.8	3	19
30-Abr-16	15.6	4.2	6.4
Promedio	17.01	3.53	47.6

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)- Puno

Tabla 20. Temperatura max. min. y precipitación del mes de mayo 2016

DÍA/ MES/ AÑO	TEMPERATURA MAX. °C	TEMPERATURA MIN. °C	PRECIPITACIÓN (MM)
01-May-16	15	6.2	0
02-May-16	17	-1.8	0
03-May-16	18	-1	0
04-May-16	17.8	1.6	0
05-May-16	17.4	-1.6	0
06-May-16	16.4	-0.2	0
07-May-16	17.2	5.4	0
08-May-16	17.8	-1.2	0
09-May-16	15.8	-0.8	0
10-May-16	16.6	4	0
11-May-16	18	3.2	0
12-May-16	18.8	-1.8	0
13-May-16	18.6	-3.8	0
14-May-16	18.4	-0.8	0
15-May-16	18	-1.2	0
16-May-16	16.8	3.6	0
17-May-16	17.4	1.4	0
18-May-16	16.6	-2.6	0
19-May-16	17.4	-4.2	0
20-May-16	17.6	-3.8	0
21-May-16	17.4	-0.6	0
22-May-16	13.2	-0.8	19.2
23-May-16	13.8	-0.6	3.6
24-May-16	13	1.6	2.6
25-May-16	13.4	1	0
26-May-16	15.2	3	1.8
27-May-16	15.4	-0.4	0
28-May-16	14.8	-0.8	1.4
29-May-16	16.8	3.6	1.6
30-May-16	11	5	3.4
31-May-16	16.6	-1.6	0
Promedio	16.36	0.32	33.6

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)- Puno



Figura 14. Negra Collana protegida con riego.



Figura 15. Daños de helada parcela no protegida Salcedo INIA.



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA SENAMHI – PUNO

“SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS”

ESTACIÓN: CO- 115054 LATITUD 15°2'44.2" DEPARTAMENTO PUNO
 PUCARA- PUCARA LONGITUD 70°21'59.9' PROVINCIA LAMPA
 ALTITUD 3900 M.S.N.M. DISTRITO PUCARA

PARÁMETRO: TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL EN °C

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2016	22.4	19.8	18.2	18.8	18.8							

PARÁMETRO: TEMPERATURA MINIMA MENSUAL EN °C

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2016	-8	2.4	1	-3.4	-4.2							

PARÁMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MAXIMA EN °C

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2016	18.57	17.8	16.28	17.01	16.36							

PARÁMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MINIM22A EN °C

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2016	3.88	6.3	4.57	3.53	0.32							

PARÁMETRO: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN mm.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2016	55.8	134.2	103.6	47.6	33.6							

VALIDO SOLO ORIGINAL

INFORMACIÓN PROCESADA PARA: RONALD GUIDO PINEDA HUAYTA

Puno 27 de octubre de 2016

Srta. Flor de Salcedo
 Director Zonal 13
 SENAMHI

Rufina Espinoza Cotoquiro
 ASISTENTE TÉCNICO EN HIDROLOGÍA
 SENAMHI PUNO