

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL
TRASPLANTE DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DE
BANDEJAS A CAMPO EN SUS DIFERENTES FASES
FENOLÓGICAS EN KIPHAKIPHANI, VIACHA**

Presentado por:

VICTOR ENMANUEL RODAS ARANO

LA PAZ – BOLIVIA

2018

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL TRASPLANTE DE
LA QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) DE BANDEJAS A
CAMPO EN SUS DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS EN
KIPHAKIPHANI, VIACHA**

*Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

VICTOR ENMANUEL RODAS ARANO

Asesor:

Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Revisores:

Ing. René Calatayud Valdez

Ing. Rubén Trigo Riveros

Ing. Jonhy Cesar Oliver Cortez

Aprobada

Presidente tribunal Examinador

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi querida familia: a mis padres Jhonny Rodas Vargas, Deysi Arano Mejía, por el apoyo, sacrificio, amor, y el haberme enseñado todos los valores que aprendí, para ser una mejor persona tanto en la vida profesional y personal.

A mis dos hermanas mayores Paola Rodas Arano, Carla Rodas Arano, por haberme cuidado y enseñado muchas herramientas profesionales que me ayudaron en mi vida profesional, también por enseñarme y darme una identidad para poder defenderme en el mundo profesionalmente, además que me dieron el apoyo condicional emocional y otras aptitudes que no me lograron enseñar mis padres

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a mis padres y mi familia que me apoyaron en mis estudios para llegar a ser profesional, al igual que agradezco los valores que me enseñaron para poder aplicarlos en mi vida tanto profesional como personal.

Agradezco de igual forma al Doctor Alejandro Bonifacio, por haberme enseñado muchos aspectos y pautas sobre la producción agrícola, más que todo haciéndome ver la realidad y la diferencia de la teoría y la aplicación de la misma, al igual que aspectos importantes que fueron muy importantes en la producción agrícola. También le agradezco por haberme aceptado como estudiante y tesista a pesar de que yo desconocía muchos aspectos de las áreas rurales. Al igual que agradezco mucho por el apoyo, la paciencia y perseverancia que tuvo conmigo para el desarrollo de la presente investigación.

También agradezco a la fundación PROINPA y los profesionales que trabajan en ella, que me dieron su apoyo, y sus sugerencias que me ayudaron mucho para la culminación de la presente investigación, en especial a Dr. Alejandro Bonifacio, Miriam Alcón, Betshabe Apaza, Franz Callisaya, Ing. Milán Mamani, Ing. Reynaldo Quispe, que además de ayudarme en el ámbito profesional, en este tiempo que conviví con ustedes los he considerado como una segunda familia.

Además agradezco a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés y sus docentes, por haberme formado como profesional en sus instalaciones durante estos años de estudio, de igual forma al plantel docente por los conocimientos impartidos, que en su labor de enseñanza a las futuras generaciones que nos guiaron y orientaron en sus diferentes etapas del aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
2.3. Hipótesis.....	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Centro de origen y diversidad.....	3
3.2. Distribución geográfica.....	4
3.3. Colección de germoplasma.....	4
3.4. Domesticación de la quinua.....	5
3.5. Descripción taxonómica.....	5
3.6. Rangos de adaptación.....	6
3.6.1. Zonas agroecológicas.....	6
3.6.2. Características del suelo.....	7
3.6.3. Características climáticas.....	7
3.7. Características agronómicas.....	8
3.7.1. Época de siembra.....	8
3.7.2. Métodos de siembra.....	8
3.7.3. Densidad de siembra.....	9
3.8. Labores culturales.....	9
3.8.1. Deshierbe.....	9

3.8.2. Raleo.....	10
3.8.3. Aporques.....	10
3.8.4. Depuración.....	10
3.8.5. Riegos.....	11
3.8.6. Control fitosanitario.....	11
3.9. Características morfológicas.....	13
3.9.1. Raíz.....	13
3.9.2. Tallo.....	14
3.9.3. Hojas.....	14
3.9.4. Inflorescencia.....	15
3.9.5. Flores.....	15
3.9.6. Fruto.....	16
3.9.7. Semilla.....	16
3.10. Fases fenológicas y sus características en la quinua.....	17
3.10.1. Germinación.....	18
3.10.2. Emergencia.....	18
3.10.3. Hojas cotiledonales.....	18
3.10.4. Dos hojas verdaderas.....	19
3.10.5. Cuatro hojas verdaderas.....	19
3.10.6. Seis hojas verdaderas.....	19
3.10.7. Ramificación y desarrollo del botón floral.....	20
3.10.8. Desarrollo de la inflorescencia o panoja.....	20

3.10.9. Floración y antesis.....	21
3.10.10. Fruto en estado acuoso.....	21
3.10.11. Fruto en estado lechoso.....	22
3.10.12. Fruto en estado masoso.....	22
3.10.13. Madurez fisiológica.....	23
3.11. Características fisiológicas.....	23
3.12. Definición de prendimiento.....	24
3.13. La teoría de los fractales en el medio.....	24
3.14. La teoría constructal.....	24
4. LOCALIZACIÓN.....	26
4.1. Ubicación geográfica.....	26
4.2. Características generales de la zona de estudio.....	27
4.2.1. Clima.....	27
4.2.2. Suelo.....	27
4.2.3. Vegetación.....	27
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1. Materiales.....	28
5.1.1. Material de vivero.....	28
5.1.2. Material genético.....	28
5.1.3. Material de campo.....	28
5.1.4. Material de laboratorio.....	28
5.2. Metodología.....	29

5.2.1. Procedimiento experimental en las bandejas.....	29
5.2.1.1. Preparación del sustrato.....	29
5.2.1.2. Preparación del ambiente para las bandejas.....	30
5.2.1.3. Siembra de quinua en las bandejas.....	31
5.2.1.4. Tasa de emergencia.....	32
5.2.2. Procedimiento experimental en campo.....	32
5.2.2.1. Preparación del terreno y delimitación del área experimental.	32
5.2.2.2. Croquis experimental.....	33
5.2.2.3. Diseño experimental.....	33
5.2.2.4. Comparación de medias.....	34
5.2.2.5. Transformación de datos.....	34
5.2.2.5.1. Transformación a raíz cuadrada.....	34
5.2.2.5.2. Transformación arcoseno o angular.....	35
5.2.2.6. Características del área experimental.....	35
5.2.2.7. Siembra y trasplante de plántulas.....	36
5.2.2.8. Raleo y aporque.....	37
5.2.2.9. Depuración.....	37
5.2.2.10. Cosecha.....	37
5.2.2.11. Secado y emparvado.....	38
5.2.2.12. Pesado, trillado y tamizado.....	39

5.2.2.13. Venteado.....	40
5.2.2.14. Índice de cosecha.....	40
5.2.3. Procedimiento en laboratorio.....	41
5.2.3.1. Categorización de granos según su calibre.....	41
5.2.3.2. Peso hectolítrico.....	42
5.2.4. Variables de estudio.....	43
5.2.4.1. Variables independientes o tratamientos.....	43
5.2.4.2. Variables intervinientes.....	44
5.2.4.3. Variables dependientes o de respuesta.....	44
5.2.4.3.1. Porcentaje de prendimiento.....	44
5.2.4.3.2. Altura de plantas.....	44
5.2.4.3.3. Días para cada fase fenológica.....	45
5.2.4.3.4. Rendimiento (kg/ha).....	46
5.2.4.3.5. Índice de cosecha.....	47
5.2.4.3.6. Calidad de grano.....	47
5.2.4.3.7. Peso hectolítrico.....	48
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49

6.1. Condiciones climáticas.....	49
6.1.1. Precipitaciones.....	49
6.1.2. Temperaturas.....	50
6.2. Variables agronómicas.....	50
6.2.1. Tasa de emergencia y mortalidad en bandejas.....	50
6.2.2. Tamaño de plántulas en bandejas.....	52
6.2.3. Porcentaje de prendimiento en campo.....	53
6.2.4. Altura de plantas.....	56
6.2.5. Curva de crecimiento.....	58
6.2.6. Días a la fase de panojamiento.....	60
6.2.7. Días a la fase de floración	61
6.2.8. Días a la fase de formación de grano acuoso.....	63
6.2.9. Días a la fase de formación de grano lechoso.....	65
6.2.10. Días a la fase de formación de grano pastoso.....	68
6.2.11. Días a la madurez fisiológica	70
6.2.12. Rendimiento.....	73
6.2.13. Índice de cosecha por unidad experimental.....	75
6.2.14. Tamaño de grano grande expresado en peso.....	77
6.2.15. Tamaño de grano mediano expresado en peso.....	79
6.2.16. Tamaño de grano pequeño expresado en peso.....	81
6.2.17. Peso hectolítrico de los granos.....	84
6.2.18. Morfología de las plantas.....	85

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
7.1. Conclusiones.....	90
7.2. Recomendaciones.....	92
8. BIBLIOGRAFÍA.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	26
Figura 2. Preparación del sustrato a una proporción de uno de tierra y dos de turba.....	29
Figura 3. Preparación del ambiente en el exterior con soportes metálicos en los bordes	30
Figura 4. Siembra de tres semillas de quinua por alveolo en cada bandeja....	31
Figura 5. Trasplante de plantas de quinua a campo definitivo.....	33
Figura 6. Secado y emparvado de las quinuas al momento de la cosecha.....	35
Figura 7. Pesado de las plantas individuales de quinua en laboratorio.....	36
Figura 8. a) Trillado, zarandeo y b) guardado de las muestras individuales de quinua en sobres.....	36
Figura 9. Croquis experimental de la distribución de los tratamientos y los bloques en campo.....	38

Figura 10. Tamizadores adaptados para las diferentes categorías de quinua a) extra grande >2 mm, b) grande de 1,7 mm a 2 mm, c) mediano de 1,4 a 1,7 mm y d) pequeño < 1,4 mm.....	42
Figura 11. Peso de la muestra de la parcela útil de una unidad experimental de quinua con una balanza analítica de precisión de dos decimales.....	43
Figura 12. Procedimiento para el peso hectolitrico a) llenado de la probeta de 10 ml con semillas de quinua y b) pesado de las semillas llenadas en la probeta de 10 ml.....	48
Figura 13. Precipitación mensual registrada en Viacha de la gestión 2015 y 2016.....	49
Figura 14. Temperatura mensual máxima y mínima registrada por el SENAMHI durante el ciclo del cultivo (siembra hasta cosecha) de la gestión 2015 al 2016.....	50
Figura 15. Tasa de plantas vivas y mortalidad al momento de la emergencia y antes de trasplantar a campo.....	52
Figura 16. Tamaño de las plántulas en bandejas a lo largo de sus ciclos fenológicos (cm).....	53
Figura 17. Curvas de crecimiento respecto a la altura de las plantas trasplantadas y cultivada de quinua en campo a lo largo de su ciclo vegetativo entre la gestión 2015 a 2016.....	59
Figura 18. Morfología de la parte aérea de los tratamientos.....	86
Figura 19. Detalle de las ramificaciones de los tratamientos.....	87

Figura 20. Morfología de la parte terrestre (raíces).....	88
Figura 21. Comportamiento de las raíces a mayor profundidad.....	89
Figura 22. Variación en el desarrollo de la raíz principal.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características principales del área experimental del trasplante de quinua.....	41
Cuadro 2. Categorización de granos por su tamaño (IBNORCA, 2016).....	42
Cuadro 3. Variables independientes o tratamientos efectuados para el trabajo de investigación en quinua Jacha Grano.....	44
Cuadro 4. Tasa de emergencia en bandejas versus plantas vivas en bandejas antes de trasplantar a campo.....	51
Cuadro 5. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento (transformación de raíz cuadrada).....	54
Cuadro 6. Prueba de medias de rangos múltiples SNK al 5 % de significancia, para el número de plantas vivas.....	55
Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta.....	56

Cuadro 8. Prueba de medias de rangos múltiples al 5% de significancia para la altura de planta en quinua.....	57
Cuadro 9. Análisis de varianza para días a la fase de panojamiento.....	60
Cuadro 10. Análisis de varianza para días a la fase de floración en quinua....	62
Cuadro 11. Análisis de varianza para días a la formación de grano acuoso de quinua.....	63
Cuadro 12. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la formación de grano acuoso de quinua.....	64
Cuadro 13. Análisis de varianza para días a la formación de grano lechoso..	66
Cuadro 14. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la formación de grano lechoso.....	67
Cuadro 15. Análisis de varianza de días para la formación de grano pastoso.	68
Cuadro 16. Prueba de medias SNK al 5% de significancia de días para la formación de grano pastoso de quinua.....	69
Cuadro 17. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica de la quinua.....	71
Cuadro 18. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la madurez fisiológica de la quinua.....	72
Cuadro 19. Comparación de prueba de medias SNK al 5% de nivel de significancia para el rendimiento de las parcelas útiles y las plantas individuales de la quinua.....	73
Cuadro 20. Análisis de varianza para el índice de cosecha en quinua de las	75

parcelas útiles.....	
Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de granos grandes (transformación angular o arcoseno).....	77
Cuadro 22. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para el porcentaje de granos grandes de quinua.....	78
Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de granos medianos de quinua (transformación angular o arcoseno).....	79
Cuadro 24. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para el porcentaje de granos medianos.....	80
Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de granos pequeños (transformación angular o arcoseno).....	82
Cuadro 26. Prueba de medias SNK al 5% de significancia del porcentaje de granos pequeños de quinua.....	83
Cuadro 27. Análisis de varianza y la prueba de medias SNK al 5% de nivel de significancia para el peso hectolítrico de las parcelas útiles.....	84

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la gestión agrícola del 2015 al 2016 en el centro de investigación de PROINPA, Viacha, Provincia Ingavi del Departamento de La Paz, situado geográficamente entre las coordenadas de 16° 40 30" Latitud Sur y 68° 17 30" Longitud Oeste, a una altitud de 3880 msnm a una distancia de 4 km desde la ciudad de Viacha.

Los objetivos planteados fueron: 1) Evaluar la emergencia y el desarrollo de las plantas de quinua en las bandejas. 2) Determinar la fase fenológica idónea para su trasplante. 3) Analizar las características fenológicas y morfológicas en el crecimiento de las plantas de quinua trasplantadas a campo. 4) Evaluar el rendimiento y calidad de grano (categorías por tamaño, peso hectolítrico e índice de cosecha) de las quinuas trasplantadas y las sembradas por surcos a golpes.

Los tratamientos evaluados fueron cinco tratamientos y un testigo, siendo: T0 – Siembra directa, T1 – Fase cotiledonal, T2 – Dos hojas verdaderas, T3 – Cuatro hojas verdaderas, T4 – Seis hojas verdaderas, T5 – Ocho hojas verdaderas.

La siembra se realizó el 10 de noviembre del 2015 con una proporción dos de turba y una de tierra y 3 semillas por cada hoyo de las bandejas, protegidas por una malla milimétrica. Posteriormente fueron trasplantados sucesivamente a campo cuando llegaban a sus respectivas fases a una distancia de 0,5 m entre surcos y 12,5 cm entre hoyos. En un terreno abonado con

estiércol de llama a razón de 10 t/ha. Empleando el Diseño de Bloques Completamente al Azar con 6 tratamientos incluyendo el testigo y 5 bloques, con la prueba de medias SNK al 5%, tomando como variables de respuestas: a) Porcentaje de prendimiento, b) Altura de plantas, c) Días a la fase de panojamiento, d) Días a la fase de floración, e) Días a la formación de grano acuoso, f) Días a la formación de grano lechoso, g) Días a la formación de grano pastoso, h) Días a la madurez fisiológica, i) Rendimiento de grano, j) Índice de cosecha, k) Porcentaje de tamaño de grano, l) Peso hectolítrico, i) Morfología de las plantas.

El porcentaje de emergencia en bandejas protegidas con una malla de los pájaros fue de un 94% y al momento de llegar al trasplante se redujo a un 82,67%, con una baja pérdida del 11,3%.

En cuanto al porcentaje de prendimiento en campo, los trasplantes obtuvieron una tasa de supervivencia del 99,5% al 93,5%, por el contrario el tratamiento testigo (T0) de siembra en surcos, obtuvo una menor tasa de supervivencia con un 79,5%, debido al ataque de pájaros en las fases cotiledonales.

Por otro lado el tratamiento testigo (T0), fue el que alcanzó una mayor altura de planta con 91,48 cm de alto, seguido del (T2) dos hojas verdaderas y el (T1) fase cotiledonal con 89,37 y 87,8 cm respectivamente. No obstante las plantas más bajas serían el (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas con 59,42 cm de alto, además que estos dos últimos tratamientos presentaron una deformación en la forma de las panojas, presentando muchas ramificaciones.

También el (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas requirieron más tiempo para su maduración fisiológica desde la formación de grano acuoso con 119 días y 121 días, 129 días y 131 días para lechoso, 139 días para pastoso y de 170 a 171 días para la madurez fisiológica respectivamente.

Respecto al rendimiento el tratamiento testigo (T0) siembra directa, obtuvo el mayor rendimiento con 4043,18 kg/ha en función a la parcela útil, al contrario del (T5) ocho hojas verdaderas que obtuvo el menor rendimiento tanto en parcela útil como en plantas individuales con 2088,25 kg/ha en promedio. Pero en el índice de cosecha no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, aceptando la hipótesis nula.

Con relación a la calidad de grano el tratamiento testigo (T0) obtuvo el mayor porcentaje de grano grande con un 23,08 %, 72,46 % para mediano y 4,46 % para grano pequeño. Por el

contrario el (T5) ocho hojas verdaderas obtuvo la peor calidad de grano grande con un 2,38 %, 86,88 % para grano mediano y obteniendo la mayor cantidad de granos pequeños o ch'usus con un 10,74 %. Respecto al peso hectolítrico no obtuvo diferencias estadísticas entre tratamientos, aceptando la hipótesis nula.

Finalmente con respecto a la morfología de las plantas el (T4) seis hojas verdaderas y el (T5) ocho hojas verdaderas, presentaron una deformación en la forma de la panoja, presentando muchas ramificaciones, siendo difícil identificar el tallo principal. Al igual que los tratamientos (T3) cuatro hojas verdaderas, (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas presentaron un enrollamiento de las raíces a una altura de 7 cm de profundidad.

SUMMARY

The present research work was carried out in the agricultural management from 2015 to 2016 in the research center of PROINPA, Viacha, Ingavi Province of the Department of La Paz, located geographically between the coordinates of 16° 40 30 "Latitud Sur and 68° 17 30" West longitude, at an altitude of 3880 meters above sea level at a distance of 4 km from the town of Viacha.

The objectives were: 1) Evaluate the emergence and development of quinoa plants in the trays. 2) Determine the ideal phenological phase for your transplant. 3) Analyze the phenological and morphological characteristics in the growth of the quinoa plants transplanted to the field. 4) Evaluate the yield and grain quality (categories by size, hectolitre weight and harvest index) of the transplanted quinoa and those sown by furrows with blows.

The treatments evaluated were five treatments and one control, being: T0 - Direct sowing, T1 - Cotyledonal phase, T2 - Two true leaves, T3 - Four true leaves, T4 - Six true leaves, T5 - Eight true leaves.

The planting was carried out on November 10, 2015 with a ratio of two peat and one of soil and 3 seeds for each hole of the trays, protected by a millimeter mesh. Subsequently they were successively transplanted to the field when they reached their respective phases at a distance of 0.5 m between rows and 12.5 cm between holes. In a field fertilized with llama manure at a rate

of 10 t/ha. Using the Design of Completely Random Blocks with 6 treatments including the control and 5 blocks, with the test of means SNK at 5%, taking as variables of answers: a) Percentage of seizure, b) Height of plants, c) Days to the phase of tasting, d) Days to the flowering phase, e) Days to the formation of watery grain, f) Days to the formation of milky grain, g) Days to the formation of pasty grain, h) Days to maturity physiological, i) Grain yield, j) Harvest index, k) Percentage of grain size, l) Test weight, i) Morphology of the plants.

The percentage of emergency in trays protected with a mesh of the birds was of 94% and at the time of reaching the transplant it was reduced to 82.67%, with a low loss of 11.3%.

Regarding the percentage of field seizure, the transplants obtained a survival rate of 99.5% to 93.5%, on the contrary the control treatment (T0) of seeding in furrows, obtained a lower survival rate with a 79, 5%, due to the attack of birds in the cotyledonal phases.

On the other hand, the control treatment (T0) was the one that reached a higher plant height with 91.48 cm high, followed by (T2) two true leaves and the (T1) cotyledonal phase with 89.37 and 87.8 cm respectively. However the lowest plants would be the (T4) six true leaves and (T5) eight true leaves with 59.42 cm high, in addition that these last two treatments showed a deformation in the shape of the panicles, presenting many ramifications.

Also the (T4) six true leaves and (T5) eight true leaves required more time for their physiological maturation from the formation of watery grain with 119 days and 121 days, 129 days and 131 days for milky, 139 days for pasty and 170 to 171 days for physiological maturity respectively.

Regarding yield, the control treatment (T0) direct sowing, obtained the highest yield with 4043.18 kg/ha depending on the useful plot, contrary to (T5) eight true leaves that obtained the lowest yield both in useful plot and in individual plants with 2088.25 kg/ha on average. But in the harvest index there were no statistical differences between treatments, accepting the null hypothesis.

Regarding grain quality, the control treatment (T0) obtained the highest percentage of large grain with 23.08%, 72.46% for medium and 4.46% for small grain. In contrast, the (T5) eight true leaves obtained the worst quality of large grain with 2.38%, 86.88% for medium grain and

obtaining the highest quantity of small grains or ch'usus with 10.74%. Regarding the hectoliter weight, no statistical differences were found between treatments, accepting the null hypothesis.

Finally with respect to the morphology of the plants the (T4) six true leaves and the (T5) eight true leaves, presented a deformation in the shape of the panicle, presenting many ramifications, being difficult to identify the main stem. Like the treatments (T3) four true leaves, (T4) six true leaves and (T5) eight true leaves presented a winding of the roots at a height of 7 cm deep.

1. INTRODUCCION

El Altiplano, al igual que otras regiones de Bolivia y el mundo, viene siendo afectado por el cambio climático, lo que implica aumentos de temperatura, irregularidad de lluvias, mayores vientos en época de cultivo y la aparición de nuevas plagas y enfermedades en zonas donde no se presentaban. Por ello es importante en el caso de la quinua sea manejado adecuadamente para mejorar su productividad. En este contexto es imprescindible integrar los conocimientos, experiencias y las diferentes aplicaciones de tecnologías ya sean ancestrales o modernas teniendo un punto de vista de desarrollo sostenible para enfrentar estas eventualidades.

Con el cambio climático se observa pérdidas por sequía o enterrado de plántulas, obligando a siembras repetidas e implica incrementar costos, por otra parte, como consecuencia de otras pérdidas se tiene parcelas con plantas muy irregulares y rendimientos reducidos.

El trasplante de quinua para refallar o reponer las pérdidas, puede ser una alternativa para los productores. Sin embargo, las experiencias hasta ahora observadas no son escalables porque emplean métodos forestales (almacigo, repique y trasplante)

En el presente trabajo investigativo se recoge información sobre el desarrollo y fisiología de la variedad precoz Jacha Grano, sembrada en bandejas y trasplantada a campo en diferentes fases fenológicas y evaluar las variables agronómicas, para así determinar causas o factores que inciden en el prendimiento y crecimiento de las plantas obteniendo información sobre el ciclo fenológico apropiado para el trasplante de la variedad Jacha Grano.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento del trasplante de bandejas a campo de la quinua variedad Jacha Grano en sus diferentes fases fenológicas en el Centro Experimental de Kiphakiphani, Viacha

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la emergencia y el desarrollo de las plantas de quinua en bandejas con fines de trasplante.
- Determinar la fase fenológica apropiada de la quinua para el trasplante definitivo a campo.
- Analizar las características fenológicas y morfológicas durante el crecimiento de las plantas de quinua trasplantadas a campo.
- Evaluar el rendimiento y calidad de grano de la quinua cultivada y trasplantada.

2.3 Hipótesis

- No existen diferencias significativas en el desarrollo de las plantas de quinua trasplantadas de bandejas a campo en diferentes fases fenológicas.
- No existen diferencias significativas en las características fenológicas y morfológicas de las plantas de quinua trasplantadas a campo.
- No existen diferencias significativas entre las plantas de quinua para el rendimiento y calidad de grano trasplantadas a campo en sus diferentes fases fenológicas.

3 REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Centro de origen y diversidad

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1944). Esto fue corroborado por (Gandarillas, 1979), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, ya que se encuentra la mayor diversidad de ecotipos cultivados y silvestres.

Según la teoría de Vavilov (1953), el centro de origen de una planta es aquella región con la mayor diversidad de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres. Entre los ocho centros de origen de las plantas cultivadas en el mundo descritas por Vavilov en 1953, la región andina, es uno de los centros más importantes de América (Gandarillas, 2001).

La diversidad genética de la quinua está difundida desde Colombia hasta Argentina, permitiendo que se puedan agrupar en cinco grandes zonas según las condiciones agroecológicas con sus diferentes características botánicas, agronómicas y adaptación climática (Lescano, 1994 y Tapia, 1990):

- Valles interandinos
- Altiplano
- Salares
- Nivel del mar
- Yungas

En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua, Rojas (2003) ha determinado siete subcentros de diversidad, cuatro de

ellos ubicados en el Altiplano de La Paz, Oruro y Potosí, que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí

3.2 Distribución geográfica

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica con su centro de origen con una amplia distribución y diversificación, siendo las orillas del lago Titicaca como la región de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

Según Lescano (1994) indica que la quinua se cultiva en toda la extensa región andina que fue alguna vez dominio de los Incas, desde Colombia en Pasto, hasta el Norte Argentino en Jujuy y Salta.

Según estudios realizados de la colección nacional de Bolivia (Rojas 2002; Rojas et al., 2010) el origen geográfico de las variedades de quinua se distribuye desde los 15° 42' la provincia Omasuyo del departamento de La Paz hasta los 21° 57' de latitud Sur en la provincia Omiste del departamento de Potosí, y desde los 64° 19' de longitud Oeste en la provincia Tomina, departamento de Chuquisaca hasta los 69° 09' en la provincia Manco Kapac del departamento de La Paz. Su distribución altitudinal varía desde 2400 hasta 4200 m.s.n.m.

3.3 Colección de germoplasma

Según Rojas *et al.*, (2010) la colección de germoplasma de quinua en Bolivia alberga a una amplia variabilidad genética, siendo actualmente 3121 accesiones tanto cultivadas como silvestres que fueron colectadas en comunidades del Altiplano y los valles interandinos de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. También cuenta con

semillas de germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, México, EEUU, Dinamarca, Holanda e Inglaterra.

No obstante la variedad Jacha Grano fue certificada el año 2006, con el número de registro RV-QU-051-06, obtenida y solicitada por la Fundación PROINPA (INIAF, 2017: 30)

3.4 Domesticación de la quinua

Según Bonifacio *et al.*, (2012) la quinua, kiuna o jupa (*Chenopodium quinoa* Wild.) es una de las numerosas especies que han domesticado nuestros antepasados pertenecientes a las culturas Incaicas, Tiahuanacotas y otras. En el proceso de domesticación y aprovechamiento, se ha desarrollado una gran diversidad genética compatible con la diversidad agroecológica y calidad para consumo, lo que resultó en variedades adaptadas para cada zona ecológica y diferentes preparaciones de alimentos para el consumo humano.

A lo largo de los años la quinua fue domesticada y sembrada en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 m.s.n.m.), los Yungas (500 hasta 2500 m.s.n.m.), sierra media – zona quechua o valles interandinos (2500 – 3500 m.s.n.m.) y hasta la sierra alta, Suni o Altiplano (3500 a 4000 m.s.n.m.); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar; para lograr una buena productividad y calidad de grano (Gómez y Aguilar, 2016).

3.5 Descripción taxonómica

Según el Sistema de Información Taxonómico Integrado (ITIS, 2011), la actual clasificación taxonómica de *Chenopodium quinoa* Willd, es la siguiente:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Tracheophyta
- **Subdivisión:** Spermatophytina
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Caryophyllales
- **Familia:** Amaranthaceae
- **Género:** Chenopodium
- **Especie:** Chenopodium quinoa Willdenow.

La quinua fue descrita por primera vez por Carl Ludwig Willdenow en 1797, por otra parte la clasificación taxonómica de la quinua se debatían entre las familias Amaranthaceae y Chenopodiaceae por sus características similares. Pero estudios basados en morfología, anatomía, fitoquímica y los datos moleculares (Rettig et al., 1992; Downie et al., 1997), decidieron combinar las dos familias en Amaranthaceae en 1998 con la publicación del APG 1 (Angiosperm Phylogeny Group, 1998, citado por Cárdenas, 2017).

3.6 Rangos de adaptación

3.6.1 Zonas agroecológicas

La quinua es una planta extraordinaria: resiste la escasez de humedad en el suelo, utiliza eficientemente el agua, puede llegar a tolerar niveles de precipitación de 100 a 200 mm y se adapta a diferentes pisos ecológicos desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88% (FAO/RLC, 2011: 1). Asimismo soporta temperaturas de -4°C hasta 38 °C, siendo su temperatura media adecuada de 15 a 20 °C (Mujica *et al.*, 1997: s/p).

3.6.2 Características del suelo

Según Bonifacio *et al.*, (2003) indica que la variedad Jacha Grano tiene una gran capacidad de adaptabilidad a diferentes tipos de suelos desde francos, franco arcillosos y arenosos y respondiendo bien a fertilizaciones químicas y orgánicas, evitando el anegamiento.

Gómez y Aguilar (2016) señalan que preferentemente crece en suelos francos, con un buen drenaje, semi profundos y alto contenido de materia orgánica (Mujica *et al.*, 1997) con pendientes moderadas y contenidos medios de nutrientes, preferentemente en nitrógeno y calcio, y moderadamente fósforo y potasio, siempre y cuando no exista encharcamiento de agua (Mujica *et al.*, 1999).

Muñoz y Acevedo (2002) afirman que el pH óptimo tiene que ser de neutro a ligeramente alcalino, pero puede tener buenos rendimientos en suelos ligeramente alcalinos o alcalinos hasta con un pH de 9 en salares de Bolivia o Perú (Mujica *et al.*, 2004) y fuertemente ácidos (Tapia, 1997), llegando a pH de 4,5 en las zonas de Michiquillay en Cajamarca, Perú (Mujica *et al.*, 2004). También la quinua puede llegar a germinar en suelos hasta con 52 mS/cm de concentración de sales, aletargando el crecimiento en 25 días (Jacobsen *et al.*, 1998).

3.6.3 Características climáticas

La quinua puede llegar adaptarse a climas desérticos, calurosos, secos, fríos, lluviosos, dependiendo de los genotipos. Pero para ser más exacto Bonifacio *et al.*, (2003) que trabajaron con la variedad Jacha Grano estiman que el promedio de la temperatura media durante todo el ciclo es de 12°C, con una precipitación anual entre 300 a 450 mm y una altitud entre 3650 a 3800 m.s.n.m. aunque en años lluviosos es susceptible al ataque de mildiu.

3.7 Características agronómicas

3.7.1 Época de siembra

Los trabajos realizados por Bonifacio *et al.*, (2003) en quinua variedad Jacha Grano determinaron que las mejores fechas de siembra son en los meses de octubre a noviembre en el Altiplano Norte y Central, aunque en años lluviosos puede ser parcialmente susceptible al ataque de mildiu. En cambio en el Altiplano Sur es recomendable sembrar en septiembre y octubre.

Gómez y Aguilar (2016) destacan que los periodos de siembra deben ser establecidos en función a:

- La variedad (periodo vegetativo), las tardías deben sembrarse al inicio de la campaña y si existieran retrasos en la siembra sembrar una variedad precoz.
- Ubicación de los campos y condiciones del lugar.
- Disponibilidad de agua o inicio y duración del periodo de lluvias

3.7.2 Métodos de siembra

Según Bonifacio *et al.*, (2003) para trabajar con quinua variedad Jacha Grano es recomendable utilizar la siembra por hileras, mediante chorro continuo, esta siembra se debe efectuar sobre el dorso del surco o en la superficie en el caso del Altiplano Norte. En el Altiplano Central también se puede efectuar por hileras y además al voleo. En cambio el Altiplano Sur es preferible hacer por golpes con la diferencia de que la distancia entre hoyos va ser mucho mayor de 1 a 1,2 m.

3.7.3 Densidad de siembra

Trabajos realizados en quinua con la variedad Jacha Grano con Bonifacio *et al.*, (2003) utilizaron una densidad de siembra de 7 a 8 kg/ha en el Altiplano Norte y Central, Sur de 6 a 7 kg/ha. Gómez y Aguilar (2016) destacan que la distancia entre surcos es determinada en función a la maquinaria o el equipo de tracción animal variando de 40 a 80 cm y con una profundidad de 15 – 20 cm. Por otra parte Aroni (2005) destaca que en el Altiplano Central y Norte la siembra se realiza en surcos y la distribución de semilla se realiza a chorro continuo o al voleo, con una distancia entre surco de 50 cm y una cantidad de semilla de 6 a 8 kg/ha.

3.8 Labores culturales

Del Castillo *et al.*, (2013) remarcan que el cultivo de la quinua no requiere muchas labores culturales a diferencia de otros cultivos, siendo las principales el deshierbe, raleo y otros.

3.8.1 Deshierbe

En suelos con mucho uso del suelo o con descansos cortos se tiene mayor presencia de malezas, cuya remoción se puede realizar manualmente o haciendo uso de yuntas o tractores a manera de surcar o también aporcar (Del Castillo *et al.*, 2013), se recomienda efectuar 2 deshierbes a lo largo del ciclo:

- Primer deshierbe. Cuando la planta se halla en la fase de 8 a 10 pares de hojas verdaderas con una altura de 15 a 20 cm.
- Segundo deshierbe. Antes de la floración, especialmente efectuando la depuración.
- Otros deshierbes. Dependiendo del lugar, clima y el riego.

3.8.2 Raleo

El raleo se efectúa al mismo tiempo que el deshierbe, al existir una alta densidad de plántulas en una zona es necesario sacar unas cuantas plántulas para que las plantas tengan más espacio, nutrientes y aire, de esa manera evitar la competencia entre plantas, para que no crezcan débiles, pequeñas y con menor rendimiento, dejando vivas aquellas plántulas vigorosas sin enfermedades. Es recomendable realizar esta acción cuando el suelo esté húmedo y las plantas tengan más o menos 15-20 cm de altura (Gómez y Aguilar, 2016).

3.8.3 Aporques

Según Mujica *et al.*, (1998, p. 19-27), citado por Saravia *et al.*, (2014, p.18) el primer aporque en las quinuas de Valle, se realiza en la fase de ramificación más o menos de los 45 a 50 días después de la siembra. Por otra parte Mujica *et al.*, (1997) recomienda aporcar antes de la floración y complementar junto a la fertilización, permitiendo un mayor enraizamiento y sostenibilidad. Finalmente Gómez y Aguilar (2016) recomienda realizar después del deshierbe y el raleo, preferiblemente complementando con el nitrogenado del suelo con una humedad óptima del suelo.

3.8.4 Depuración

La depuración o purificación varietal, consiste en eliminar plantas enfermas y débiles o aquellas que no reúnen las características de la variedad, ya que estas características no se distinguen en un inicio debido a los genes saltarines o recesivos. Para ello hay que ir eliminando estas plantas antes de que lleguen a la fase de floración, debido a que puede alterar el genotipo de las futuras generaciones (Del Castillo *et al.*, 2013)

3.8.5 Riegos

La demanda de agua está en función al clima, el tipo de suelo, las variedades (precoces o tardías), y el sistema de riego empleado. En general el agricultor riega su predio en función a su experiencia identificando las pendientes, los lugares más difíciles de regar, sectores donde el agua se empoza y otros factores (Gómez y Aguilar, 2016).

Pero en general se utilizan tres sistemas de riego en quinua:

- Riego de gravedad en surcos
- Riego tecnificado por goteo
- Riego por aspersión

Gómez y Aguilar (2016) recalcan que existen dos etapas de riego imprescindibles para los cultivos:

- Riego de establecimiento del cultivo: antes y después de la preparación del suelo, para tener el suelo con una humedad apta para la siembra, facilitando el establecimiento del cultivo.
- Riegos de mantenimiento: regando cada 10, 15 a 20 días, dependiendo del tipo de suelo y el clima de la zona, evitando el exceso de humedad

3.8.6 Control fitosanitario

Con respecto al control de plagas y enfermedades, es necesario conocer sus síntomas para poder controlarlos a tiempo, al igual que sus etapas fisiológicas para saber en qué etapas contrarrestarlos. La quinua también presenta una serie de enfermedades y plagas siendo las principales:

- Enfermedades. Según Saravia *et al.*, (2014) la mayor parte de las enfermedades que afectan a la quinua son ocasionadas por hongos y en menor medida las bacterias, nemátodos y los virus.
 - a) Mildiu (*Peronospora variabilis*) es la principal enfermedad a nivel mundial ocasionada por un oomycete, se dispersa fácilmente con la lluvia y el viento mediante esporas (corta distancia), en cambio cuando no hay el cultivo se esparce por oosporas (largas distancias) usualmente se quedan en el rastrojo. Se presenta especialmente en ambientes con alta humedad relativa (>80%) con temperaturas de 18 a 22°C, con sombreado. Siendo más vulnerables en las fases iniciales pudiendo matar toda la producción. Sus síntomas son amarillamiento de las hojas con esporulación de color grisáceo en el en vez causando defoliación. La mejor opción de contrarrestar es con variedades tolerantes y fungicidas (sistémicos de contacto) de manera preventiva alternando con otros fungicidas sistémicos dependiendo del tipo de producción (Saravia *et al.*, 2014)
 - b) Damping off. (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Pythium spp.*) Usualmente se presenta en suelos muy pesados y húmedos con alta precipitación. Presentándose generalmente en la fase cotiledonal con el estrangulamiento del cuello de la plántula impidiendo el paso de nutrientes, cuando este problema se presenta en plantas adultas se llama Marchitez o Fusariosis, provocando la caída de la planta por el viento. Debido a sus microesclerosis (oosporas) puede lograr sobrevivir en el suelo por varias campañas (Saravia *et al.*, 2014). El tratamiento debe ser aplicado en las semillas con un biofungicida a base de (*Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.*) aplicado en la siembra junto al abono orgánico (Navia *et al.*, 2010, citado por Saravia *et al.*, 2014).

– Plagas

- a) En la actualidad existen alrededor de 17 especies que afectan al cultivo de la quinua. Las de mayor importancia económica son la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) y el complejo ticonas (*Copitarsia turbata*, *Feltia sp*, *Heliothis titicaquensis*, *Spodoptera sp*). (Saravia y Quispe, 2005). Las pérdidas ocasionadas por estas plagas pueden oscilar entre un 5 a 67%, con una media de 33,37 % en el Altiplano Sur y en el Altiplano Central entre 6 a 45% y un promedio de 21,31% (FAO/RLC, 2011).

3.9 Características morfológicas

3.9.1 Raíz

La raíz de quinua es del tipo pivotante o axonomorfa cuya longitud es variable de 0,8 a 1,5 m según el tipo de suelo, su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Gómez y Aguilar, 2016).

Las plantas que tienen sistemas radiculares profundos toleran mejor la sequía, en cambio los ramificados dan sostén al suelo y facilidad de aguantar deshierbes de plantas atípicas (Mujica *et al.*, 1997). Muy excepcionalmente se observa el vuelco de la planta por el viento, mayormente se da por el peso de la panoja, la profundidad de la raíz guarda una estrecha relación con la altura de la planta (Pacheco y Morlon, 1978, citado por Tapia *et al.*, 1979).

3.9.2 Tallo

La base del tallo es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso, debido a las hojas alternas. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, posteriormente la médula se vuelve esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco (Jacobsen y Mujica, 2002).

Las combinaciones del color básico del tallo, el color de las estrías y el color de las axilas permite identificar las variedades. La altura de planta varía desde 0,5 m a más de 3 m.

Generalmente las variedades de los ecotipos de valle son más altas y ramificadas que las del Altiplano que son más sencillas, otros factores son el genotipo, la densidad de siembra, nutrientes y medio ambiente. La cosecha mecánica se dificulta en las variedades ramificadas, por la longitud de las ramificaciones y el excesivo follaje (Gómez y Aguilar, 2016).

3.9.3 Hojas

Las hojas son de carácter polimórfico, en un inicio los cotiledones son opuestas, pero a medida que salen las hojas verdaderas comienzan a presentar una disposición alterna conformadas por peciolo y lámina, las basales son grandes de forma romboidal o triangular y las hojas superiores alrededor de la panojas son lanceoladas (Tapia, 1990). En el caso de la variedad Jacha Grano este tiene forma lobulada de color verde con un borde ligeramente dentado (Bonifacio *et al.*, 2003). Una vez que comienza a salir las ocho hojas verdaderas los cotiledones comienzan a desprenderse del tallo dejando cicatrices en el tallo (Saravia *et al.*, 2014).

Las hojas contienen gránulos en la superficie como arenillas, conteniendo células ricas en oxalato de calcio, capaces de retener una película de agua en la superficie por lo cual aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja, disminuyendo la transpiración y refleja la radiación directa del sol (Dizes y Bonifacio, 1992, citado por FAO/RLC, 2011, p. 21)

3.9.4 Inflorescencia

Las inflorescencias se encuentran en el ápice de la planta y de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y ejes terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias (Gómez y Aguilar, 2016). En el caso de la variedad Jacha Grano lo clasifica como glomerulada (Bonifacio *et al.*, 2003).

Los de tipo glomerulada o compacta tienen sus glomérulos ubicados en el eje terciario que se origina del eje secundario y tiene apariencia redondeada. La longitud de los ejes secundarios y terciarios determina si la inflorescencia puede ser laxa, intermedia o compacta (Gómez y Aguilar, 2016), en este caso las panojas compactas tiene los ejes secundarios y pedicelos cortos (Tapia *et al.*, 1979).

3.9.5 Flores

Es una planta gimnomonoica porque presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. La variedad Jacha Grano tiene preponderancia de ser hermafrodita y rara vez pistilada en la parte basal (Bonifacio *et al.*, 2003). La flor hermafrodita consta de un perigonio sepaloide de cinco tépalos, cinco anteras y un ovario supero con dos o tres ramificaciones estigmáticas, teniendo un hábito autógeno como alógamo, la quinua se considera autógena con un porcentaje de 17% (Gómez y Aguilar, 2016) y en un 10% de polinización cruzada o alogamia, dependiendo del genotipo (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001). La posición del glomérulo en la inflorescencia y la proporción de las flores hermafroditas y pistiladas, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos (Rea, 1969).

Las flores son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3 mm en caso de las hermafroditas y las pistiladas son aún más pequeñas, lo que dificulta su manejo para efectuar cruzamientos y emasculaciones (Apaza, Estrada y Altamirano, 2013).

3.9.6 Fruto

El fruto es una semilla aquenia cubierta por el perigonio, el cual se desprende fácilmente al frotarlo cuando está seco (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001). Una vez maduro el perigonio tiene forma estrellada, debido a que la quilla presenta cinco sépalos, usualmente la saponina se encuentra pegada al pericarpio (Tapia *et al.*, 1979).

En el caso de la semilla de Jacha Grano, el grano es de color blanco al igual que el pericarpio y el episperma, con un diámetro de 2,6 mm en promedio y un espesor de 1,4 mm, con presencia de saponina, con una proporción entre 68 a 85% de granos de primera clase o grandes (Bonifacio *et al.*, 2003)

Tiene diferentes formas como: cilíndrico, lenticular, elipsoidal, cónica y esferoidal, ensanchados en el centro, la parte ventral tiene una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo (Gallardo *et al.*, 1997; Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001).

3.9.7 Semilla

El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla, en cambio la semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio. Presenta tres partes bien definidas: episperma, embrión y perisperma. El episperma es la capa que cubre la semilla y adherida al pericarpio la cual está constituida por cuatro capas, siendo la externa la que contiene la saponina que se puede desprender al frotarla (Villacorta y Talavera, 1976; Gómez y Aguilar, 2016).

El embrión compone el 30% del volumen de la semilla, que consta de dos cotiledones y la radícula y envuelve al perisperma como un anillo. A comparación de otras semillas, en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40%, mientras que en el perisperma solo del 6,3 al 8,3 % de la proteína total del grano (Carrillo, 1992; Gallardo *et al.*, 1997; Ayala, 1977; Gómez y Aguilar, 2016).

El perisperma representa el 60% de la superficie de la semilla y es el principal tejido de almacenamiento, está constituido mayormente por granos de almidón de color blanquecino. (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

La intensidad del color puede disminuir en el proceso del secado de los granos. El color del pericarpio y el color del epispermo, puede ser diferente al de la semilla (Gómez y Aguilar, 2016).

3.10 Fases fenológicas y sus características en la quinua

Según Schwartz (1999) define fenología al estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas. Mujica *et al.*, (2004) citado por Saravia *et al.*, (2014) indica que la fenología se refiere a los cambios externos visibles en el desarrollo de la planta, influenciada por las condiciones ambientales, latitud, altitud, época de siembra, tipo de suelo, genotipo, entre otros, asimismo nos permite programar labores culturales e identificar los riesgos y la marcha de la campaña agrícola para tener una idea concreta del rendimiento del cultivo.

Saravia *et al.*, (2014) la quinua registra un periodo vegetativo de cuatro a ocho meses, en la variedad de Jacha Grano según Bonifacio *et al.*, (2003) registra 145 días en Altiplano Norte y Central, en cambio en el Altiplano Sur se amplía a 160 días.

La quinua presenta 13 fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta (Mujica *et al.*, 2004), pero

para fines más prácticos es preferible describir solamente 10 fases fenológicas (Saravia *et al.*, 2014).

3.10.1 Germinación

Es cuando la radícula del embrión de la semilla comienza a extenderse hacia el suelo y empieza a formar las primeras radículas, debido a la humedad, temperatura y oxigenación necesaria que necesita la semilla dentro el suelo (Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.2 Emergencia

Gómez y Aguilar (2016) indican que es cuando el hipocotilo de la semilla crece hacia arriba atravesando la superficie del suelo, llevando las hojas cotiledonales que se abren y van a iniciar el proceso de la fotosíntesis. Según Bonifacio *et al.*, (2003) esto ocurre a los 5 días de la siembra en el Altiplano Norte y Central, por otro lado en el Altiplano Sur se amplía la media a 15 días.

En esta etapa se puede presentar una pérdida del 40 al 50% del total de semillas utilizadas por diferentes factores, como ser la poca profundidad de siembra, podredumbre de raíces debido a la excesiva humedad, secado de las plantas, pero la principal razón es debida al ataque de pájaros ya que las hojas cotiledonales se les ve apetecibles por llevar el epispermo (Gómez y Aguilar, 2016). Por otra parte la podredumbre radicular afectan los cultivos en un 20 % (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001).

3.10.3 Hojas cotiledonales

Las hojas cotiledonales aparecen consecuentemente a la emergencia, debido a su rápido desarrollo, siendo desde los 5 a 6 días después de la siembra (Saravia *et al.*, 2014), estas crecen en sentido opuesto o simétricos (Gómez y Aguilar, 2016). También se los denomina como hojas

falsas, ya que estas se caen cuando aparecen los cinco pares de hojas verdaderas. También es muy susceptible al ataque de pájaros y la marchitez a la emergencia (Saravia *et al.*, 2014).

3.10.4 Dos hojas verdaderas

Es cuando además de las hojas cotiledóneas, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas expandidas en direcciones opuestas de forma romboidal con sus nervaduras distinguibles, ocurre entre 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata*, de igual manera todavía es susceptible a la Marchitez (Saravia *et al.*, 2014).

3.10.5 Cuatro hojas verdaderas

Ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, con la presencia de dos pares de hojas verdaderas extendidas en direcciones opuestas o simétricas de igual manera que las dos hojas cotiledonales, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001).

3.10.6 Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas de forma opuestas, con la diferencia de que las hojas cotiledonales se tornan amarillas, posteriormente se desprenden del tallo. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas y la planta puede tolerar bajas temperaturas y el déficit hídrico o salino, también se observa la formación de yemas en las axilas de las primeras hojas (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

El crecimiento y desarrollo de hojas sigue este patrón simétrico u opuestos hasta el estado de 10 pares de hojas verdaderas, en el cual las yemas axilares de las primeras hojas empiezan a formar las ramas y la planta pierde su simetría en la disposición de las hojas, volviéndose alternas o asimétricas (Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.7 Ramificación y desarrollo del botón floral

Esta etapa se inicia con la aparición de cinco pares de hojas verdaderas, también se puede decir que en esta fase se desarrolla una gran parte del área floral y el desarrollo vegetativo, ya que las yemas de las axilas de las primeras hojas se activan, al mismo tiempo llega a aparecer el botón floral en el ápice, protegida por las hojas y pubescencias granulares (Gómez y Aguilar, 2016).

Cuando llega a ocho hojas verdaderas, se puede ver la presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, al igual que las hojas cotiledonales se comienzan a caer dejando su cicatriz en el tallo, esto ocurre de los 45 a 50 días, es recomendable aporcar y fertilizar en esta fase para prevenir el daño en las partes bajas de la planta (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001).

3.10.8 Desarrollo de la inflorescencia o panoja

Esta fase ocurre entre los 55 a 60 días, se denota el desarrollo de la inflorescencia que se encuentra cubierta por hojas hasta tres cuartas partes de ella. También se puede ver el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y la fuerte enlongación del tallo y su engrosamiento. Asimismo se presenta el primer ataque de la polilla de la quinua y la aparición del mildiu (Saravia *et al.*, 2014).

Posteriormente a los 65 a 70 días comienza a enlongarse los primordios de los glomérulos y se puede distinguir los diferentes ejes y comienza a tomar forma, también da comienzo a la

formación de las flores y la aparición de las inflorescencias en las ramificaciones de los tallos (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.9 Floración y antesis

Según Bonifacio *et al.*, (2003) esta fase ocurre a los 60 días, por otra parte Mujica *et al.*, (1997) señala que ocurre entre los 75 a 80 días, iniciando con la apertura de las flores hermafroditas y pistiladas, con anteras amarillas. Usualmente la apertura de las flores, se inicia con las flores hermafroditas o apicales y va progresivamente hacia las pistiladas o basales. De igual manera las panojas de las ramificaciones, pero con la diferencia de que su floración puede durar más que el eje principal. En la misma panoja la floración puede durar de 12 a 15 días y la apertura de cada flor dura entre 5 a 7 días (Gómez y Aguilar, 2016).

La antesis ocurre cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal se abren, esta fase ocurre entre los 90 a 100 días y se calcula una polinización cruzada de alrededor del 17% (Saravia *et al.*, 2014).

Las flores son muy sensibles a las variaciones térmicas extremas, por ello la apertura de las flores ocurre entre las 10 a.m. y las 2:00 p.m. También ocurre asincronía floral como método de defensa para hacer viables a las flores. También el color de las panojas se intensifica y la defoliación de las hojas de la base continúa (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.10 Fruto en estado acuoso

Después de la fecundación los frutos, los granos se llenan de una sustancia acuosa, que al presionar con las uñas sale un líquido incoloro, posteriormente se desprende parcialmente las

tecas del androceo y el perigonio inicia a abrirse ligeramente como consecuencia del aumento del volumen del óvulo fecundado (Vargas, 2006).

De igual forma sigue defoliándose las hojas basales del tallo y se nota un cambio de intensidad de color de las inflorescencias (Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.11 Fruto en estado lechoso

La fase de estado lechoso ocurre entre los 100 hasta los 130 días después de la siembra, se puede notar que al presionar el grano sale una sustancia lechosa (Saravia *et al.*, 2014). Esto se debe a que los granos ya formados empiezan a recibir fotosintatos de las hojas, las partes verdes de las inflorescencias y la sustancia acuosa son reemplazadas con una sustancia lechosa (Gómez y Aguilar, 2016).

Según Gómez y Aguilar (2016) en este estado se aprecia que el tercio superior de hojas está verde, en plena actividad fotosintética y que los 2/3 inferiores están empezando a decolorarse o en proceso de senescencia

En esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial ya que reduce significativamente el rendimiento y el tamaño de grano, al igual que aparece el ataque de la polilla de la quinua (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

3.10.12 Fruto en estado masoso

El estado masoso ocurre entre los 130 a 160 días, el grano al ser presionado presenta una consistencia pastosa de color blanco con apariencia de masa (Saravia *et al.*, 2014), con una humedad aproximada del 45%. Al igual que las plantas presentan un color amarillento en su

totalidad y sus panojas se vuelven más consistentes (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

En esta fase se presenta el ataque de la segunda generación de la polilla de la quinua, al igual que el déficit de agua puede afectar en la producción (Saravia *et al.*, 2014).

3.10.13 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica ocurre cuando al presionar el grano, presenta una resistencia a la penetración (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001). En la variedad Jacha Grano ocurre a los 145 días en el Altiplano Norte y Central, en cambio en el Altiplano Sur se prolonga hasta 160 días de los 160 a 180 días después de la siembra (Bonifacio *et al.*, 2003), el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16% (Saravia *et al.*, 2014).

El cuajado o llenado del grano ocurre desde la floración hasta la madurez fisiológica, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Saravia *et al.*, 2014; Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001).

3.11 Características fisiológicas

La quinua es clasificada como planta tipo C3, en otras palabras es ineficiente a la fijación del CO₂, por medio de la enzima RuDP-carboxilasa. También se determinó por la ausencia de la vaina de los haces y la presencia de parénquima clorofiliano empalizado (Zvietcovich, 1976; citado por Tapia *et al.*, 1979).

A pesar que la quinua es una planta tipo C3, es capaz de resistir y tolerar sequías gracias a que: contiene un menor número y tamaño de estomas, menor tamaño de la planta, acortamiento del periodo de floración y mayor síntesis de prolina (Mujica *et al.*, 1999). Además contiene oxalatos

de calcio en las hojas, las cuales son higroscópicas, que permiten controlar la humedad relativa de la atmosfera que rodea las hojas, controlando la excesiva transpiración, refleja la radiación directa y evita el nivel de ajamiento irreversible (Dízes y Bonifacio, 1992).

3.12 Definición de prendimiento

Es cuando la plántula reinicia su crecimiento después del trasplante al campo definitivo (UNA de la Molina, 2000).

3.13 La teoría de los fractales en el medio

Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o aparentemente irregular, se repite a diferentes escalas en la composición de un organismo (Mandelbrot, 1982) teniendo dos características principales:

- Son autosimilares. En otras palabras su forma es hecha a partir de copias más pequeñas de la misma figura, de manera consecuyente hasta el infinito.
- Siguen un algoritmo recursivo. Puede seguir la sucesión de Fibonacci, dependiendo de los límites de la misma.

3.14 La teoría constructal

La teoría constructal o de optimización explica de manera simple la complejidad de las formas que surgen en la naturaleza. En otras palabras expone como los sistemas basados en flujos (tanto animados como inanimados) dependen, para su propia supervivencia, de su capacidad para maximizar el acceso del flujo por un lado, y por otro, de modificar su forma o morfología (Bejan y Peder, 2012).

Maharathi (2016), recalca este comportamiento de los flujos puede ayudar a examinar con más detalle y comprender mejor la variación en el comportamiento animado e inanimado de la naturaleza, pudiendo unir varias perspectivas y enfoques de disciplinas disímiles. En otras palabras los diseños que vemos en la naturaleza no son el resultado del azar. Lógicamente se debe a que es un diseño efectivo para facilitar el flujo en el tiempo de un punto o área hacia otro punto. Ya que los sistemas de flujo tienen dos características principales:

- La corriente que fluye (por ejemplo, fluido, calor, masa o información).
- Diseño a través del cual fluye.

4 LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

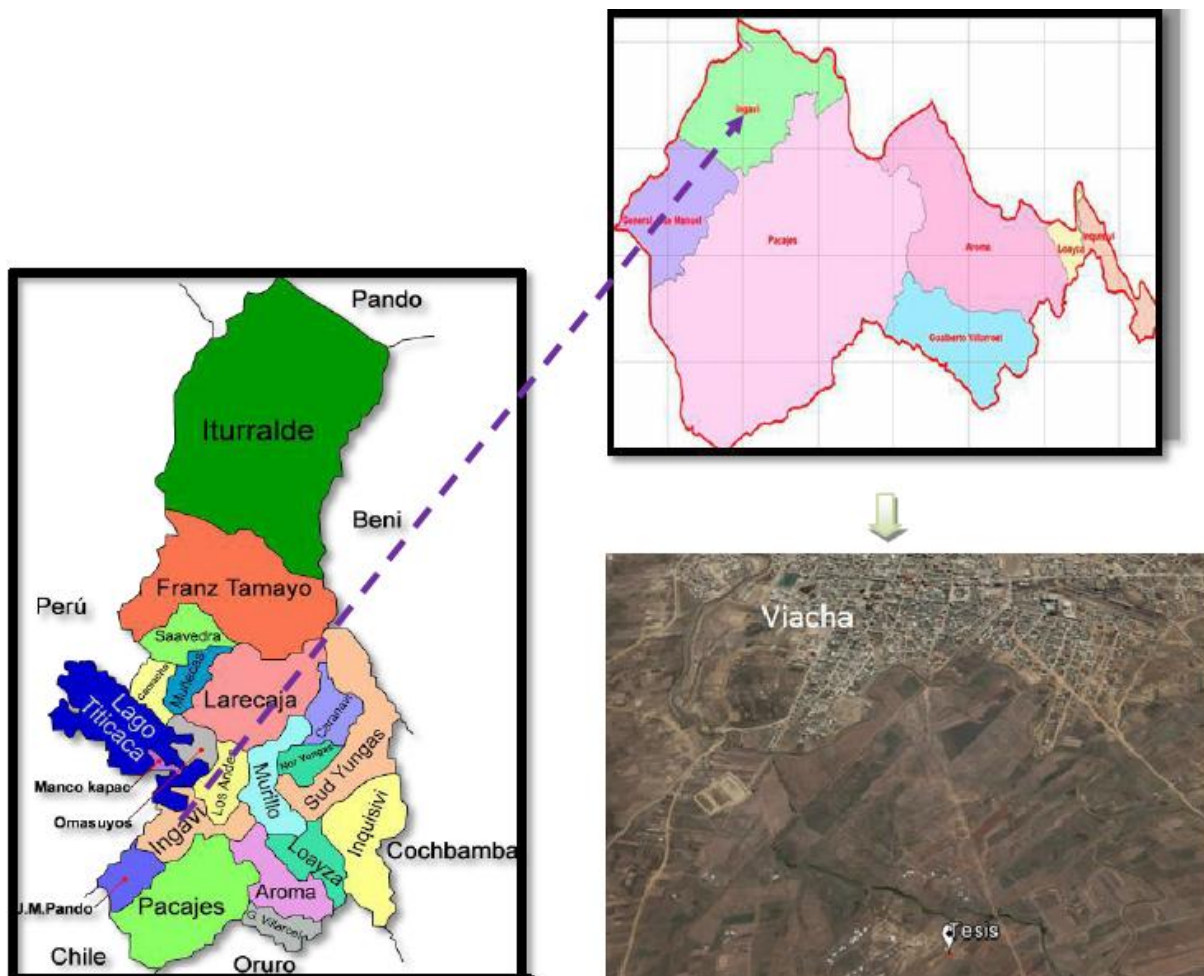


Figura 1. Localización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la gestión agrícola del 2015 al 2016 en el Centro de Investigación de PROINPA, Viacha, Provincia Ingavi del Departamento de La Paz, geográficamente está ubicado entre las coordenadas meridianos de $16^{\circ} 40' 30''$ latitud Sur y $68^{\circ} 17' 30''$ longitud Oeste, a una altitud de 3880 msnm y una distancia de 4 km desde la ciudad de Viacha y 41 km de la ciudad de La Paz.

4.2 Características generales de la zona de estudio

4.2.1 Clima

Según Montes de Oca (1989), la zona se clasifica como estepa montano templado frio con precipitación media anual de 619 mm y una temperatura media de 8,5 °C.

Durante la campaña agrícola 2015 a 2016, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) ha registrado una temperatura media anual de 10,14 °C una máxima promedio de 16,58 °C y una mínima promedio de 3,71 °C.

4.2.2 Suelo

Los suelos de la zona de estudio son de origen aluvial y coluvial con escaso contenido de materia orgánica, son suelos de tipo aridisol formados por materiales depositados. Por otro lado presenta una profundidad efectiva de 25 a 35 cm con una profundidad máxima de hasta 2.6 m (Tambo, 2014).

4.2.3 Vegetación

Fernández (1992), indica la vegetación que predomina en esta zona son las especies nativas compuesta por Ch'illiwa (*Festuca dolichophylla*), Ichu (*Estipa ichu*), Paja brava (*Festuca orthophylla*), Ch'iji (*Distichlis humilis*), Cebadilla (*bromus unoiloides*), Diente de león (*Taraxacum officinales*), Reloj reloj (*Erodium cicutarium*), Mostaza (*Brassica campestris*), Muni muni (*Bidens pilosa*), Cola de raton (*Hordeum muticum*), Pasto bandera (*Bouteloua curtipendula*), qhana paqu (*Sunchus oleraceus*), payqu (*Chenopodium ambrosoides*), ajara o quinua silvestre (*Chenopodium sp.*) y Apharu o papa silvestre (*Solanum acaule*).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material de vivero

- Bandejas alveoladas de 50 hoyos (60 bandejas) (3848,5 cc/bandeja)
- Sustrato de jardinería cernida (una de tierra dos de turba)
- Utensilios de jardinería
- Naylon
- Soportes metálicos
- Malla milimetrada

5.1.2 Material genético

- Semillas de quinua variedad Jacha Grano (40 gramos)

5.1.3 Material de campo

- Picotas, palas y rastrillos
- Cernidoras (1 cm de diámetro)
- Carretillas
- Estacas y marcadores
- Regaderas (4 unidades de 5 litros)

5.1.4 Material de laboratorio

- Tamizadores de granos (Extra grande > 2 mm de diámetro, grano grande 2 a 1,7 mm, grano mediano de 1,7 a 1,4 mm y grano pequeño < 1,4 mm)

- Probeta de 10 ml
- Balanza analítica de precisión (dos decimales)
- Vernier electrónico

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento experimental en las bandejas

Preparación del sustrato. Para la preparación del sustrato para las bandejas, primeramente se cernió las diferentes partes de la turba y la tierra del lugar, de tal modo que no existan trozos grandes de piedra o alguna impureza que pueda afectar el desarrollo de las plántulas en las bandejas.



Figura 2. Preparación del sustrato a una proporción de uno de tierra y dos de turba

Una vez cernidos, se preparó la mezcla en una relación dos de turba y una de tierra, para tener un mejor manejo de las bandejas ya que es preferible que sean más livianos, debido a que al momento del traslado a campo, usualmente las bandejas se rompen por el peso del sustrato. Todo ello se efectuó en las fechas 8 y 9 de noviembre.

Preparación del ambiente para las bandejas. El ambiente que se preparó para las bandejas fue en el exterior debido a que trabajos anteriores se presentó el Fusarium o podredumbre de raíz por la alta humedad y temperatura de los Walipinis siendo ambiente aptos para su propagación. En ambientes más húmedos como Altiplano Norte, valles interandinos y costas, debido a la mayor humedad existente, la enfermedad es más frecuente debida a hongos que pudren la raíz o el cuello de la planta (Plata et al., 2014).



Figura 3. Preparación del ambiente en el exterior con soportes metálicos en los bordes

El riego en bandejas se realizó por infiltración, para ello se cavó una pequeña zanja que no excedía la altura de las bandejas, posterior a ello se niveló el suelo con una pequeña inclinación para que evacue el agua en caso de que se inunde o anegue las bandejas. Se dejó las bandejas en la zanja forrada en la base con nylon por un día para que estas se humedecieran por capilaridad hasta llegar a su capacidad de campo.

Siembra de quinua en las bandejas. Antes de sembrar previamente se remojó o se humedeció el sustrato preparado que ya se encontraba en las celdas de las bandejas alveoladas. Se sembró el 10 de noviembre a una profundidad de más o menos doble del diámetro de la semilla, Posteriormente se marcó los hoyos con los que se trabajó para el experimento.



Figura 4. Siembra de tres semillas de quinua por alveolo en cada bandeja

Las bandejas fueron protegidas con una malla con un soporte para que esté por encima de las plántulas, debido a que en esta fase es muy propenso al ataque de los pájaros y los ratones (Gómez y Aguilar, 2016) tapando todo tipo de huecos por los cuales puedan ingresar estos animales.

Las plántulas obtenidas en las bandejas permanecieron hasta el momento del trasplante en campo según los tratamientos establecidos T1 con hojas cotiledonales, T2 con 2 hojas verdaderas, T3 con 4 hojas verdaderas, T4 con 6 hojas verdaderas y T5 con 8 hojas verdaderas.

Tasa de emergencia. Para la tasa de emergencia se tomó en cuenta al tercer día de la siembra en las bandejas, para ello se hizo el conteo de las plántulas emergidas en cada uno de los alveolos de las bandejas, siendo estos de 50 alveolos por bandeja. Una vez contados se llevó a porcentajes tomando en cuenta tres semillas sembradas en cada alveolo.

$$TE = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semilla sembrada}} \times 100 \%$$

5.2.2 Procedimiento Experimental en Campo

Preparación del Terreno y Delimitación del Área Experimental. Antes de la preparación del terreno primero se abonó el terreno con estiércol descompuesto de llama a 10 t/ha. El estiércol descompuesto y desterronado se esparció de manera homogénea por todo el terreno (Del Castillo *et al.*, 2013).

Para la preparación del terreno se utilizó el arado de discos que volcó la capa superior y subiendo la parte inferior que se encontraba húmeda, dando así una humedad a capacidad de campo propicia para la siembra en este caso la arada fue de 30-40 cm de profundidad, además que de esta manera se disminuye la cantidad de malezas.

Una vez que se roturó el terreno, se prosiguió a realizar el desterronado y nivelado del suelo, para ello se utilizó una pala de manera de encontrar terrones grandes estos eran destrozados al igual que si se encontraba huecos grandes, estos fueron rellenados con esos terrones grandes destrozados.

Una vez nivelado el suelo se prosiguió a realizar el trazado de la parcela experimental, para ello se hizo uso de estacas delimitando las respectivas unidades experimentales, siendo el distanciamiento de los surcos de 0,5 m entre cada uno. El pasillo que dividía cada bloque era de

0,5 m de ancho y las unidades experimentales eran de 2 m de ancho por 2,5 m de largo. Con 6 tratamientos y 5 bloques, haciendo un total de 174 m² tomando en cuenta los pasillos.

Siembra y trasplante de plántulas. Para la siembra del tratamiento testigo se realizó siembra por golpe, siendo así cada golpe por un distanciamiento de 12,5 cm entre cada planta a lo largo del surco. En cada golpe se colocó 3 semillas con una profundidad de 1,5 – 2,0 cm de profundidad.

Al igual que la siembra por golpe, se fue trasplantando las plantas a una distancia de 12,5 cm entre cada planta. Al momento que se trasplantó las plantas a campo se hizo uso de palas de jardinería al mismo tiempo que para sacar las plantas de las bandejas se utilizó un palito de forma de que salga el sustrato entero de los alveolos.



Figura 5. Trasplante de plantas de quinua a campo definitivo

Raleo y aporque. El raleo y el primer aporque se realizó al mismo tiempo a 45 días de la siembra, de modo que ahorre tiempo y no se lastime las plantas por la excesiva transitabilidad en el área, evitando lastimar a las plantas.

Se trasladó y se removió la tierra que se situaba a los bordes de la planta, de manera que cubra el cuello de la planta, sin llegar a lastimar las raíces y el tallo de las plantas.

A medida que se iba raleando, también se fue extrayendo las malezas y removiendo el exceso de plántulas de manera de que se dejó tres plántulas en cada golpe dejando las plántulas más vigorosas. Según Gómez y Aguilar (2016) sostienen que un exceso de plantas en el surco conduce a que, las plantas crezcan débiles, pequeñas y con menor rendimiento.

Depuración. Se depuró o eliminó las plantas que presentaron diferencias fenotípicas en la parcela experimental, esta labor se ejecutó antes de que llegue a la fase de floración, debido a que al presentarse una planta distinta, esta puede afectar la homogeneidad del cultivo el cual afectaría a las futuras generaciones de la misma, para poder clasificar se verificó el color de las plantas, eliminando aquellas que tenían color rojizo o morado como sugieren (Del Castillo *et al.*, 2013)

Cosecha. Al momento de la cosecha se verificó la maduración de las plantas en las respectivas unidades experimentales, para ello se verificó la consistencia de la panoja cuando esta se presentara un poco más seco, al igual que el color siendo este de un tono amarillo medio café claro. Y cuando el 80% de las plantas de la unidad experimental llegaron a presentar dichas características se debe cosechar, tomando en cuenta la fecha de cosecha.

Para la cosecha se cortó las plantas de quinua con una segadora a una altura de 5 cm de la base del suelo, haciendo un corte en diagonal de manera de que no se ejerza mucha presión a la planta y no se pierdan los granos. Una vez cosechados, se separaron las cosechas de las parcelas útiles y las plantas individuales, para las parcelas útiles no se tomaron en cuenta los bordes de la unidad experimental, excluyendo los surcos de los extremos y 0,5 m a los bordes superiores e inferiores de la unidad experimental.

Secado y emparvado. El material cosechado de la parcela útil fue identificado por los datos de su marbete y luego se procedió a formar amarros individualizados. Después se prosiguió a colocar las plantas apoyadas unas contra otras, formando un montículo. Pero es preferible colocar en un ambiente cerrado, debido a que los pájaros pueden comerse los granos afectando el peso de grano obtenido en las parcelas útiles.



Figura 6. Secado y emparvado de las quinas al momento de la cosecha

Finalmente los amarros de material cosecha se expusieron al sol para completar el secado de las plantas.

Pesado, trillado y tamizado. Antes del trillado se realizó el pesado de las plantas individuales y las plantas de las parcelas útiles, tomando en cuenta los datos de sus respectivos marbetes al momento de anotar los datos. Datos que sirvieron para hallar el índice de cosecha.



Figura 7. Pesado de las plantas individuales de quinua en laboratorio

Para el trillado de la quinua cosechada de las parcelas útiles, el material fue acondicionado envolviendo en una lona, luego se procedió a presionar las panojas con los pies, de manera de que se separe las semillas de los receptáculos. Una vez demenzado la panoja se separó las ramas grandes, mediante el tamizado, luego se repitió el proceso hasta que se tenía el material libre de trozos de tallos.

De igual manera se trilló las plantas individuales desmenuzando o friccionando las panojas con las manos sobre una bandeja de plástico, sacando los trozos más grandes.



Figura 8. a) Trillado, zarandeo y b) guardado de las muestras individuales de quinua en sobres

Posteriormente se llevó a una tamizadora de orificios grandes de más o menos 5 mm para que se pueda separar las semillas de la broza.

Venteador. El material trillado y tamizado, se sometió al proceso de venteador las muestras de las parcelas útiles y de las plantas individuales por separado. En ambos casos se empleó dos bandejas de plástico en las cuales se vertió el contenido una de otra a más o menos una altura de medio metro al lado contrario del viento, haciendo que el Jipi o brozas fueran llevadas por el viento y las semillas se quedaran en la bandeja inferior, se repitió el proceso hasta que se encuentren limpias las semillas.

Índice de cosecha. La variable índice de cosecha es la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total del vástago de la planta (tallo + hojas + granos). En otras palabras es la relación que existe entre la biomasa que se cosecha o rendimiento y la biomasa aérea total del cultivo.

Para el índice de cosecha primero se pesaron el aglomerado de plantas secas de quinua de cada unidad experimental, luego se ha trillado y el grano limpio fue registrado en su peso. Una vez trillado y venteador las muestras se obtiene el peso de grano de las unidades experimentales. Dividiéndolo el peso de grano contra el peso total se obtiene el índice de cosecha por unidad experimental.

$$IC = \frac{\text{Peso de grano limpio}}{\text{Peso total de la planta (tallo + hojas + grano)}}$$

5.2.3 Croquis experimental

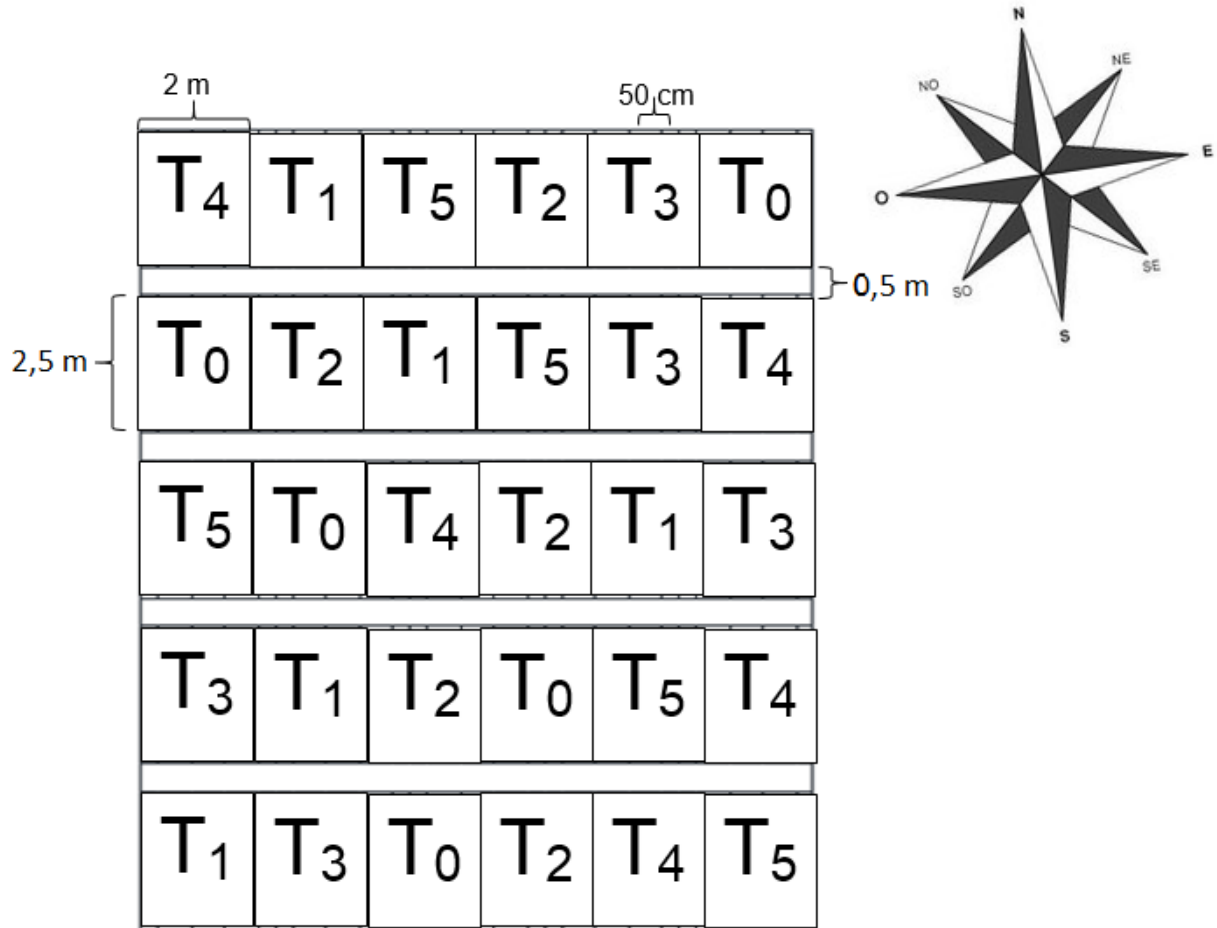


Figura 9. Croquis experimental de la distribución de los tratamientos y los bloques en campo

5.2.4 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA) con muestreo, para evaluar todas aquellas variables cuantitativas. Al existir una cierta pendiente en el suelo, se prefirió bloquear dicho factor que podría influir sobre la emergencia, índice de área foliar y otros durante el transcurso del ciclo vegetativo.

El modelo lineal aditivo propuesto por Gonzáles (1985), es el siguiente:

$$\theta_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \lambda_{ij}$$

Donde:

θ_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto de la i-ésima variedad

λ_{ij} = Error experimental

5.2.5 Comparación de medias

La prueba de medias o comparación de medias que se usó fue la prueba de medias de rango múltiple SNK (Student – Newman – Keuls), ya que esta prueba tiene una sensibilidad estadística mayor que la Duncan, además que te permite evaluar un gran número de comparaciones con medias distantes, lo que permite por tanto ajustar con una mayor precisión de los valores experimentales, además que se emplea el uso de los valores tabulares de la tabla Tukey (Saville, 1990; Ochoa, 2016).

5.2.6 Transformación de datos

Transformación a raíz cuadrada. Se usa esta transformación cuando los datos son números enteros del conteo de objetos del 0 al 500, teniendo una tendencia a una distribución Poisson, siendo discreta o de valores enteros que normalmente determina que las varianzas de los grupos sean casi iguales, también es aplicable para distribuciones sesgadas, se utiliza en general \sqrt{y} , en cambio con valores del 2 al 10 se usa $\sqrt{y+1}$ o $\sqrt{y+0,5}$ (Ochoa, 2016).

Esta transformación se realizó para el porcentaje de prendimiento en campo, debido a que se realizó el conteo de plántulas en los surcos de cada unidad experimental para el ANVA y posteriormente fueron transformados a porcentajes para el análisis de comparación de medias SNK.

Transformación arcoseno o angular. Este tipo de transformación se realiza para valores expresados en porcentajes o una proporción de muestra total, teniendo una distribución binomial con varianzas y medias que son independientes, presentando usualmente varianzas que van a los extremos. Se debe emplear esta transformación si el rango de porcentajes es mayor que 40, haciendo uso de la fórmula arcoseno $\sqrt{y}/100$ (Ochoa, 2016).

Esta transformación se usó para las variables tamaño de grano pequeño, mediano y grande expresados en peso, debido a que estos valores son una proporción de una muestra total, en este caso de 100 g de granos en cada unidad experimental, que se lograron separar con las tres diferentes categorías de tamizadores de quinua.

5.2.7 Características del área experimental

Cuadro 1. Características principales del área experimental del trasplante de quinua

Área total del ensayo	174 m ² (12 m x 14,5 m)
Área del bloque	30 m ²
Largo del bloque	12 m
Ancho del bloque	2,5 m
Espacio entre bloques	0,5 m
Área de cada Unidad Experimental	5 m ²
Largo de cada Unidad Experimental	2,5 m
Ancho de cada Unidad Experimental	2 m
Número de bloques	5
Número de tratamientos	6 (con testigo)
Número de Unidades Experimentales	30
Número de surcos por Unidad Experimental	4 surcos
Número de surcos evaluados por Unidad Experimental	2 surcos

5.2.8 Procedimiento en laboratorio

Categorización de granos según su calibre. Se tamizó las muestras de las parcelas útiles haciendo uso de los tamizadores de los granos adaptados para quinua, siendo estos de 4 categorías, la extra grande > 2 mm de diámetro (blanco), grano grande (2 a 1,7 mm) con el amarillo, grano mediano (1,7 a 1,4 mm) el celeste y grano pequeño (< 1,4 mm) con el verde, siendo estos últimos que son granos inmaduros o ch'usus. Una vez tamizado la muestra se debe separar con cuidado y se llevó a pesar para obtener el dicho peso y su respectivo porcentaje de granos. Dichas categorías están establecidas por (IBNORCA, 2016) en la norma NB/NA 0038:2007

Cuadro 2. Categorización de granos por su tamaño (IBNORCA, 2016)

Tamaño de los granos	Diámetro promedio de los granos (mm)	Malla ASTM
Extra grande	Mayores a 2,0 mm	85% Retenido en la malla ASTM 10
Grandes	Entre 1,7 a 2 mm	85% Retenido en la malla ASTM 12
Medianos	Entre 1,4 a 1,7 mm	85% Retenido en la malla ASTM 14
Pequeños	Menores a 1,4 mm	85% Que pasa por la malla ASTM 14

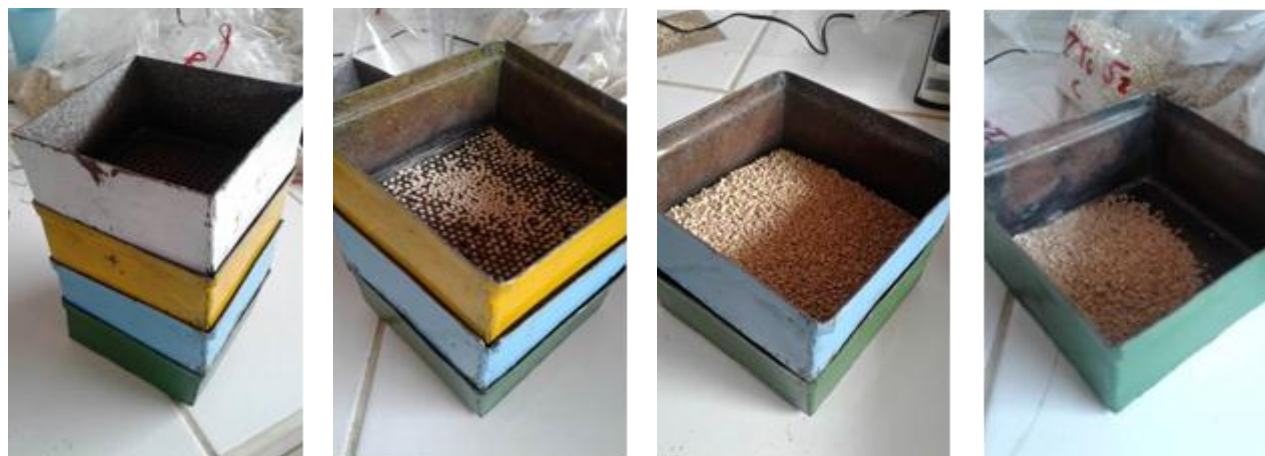


Figura 10. Tamizadores adaptados para las diferentes categorías de quinua a) extra grande >2 mm, b) grande de 1,7 mm a 2 mm, c) mediano de 1,4 a 1,7 mm y d) pequeño $< 1,4$ mm

Para el tamizado se pesó 100 gramos de cada parcela útil y se lo vertió a los tamizadores comenzando desde el extra grande hasta el pequeño, de manera que se vayan quedando los granos en sus respectivas categorías. Una vez tamizados se los separó y pesó dichas muestras para su posterior peso hectolítrico



Figura 11. Peso de la muestra de la parcela útil de una unidad experimental de quinua con una balanza analítica de precisión de dos decimales

Peso hectolítrico. El término de peso hectolítrico se refiere al concepto de "densidad aparente" del grano. Es una relación entre la masa y el volumen de una muestra de grano, considerando dentro de este volumen no solamente el espacio ocupado por los granos propiamente dichos sino también el volumen de los espacios intergranulares. Es imprescindible llenar el recipiente de forma uniforme de manera que no existan espacios. Esta medida es representada en kilogramos por hectolitro o 100 litros.

Para determinar el peso hectolítrico se llenó una probeta de 10 ml con semilla de quinua, de forma constante (uniforme) o sin interrumpir, también se puede utilizar un embudo de vidrio para que el verter sea más fácil. Una vez llenado la probeta se prosiguió a pesar la cantidad de semillas

de la probeta de 10 ml en una balanza, para evitar el derroche de las semillas al momento de verter , se utilizó una base con bordes altos hecho de cartulina, dicho procedimiento se realizó para las muestras de las 35 unidades experimentales.

5.2.9 Variables de estudio

Variables independientes o tratamientos. En el trabajo de investigación se efectuó con 5 tratamientos y un testigo, expresados en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Variables independientes o tratamientos efectuados para el trabajo de investigación en quinua Jacha Grano

TRATAMIENTOS O VARIABLES INDEPENDIENTES		
T0 (Tratamiento Testigo)	Siembra directa	0 días
T1 (Tratamiento 1)	Fase cotiledonal	15 días
T2 (Tratamiento 2)	Dos hojas verdaderas	24 días
T3 (Tratamiento 3)	Cuatro hojas verdaderas	31 días
T4 (Tratamiento 4)	Seis hojas verdaderas	35 días
T5 (Tratamiento 5)	Ocho hojas verdaderas	43 días

Cada tratamiento fue trasplantado en los días respectivos descritos en el Cuadro 3, con excepción del testigo ya que fue por siembra directa al voleo por surco. Cada tratamiento fue trasplantado cuando llegó en un 80% del total de las bandejas.

Variables intervinientes. Las variables que son externas o no son necesarias que entren en el campo de la investigación son: Tasa de emergencia en bandejas, plantas vivas en bandejas antes del trasplante y tamaño de plántulas en bandejas, dichas variables fueron tomadas a modo de interés o datos adicionales, fuera del campo de estudio. Pero puede servir para otros trabajos de investigación que predomine en otro tema.

Variables dependientes o de respuesta. Para determinar la fase fenológica apropiado para el trasplante de quinua a campo se tomaron las siguientes variables: porcentaje de prendimiento, altura de plantas en campo, días a las fases de panojamiento, floración, grano acuoso, grano lechoso, grano pastoso, días a la madurez fisiológica, rendimiento por parcela útil y plantas individuales, Índice de cosecha, calidad de grano, peso hectolítrico y morfología de las plantas.

- **Porcentaje de prendimiento.** Para determinar el porcentaje de prendimiento se realizó un conteo de las plantas que lograban sobrevivir después de dos semanas del trasplante de cada fase, debido a que la planta al momento de ser trasplantado a campo sufre estrés que reinicia su crecimiento y función fisiológica, por ello se debe esperar hasta que las plantas se vuelvan a reponer. Una vez que se tenga los datos se debe llevar a porcentajes en función al número de plantas totales de la unidad experimental.
- **Altura de plantas.** Los datos de altura de planta se midieron a partir de los 50 días de haber sembrados, entre la fase de ramificación y el panojamiento, debido a que al ser trasplantadas las plántulas reinician su crecimiento, afectando el tamaño regular de la planta en esas etapas. A partir de esta fecha se tomaron los datos cada semana, tomando en cuenta desde el cuello de la de la base de la planta hasta el ápice de la planta.
- **Días para cada fase fenológica.** Para lo toma del número de días para la plenitud de cada fase fenológica fué necesario conocer previamente las características de cada fase, por lo que se ha tomado como referencia el 80% de la población en la unidad experimental se encuentre en la fase fenológica de evaluación.

Días a la fase de panojamiento. La toma de datos de días a la fase de panojamiento se realizó a partir del día 56 después de la siembra, cuando la planta comenzó a presentar en el ápice un

cúmulo de hojas que protegían al ápice, lugar donde se forma la panoja, de igual forma la planta empezó a alargarse significativamente.

Días a la fase de floración. La fase de días a la floración se registró a partir del día 78 después de la siembra, cuando la planta comenzó a extender sus estambres de color amarillo. Al igual que se comienza a defoliar las primeras hojas basales del tallo de la planta.

Días a la fase de grano acuoso. La formación de los granos acuosos sucedió al día 102 después de la siembra. Para reconocer dicho estado, se presionó con las uñas uno de los granos de la panoja. Si presenta un líquido medio transparente, indica que ya llegó a dicha fase fenológica

Días a la fase de grano lechoso. Al igual que en la fase anterior, para verificar el estado del grano lechoso se presionó el grano para identificar un líquido lechoso, lo cual fue a partir del día 118 días después de la siembra, donde se presentó un 80% de la población en grano lechoso.

Días a la fase de grano pastoso. La fase para la formación de grano pastoso se presentó a partir de 132 días después de la siembra. En dicha fecha las plantas comenzaron a presentar un color amarillento en su totalidad, al igual que las panojas se volvieron más consistentes. Para verificar si la planta llegó a esta fase se aplastó unos cuantos granos de la panoja, los cuales presentaron una consistencia medio grumosa y más sólida que el lechoso.

Días a la madurez fisiológica. Finalmente para el registro de días a la madurez fisiológica, se efectuó más o menos a partir del día 150 después de la siembra, se verificó la consistencia de las panojas, debido a que estas se comenzaban a volver un poco más compactas al igual que perdían la humedad. Al mismo tiempo las plantas comenzaban a tener un color amarillo medio café claro. Para verificar el grano presentaba una consistencia dura y no se deshacían como el grano pastoso.

- **Rendimiento (kg/ha).** Al momento de la cosecha, cuando los granos presentaban una consistencia dura, se realizó el segado a una altura de 5 cm del cuello de la planta, se trilló y venteó finalmente para obtener el rendimiento en peso (kg).

Para la obtención del rendimiento se calculó en base a dos funciones: de la parcela útil que cubrió un área de 2 m² y de las plantas individuales que se tomó 5 muestras representativas dentro las parcelas útiles de cada unidad experimental.

Para la obtención del rendimiento por parcela útil no se tomó en cuenta los surcos de los bordes, ni tampoco se tomó en cuenta las plantas de la cabecera y la base de la unidad experimental en 0,5 m de distancia de los bordes, siendo expresado en g/2m², posteriormente la conversión fue realizada a kilogramos por hectárea.

Para obtener el rendimiento por planta individual, primero se seleccionó cinco plantas por cada unidad experimental, estas fueron debidamente seleccionadas, debido a que son muestras representativas de la parcela útil, teniendo una homogeneidad. Una vez cosechado, las plantas fueron secadas y trilladas individualmente. De esa manera se obtuvo el rendimiento en g/planta. Luego se calculó el rendimiento en kg/ha, suponiendo que existe un total de 316 008 plantas/ha, con el supuesto de que existe 2 o 3 plantas por cada hoyo, con una separación entre plantas de 12,5 cm y 50 cm entre surcos. Teniendo más o menos 158 004 hoyos/ha.

- **Índice de cosecha.** La variable índice de cosecha es la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total del vástago de la planta (tallo + hojas + granos).
- **Calidad de grano.** La calidad de grano o porcentaje de tamaño de granos se realizó mediante la técnica del tamizado. Para ello se pesó 100 g de muestra de cada parcela

útil, vertiendo a los tamizadores comenzando desde el extra grande hasta el pequeño, de manera que se vayan quedando los granos en sus respectivas categorías. Una vez tamizados se los separó y pesó dichas muestras para su posterior peso hectolítrico.

- **Peso hectolítrico.** Para esta variable se llenó una probeta de 10 ml con semillas de quinua de la determinada categoría de manera constante, una vez llenado la probeta se prosiguió a pesar la cantidad de semillas en una balanza, para evitar el derroche de las semillas al momento de verter, se utilizó una base con bordes altos hecho de cartulina. Una vez obtenidos los valores se deben convertir a kg/hl, para las 35 muestras de las unidades experimentales.

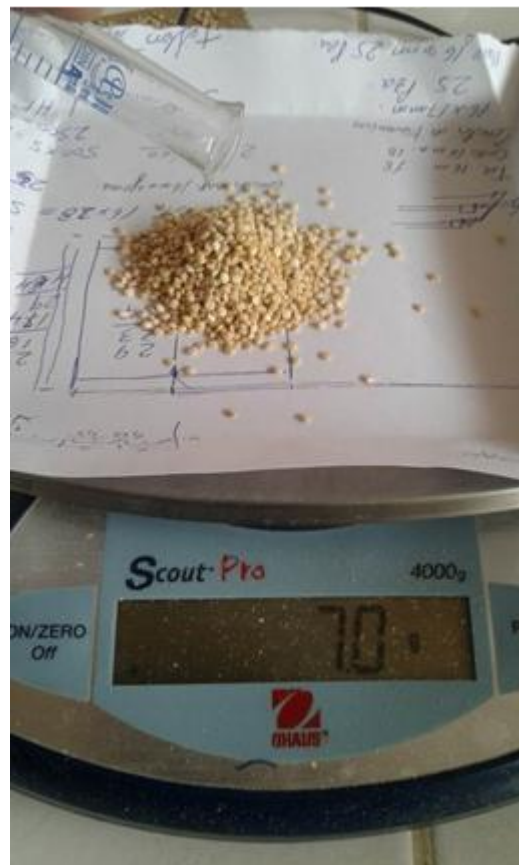


Figura 12. Procedimiento para el peso hectolítrico a) llenado de la probeta de 10 ml con semillas de quinua y b) pesado de las semillas llenadas en la probeta de 10 ml

6 RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Condiciones climáticas

6.1.1 Precipitaciones

En la figura 13 se detalla las precipitaciones mensuales registradas durante el ciclo del cultivo de quinua, las mayores precipitaciones se presentaron en febrero y enero con 126,1 mm y 105,4 mm respectivamente. Los meses donde llovió menos fueron abril, marzo y noviembre con 22,4 mm, 37,8 mm y 28,1 mm respectivamente, siendo la menor precipitación en el mes de abril.

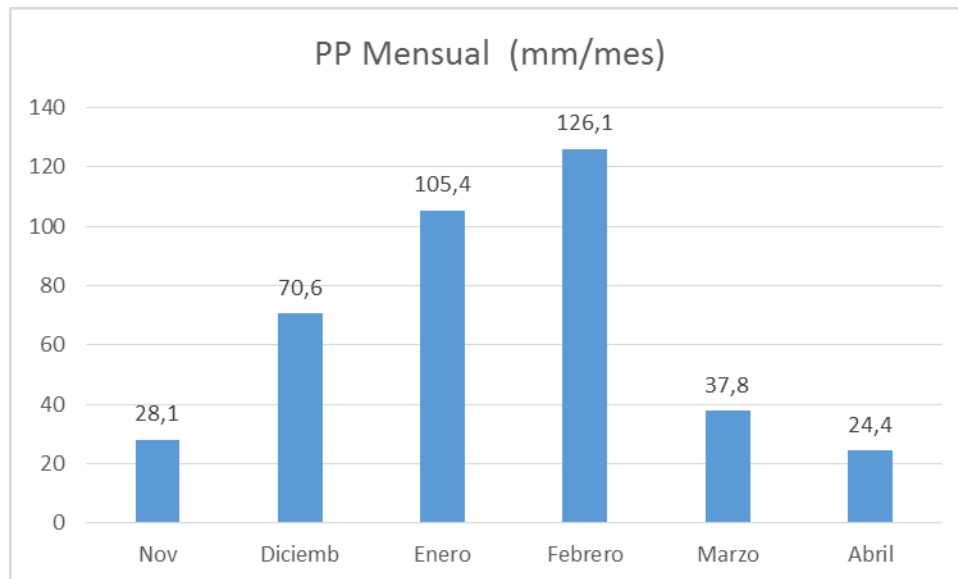


Figura 13. Precipitación mensual registrada en Viacha de la gestión 2015 y 2016

Si se toma en cuenta la precipitación acumulada de todo el ciclo vegetativo desde la siembra hasta su cosecha fue de (392,4 mm) valores que se encuentra dentro de los rangos apropiados en el cual el cultivo prospera bien, ya que según Mújica et al., (2001), la precipitación que requiere el cultivo de quinua debe oscilar entre los 250 a 500 mm anual promedio.

6.1.2 Temperaturas

En la Figura 14, se observa que la temperatura media mensual registrada durante todo el ciclo fenológico fué en promedio 10,14 °C, con una máxima de 17,85 °C (mes de marzo) y una mínima de 2.79 °C (en abril).

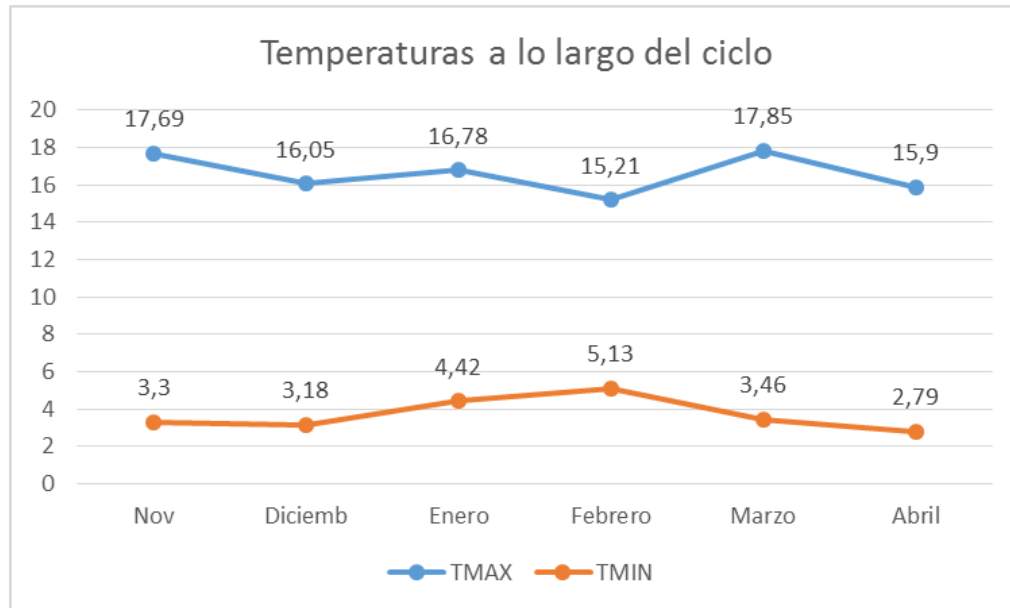


Figura 14. Temperatura mensual máxima y mínima registrada por el SENAMHI durante el ciclo del cultivo (siembra hasta cosecha) de la gestión 2015 al 2016

En los primeros días después del trasplante se aplicó riego con regaderas, debido a que en estas fases las plántulas son muy susceptibles al estrés hídrico, puesto que en la época de trasplante se presentaba altas temperaturas (como los meses de noviembre, enero y marzo).

6.2 Variables agronómicas

6.2.1 Tasa de emergencia y mortalidad en bandejas

Para la tasa de emergencia se tomó en cuenta al segundo y tercer día de la siembra en las bandejas, para ello se hizo el conteo de las plántulas emergidas en cada uno de los alveolos de las

bandejas. Una vez contados se llevó a porcentajes tomando en cuenta que se sembró tres semillas sembradas por cada alveolo.

Cuadro 4. Tasa de emergencia en bandejas versus plantas vivas en bandejas antes de trasplantar a campo

Variable	N	Med (U)	Desv Stand (O)	E.E.	CV	Min	Max
% Emergen	50	94	12,9	1,83	13,7	66,7	100
Mort. (emergen)	50	6	12,9	1,83		0	33,3
% PV hasta T5	50	82,7	20,47	2,89	24,7	33,3	100
Mort. hasta T5	50	17,3	20,47	2,89		0	66,7

Tomando en cuenta los datos del (Cuadro 4) podemos verificar que existe una buena cantidad de plántulas emergidas, siendo de un 94 % en las bandejas y al llegar a la etapa de trasplante se redujo a 82,67%, obteniendo una pérdida relativamente baja del 11,33% en el proceso.

Esta reducción de la pérdida de plántulas en las bandejas se debe principalmente a que al ser protegida las plántulas con un malla, se previó el ataque de los pájaros a los cotiledones, además que al ser sembrado con más cuidado a diferencia de al voleo del tratamiento testigo, se redujo significativamente las pérdidas de semillas.

A comparación del testigo de siembra directa al voleo con trabajos realizados en campo (Gómez y Aguilar, 2016), las pérdidas de las semillas fueron menores al 40 y 50% en el establecimiento en campo, debido a diversos factores como el ataque de pájaros, poca profundidad de siembra o podredumbre de las raíces o el cuello de la planta en campo, por lo cual se hizo un buen manejo de las unidades experimentales en campo (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

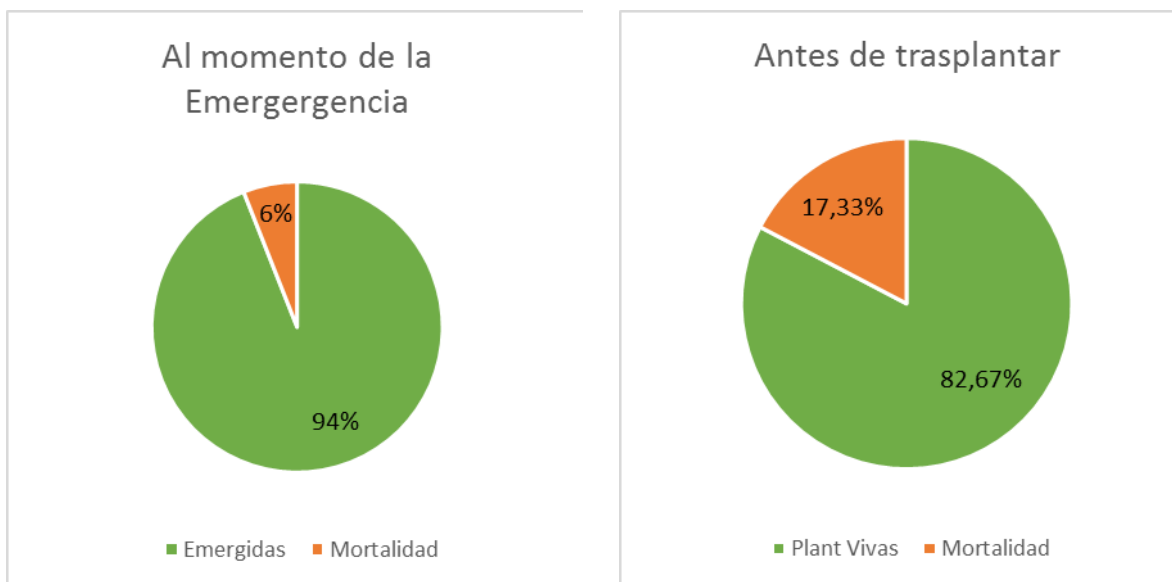


Figura 15. Tasa de plantas vivas y mortalidad al momento de la emergencia y antes de trasplantar a campo

6.2.2 Tamaño de plántulas en bandejas

Una vez sembrado las semillas de quinua en las bandejas, comenzaron a emerger pasado dos días después de la siembra, pero la medición de las plantas no fue sino al tercer día ya que recién presentaban un tamaño apropiado para la medición.

Posteriormente al quinto día se fue realizando las mediciones cada cuatro días, para tener tamaños significativos para la medición presentados en la siguiente Figura 16:

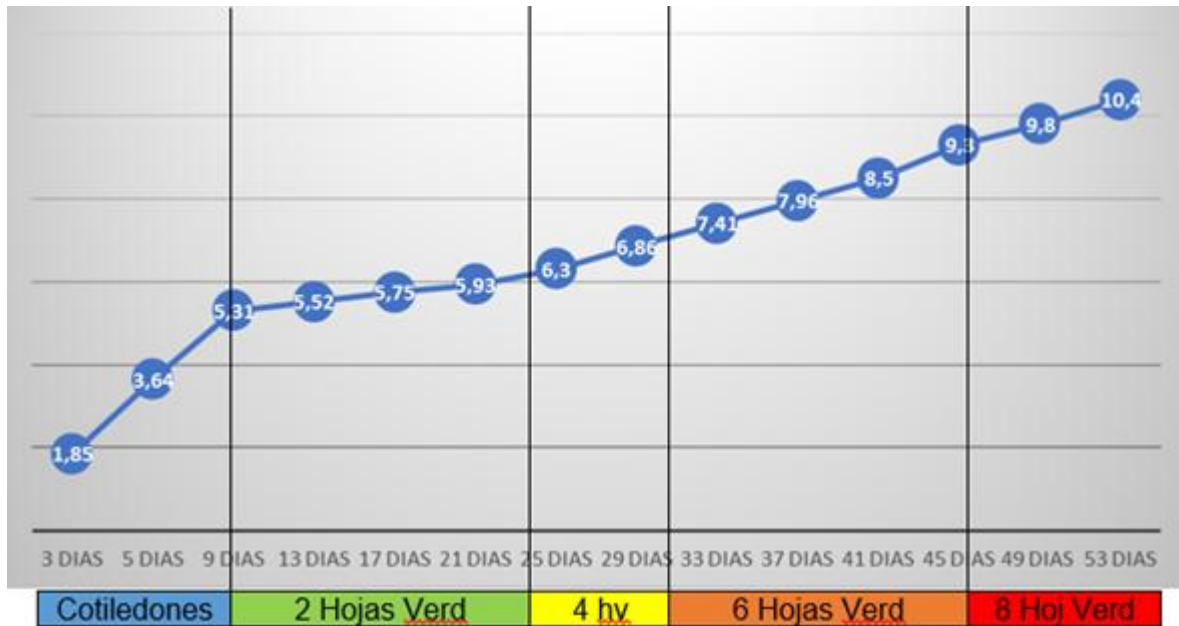


Figura 16. Tamaño de las plántulas en bandejas a lo largo de sus ciclos fenológicos (cm)

Como se puede ver en la Figura 16, el crecimiento de las plántulas es de manera exponencial, en un inicio las plántulas crecieron de una manera muy notoria, especialmente en la fase cotiledonal. Posteriormente fueron creciendo las plántulas de una manera más estable y no tan rápida como en la fase cotiledonal. Teniendo una diferencia de más o menos de 1 a 2 cm de altura entre cada fase fenológica.

Lo que sí se puede destacar es que el desarrollo fenológico de las plántulas en las bandejas siguen una tendencia normal en el tiempo determinado por muchos autores como Saravia *et al.* (2014); Mujica, Izquierdo y Marathee (2001); Gómez y Aguilar (2016).

6.2.3 Porcentaje de prendimiento en campo

Para medir el porcentaje de prendimiento se realizó un conteo de las plantas en sus respectivas unidades experimentales, dicho conteo se realizó después de dos semanas del trasplante de cada

fase, debido a que la planta al momento de ser trasplantado a campo sufre un estrés al reiniciar su crecimiento.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento (transformación de raíz cuadrada)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	9	4,21	0,47	4,72	2,40	0,0019	
BLOQUE	4	0,34	0,09	0,85	2,87 NS	0,5095	> 0,05 Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	5	3,87	0,77	7,78	2,71*	0,0003	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	20	1,99	0,10				
TOTAL	29						

CV = 3,26 %

R² (coef. determ.) = 0,68

Analizando el coeficiente de variabilidad es menor al 25%, podemos decir que se realizó un buen manejo de las unidades experimentales; existiendo un buen nivel de confianza de los datos experimentales tomados en campo.

Observando el cuadro de análisis de varianza (Cuadro 5), las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, siendo que las características del suelo no presentaban muchas variaciones y no influyeron en la supervivencia de las plantas trasplantadas a campo.

Por otra parte el P-valor del tratamiento es menor al valor de $\alpha=0.05$, por ende las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, rechazando la hipótesis nula, por lo cual podemos decir con un 95% de confianza, que algunas de las fases de trasplante incidieron en la media del porcentaje de prendimiento de las plantas en campo. En otras palabras si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos

Cuadro 6. Prueba de medias de rangos múltiples SNK al 5 % de significancia, para el número de plantas vivas

TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	99,50	5	0,14	a
T4 (Seis hojas verdaderas)	98,50	5	0,14	a
T2 (Dos hojas verdaderas)	96,00	5	0,14	a
T1 (Fase cotiledonal)	93,75	5	0,14	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	93,50	5	0,14	a
T0 (Siembra directa)	79,50	5	0,14	b
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

Efectuando la prueba de medias de rango múltiples SNK del Cuadro 6 a un nivel de significancia del 5%, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas diferentes en función a la media. El único tratamiento que no presentó una buena tasa de supervivencia fué el tratamiento testigo (siembra directa) con una media del 79,5% y con un estimado de 64 plantas/2m². Siendo los trasplantes los que obtuvieron una alta tasa de supervivencia en campo desde el 93,5% al 99,5%, pese a que sufren un estrés al momento de ser trasplantadas en especial los tratamientos T1 (fase cotiledonal) y T2 (dos hojas verdaderas), dieron una buena tasa de supervivencia, a pesar de que las raíces no se encontraban bien sujetas a los terrones de tierra, siendo más propensos al daño físico al momento de trasplantar.

Esta pérdida de plantas del T0 (siembra directa) es concordante con lo que sostiene Gómez y Aguilar (2016) afirmando que del 40 al 50% de las semillas se perderán por una serie de factores, como la poca profundidad de siembra, alta radiación solar que genera un rápido secado del suelo superficial y la posterior momificación de las semillas en pleno proceso de germinación, o factores externos como el daño de pájaros o patógenos como la podredumbre radicular por exceso de humedad.

6.2.4 Altura de plantas

La altura de planta se midió a partir de los 50 días, desde el cuello de la planta hasta el ápice.

Dichos valores se tomaron cada semana verificando el coeficiente de no exceda el 25%. El análisis de varianza al momento de la cosecha se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de planta

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	21630	9	2403,33	28,57	1,95	<0,0001	
BLOQUE	995,75	4	248,94	2,96	2,44	0,022	< 0,05 Signif Rechazo Ho
TRATAMIENTO	20634,25	5	4126,85	49,06	2,28	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	11776,38	140	84,12				
TOTAL	33406,37	149					

CV = 11,4 %

R^2 (coef. determ.) = 0,65

Analizando el coeficiente de variabilidad se puede notar que es del 11,4%, debido a que es menor al 25%, nos indica que existe fiabilidad de los datos tomados en campo y existe un buen manejo de las unidades experimentales

Las diferencias estadísticas entre bloques son significativas lo cual indica que existen diferencias estadísticas atribuibles a la heterogeneidad del suelo que influyó sobre la altura de planta cuando son trasplantados en diferentes fases.

De acuerdo al análisis de varianza para la altura de planta en el Cuadro 7, se observa que las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, rechazando la hipótesis nula, podemos decir con un 95% de confiabilidad que al menos una de las fases de trasplante influye en la altura de las plantas. Siendo las diferencias estadísticas entre los tratamientos diferentes.

Considerando las diferencias en altura de planta para las fases fenológicas de trasplante del (Cuadro 7), se procedió a efectuar la prueba de medias de rango múltiples SNK (Student Newman – Keuls) con la finalidad de determinar la similitud entre medias (Cuadro 8)

Cuadro 8. Prueba de medias de rangos múltiples al 5% de significancia para la altura de planta en quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T0 (Siembra directa)	91,48	25	1,83	a
T2 (Dos hojas verdaderas)	89,37	25	1,83	a b
T1 (Fase cotiledonal)	87,80	25	1,83	a b
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	84,66	25	1,83	b
T4 (Seis hojas verdaderas)	69,96	25	1,83	c
T5 (Ocho hojas verdaderas)	59,42	25	1,83	d
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

En la prueba de rangos múltiples del Cuadro 8, se identificó cuatro grupos en función a la similitud de medias. En el primer grupo el tratamiento de (T0) siembra directa es el que tiene mayor altura respecto a los demás tratamientos con promedio de 91,48 cm, seguidos del (T2) dos hojas verdaderas y el (T1) fase cotiledonal, que comparten medias con el segundo grupo con 89,37 y 87,8 cm respectivamente, en el mismo segundo grupo se encuentra el (T3) cuatro hojas verdaderas con 84,66 cm de alto. Por otro lado el tercer grupo consta solamente del tratamiento (T4) correspondiente al trasplante en seis hojas verdaderas con 69,96 cm de alto. Finalmente el último grupo que presenta el menor tamaño entre todos es el (T5) ocho hojas verdaderas con 59,42 cm de alto en promedio.

Con respecto a la altura de planta Bonifacio *et al.*, (2003) indican que la altura de planta de la variedad Jacha Grano en el Altiplano Central y Norte oscila entre 0,9 – 1,2 m. Por otra parte

(Vargas, 2013) indica que los parámetros de altura de planta oscila entre 54 a 174,2 cm, dependiendo de la variedad y los trabajos realizados por los tesisistas (Justo, 2014) con 72 cm en promedio de altura (Apaza, 2016) con 51,52 cm y (Tambo, 2014) con un promedio de 73,92 cm de altura de planta.

Esta diferencia de alturas entre los tratamientos iniciales y los tratamientos finales, se puede deber al desarrollo de las raíces en las plantas establecidas en campo, ya que los tratamientos iniciales, a pesar de que sufrieron un estrés al momento del trasplante, pudieron desarrollarse normalmente las raíces en campo, a diferencia de los últimos tratamientos que se asfixiaron las raíces en la planta, influenciando en la altura de las plantas.

6.2.5 Curva de crecimiento

Los datos para la curva de crecimiento fueron tomados en cuenta a partir de la décima segunda semana desde la siembra/trasplante de los tratamientos. Debido de que al momento de trasplantar una planta, esta reinicia su crecimiento (UNA de la Molina, 2000) y puede sufrir estrés en estas etapas, hasta que la planta se establezca en campo.

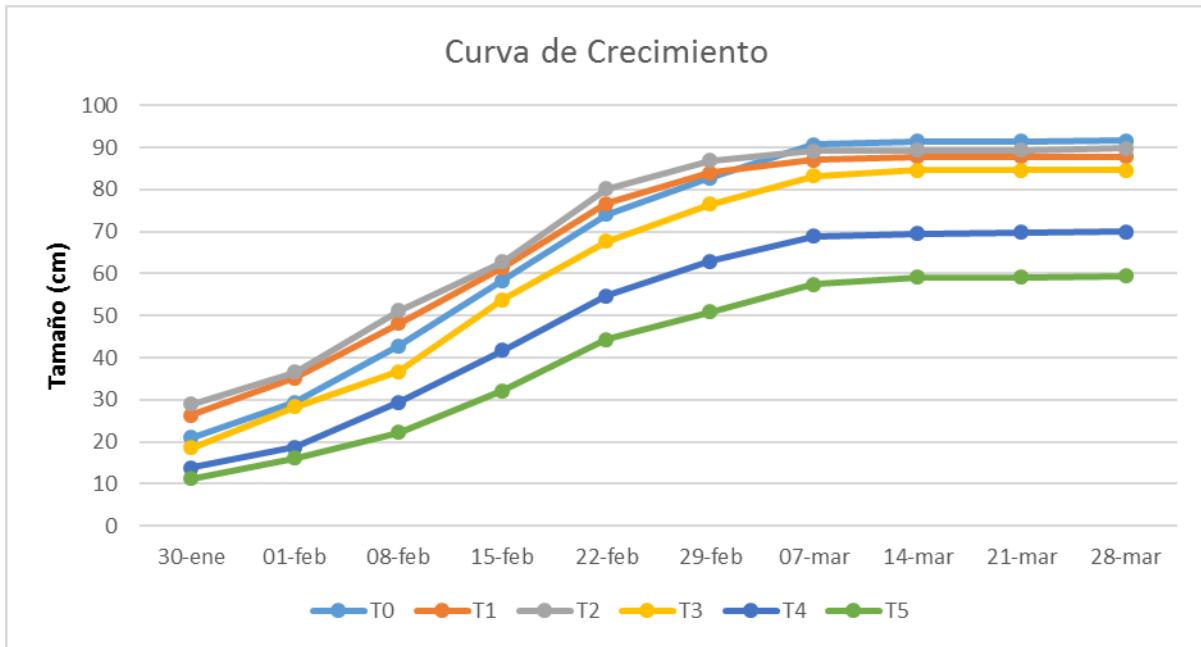


Figura 17. Curvas de crecimiento respecto a la altura de las plantas trasplantadas y cultivada de quinua en campo a lo largo de su ciclo vegetativo entre la gestión 2015 a 2016

En la Figura 17, podemos evidenciar que desde la décima semana después de la siembra hasta la décimo sexta semana (29 febrero) las plantas que tenían mayor altura eran los tratamientos T2 (Dos hojas verdaderas) y el T1 (Fase cotiledonal), dándonos a entender a que la fase indicada para trasplantar es en la de dos hojas verdaderas, debido a que en esta fase de trasplante es más fácil colocar el terrón con las raíces que no están completamente desarrolladas a diferencia de los tratamientos T4 (Seis hojas verdaderas) y el T5 (Ocho hojas verdaderas) que llegaron a tener dificultad en el crecimiento, debido al enrollamiento de las raíces en el terrón. También por otra parte el T1 (trasplante en la fase cotiledonal) no es tan recomendable, debido a que al momento de trasplantar, como las raíces no estaban bien desarrolladas en el terrón eran más susceptibles al daño.

En cambio el T0 (siembra directa) tuvo un mejor desarrollo de la planta, pero no fue hasta la décima séptima en la cual tuvo el mayor tamaño entre todos los tratamientos hasta el final del ciclo vegetativo.

Los datos de altura de planta fueron tomados hasta la vigésima semana después de la siembra ya que a partir de esta semana las alturas de las plantas fue más o menos constante a comparación de las otras.

6.2.6 Días a la fase de panojamiento

Para la toma de datos de días a la fase de panojamiento se realizó a partir a mediados del día 56 después de la siembra, con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos, como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza para días a la fase de panojamiento

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	281,7	9	31,3	1,08	2,4	0,4202	
BLOQUE	197,13	4	49,28	1,7	2,87	0,1905	Fc<Ft Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	84,57	5	16,91	0,58	2,71	0,7135	> 0,05 Acepto Ho
ERROR	581,27	20	29,06				
TOTAL	862,97	29					

CV = 8,7 %

R² (coef. determ.) = 0,33

Se puede notar que el coeficiente de variabilidad es del 8,7% por lo tanto es menor al 25%, existiendo fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales. Al ser las diferencias estadísticas entre bloques no significativas, nos indica que las condiciones ambientales no influyeron en los días para la formación de las panojas.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 9), las diferencias estadísticas entre tratamientos no son significativas por lo cual podemos decir que se acepta la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que todas las fases de trasplante (incluyendo siembra directa) no influyen o no alteran en los días para la formación de las panojas. En otras palabras no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, por ende no se puede realizar la prueba de medias.

Esto se puede deber a que las plantas desde el momento que fueron trasplantadas hasta la fase de la formación de las panojas en campo, lograron establecerse sin ningún problema, debido a que las plantas lograron superar el estrés al momento del trasplante, posteriormente desarrollándose normalmente en campo.

Según Mujica, Izquierdo y Marathee (2001) en sus trabajos de investigación de quinuas recalcan que ocurre dicha fase entre los 65 a los 70 días después de la siembra. Por otra parte Saravia *et al.*, (2014) recalca que el inicio de la fase de panojamiento ocurre de 55 a 60 días. Pero contrariamente Justo (2014) llegó a obtener esta fase en los 85 días después de la siembra, a pesar de que el recalca que dicho resultado es el más precoz en su trabajo de investigación.

6.2.7 Días a la fase de floración

Los días a la fase de floración se registró a partir del día 78 después de la siembra, con esos datos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los tratamientos, como se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza para días a la fase de floración en quinua

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	369,13	9	41,01	0,91	2,4	0,5334	
BLOQUE	238,47	4	59,62	1,33	2,87	0,2942	> 0,05 Acepto Ho No significativo
TRATAMIENTO	130,67	5	26,13	0,58	2,71	0,7136	> 0,05 Acepto Ho
ERROR	898,33	20	44,92				
TOTAL	1267,5	29					

CV = 7,90 %

R² (coef. determ.) = 0,29

Verificando el coeficiente de variabilidad es del 7,9%, siendo menor al 25%, podemos decir que existe fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias en las condiciones ambientales, haciendo que estas no influyeran mucho en los días a la formación de las flores.

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 10), las diferencias estadísticas entre tratamientos no son significativas aceptando la hipótesis nula, por lo tanto podemos decir que con un 95% de confiabilidad que todas las fases de trasplante (incluyendo siembra directa) no influye en los días transcurridos para la fase de floración. En otras palabras al no existir diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos no es necesario hallar la prueba de medias entre tratamientos.

Esto se puede deber a que las plantas desde el momento que fueron trasplantadas hasta la fase de la floración, lograron establecerse en campo sin ningún problema, ya que las plantas lograron superar la etapa del estrés al momento del trasplante, posteriormente desarrollándose normalmente en campo.

Mujica, Izquierdo y Marathee (2001) describen dos etapas en las fases de floración, la primera es el inicio de floración que ocurre de los 75 a 80 días después de la siembra. La otra parte es la floración propiamente dicha que ocurre de 90 a 100 días, cuando ya floreció el 50% de las flores de la panoja principal.

Por otra parte Gómez y Aguilar (2016) en su recopilación de datos tiene un promedio de 77 días para llegar a la fase de floración, pero con un intervalo de 45 a 132 días, dependiendo de la variedad y Justo (2014) sacó un promedio de 111 días para la variedad Jacha Grano.

6.2.8 Días a la fase de formación de grano acuoso

Se tomó los datos de la formación del grano acuoso a partir del día 102 después de la siembra, con esos datos obtenidos se procedió a efectuar el análisis de varianza para los tratamientos, como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza para días a la formación de grano acuoso de quinua

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	996,33	9	110,7	4,74	2,4	0,0018	
BLOQUE	140,47	4	35,12	1,5	2,87	0,2389	Fc<Ft Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	855,87	5	171,17	7,33	2,71	0,0005	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	467,13	20	23,36				
TOTAL	1463,5	29					

CV = 4,28 %

R² (coef. determ.) = 0,68

El coeficiente de variabilidad es del 4,28%, debido a que es menor al 25%, existe fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales

De acuerdo al análisis de varianza del (Cuadro 11), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que al menos unas de las fases de trasplante influye en los días a la formación del grano acuoso. En otras palabras si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que se procedió a efectuar la prueba de medias SNK con la finalidad de determinar los grupos de similitud de medias (Cuadro 12).

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo que las condiciones ambientales no influyeran significativamente en los días a la formación del grano acuoso.

Cuadro 12. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la formación de grano acuoso de quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	120,80	5	2,16	a
T4 (Seis hojas verdaderas)	119,40	5	2,16	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	112,40	5	2,16	b
T2 (Dos hojas verdaderas)	108,20	5	2,16	b
T1 (Fase cotiledonal)	108,20	5	2,16	b
T0 (Siembra directa)	108,20	5	2,16	b
Medias con letra común no son significativamente diferente (p>0,05)				

Realizando la prueba de medias con la Prueba de Rango Múltiple SNK del (Cuadro 12) con un nivel de significancia al $\alpha=0,05$, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas similares en función a la media, siendo el tratamiento de trasplante de ocho hojas verdaderas el que requiere más tiempo para llegar a la fase de formación de grano acuoso con un promedio de 121 días.

Posteriormente vendría el tratamiento de seis hojas verdaderas con 119 días. Con respecto al otro grupo que tiene diferencias estadísticas, ingresaría el tratamiento de cuatro hojas verdaderas con una media de 112 días para su formación, posteriormente destacaría tres tratamientos que contienen la misma media (Dos hojas verdaderas, fase cotiledonal y siembra directa) y además son los que requieren menos tiempo para llegar esta fase con una media de 108 días.

No obstante Gómez y Aguilar (2016) en su recopilación de datos tiene un promedio de 100 días para llegar a la fase de formación de grano acuoso con un intervalo de 61 a 147 días, dependiendo de la variedad. La información sobre esta fase es muy escasa o inexistente debido a que en las evaluaciones no toman en cuenta dicha fase.

Estas diferencias estadísticas que presentaron los tratamientos T₄ (Seis hojas verdaderas) y T₅ (Ocho hojas verdaderas) a comparación de los otros tratamientos, se puede deber a que al llegar hasta la fase de la formación de grano acuoso, las plantas comenzaron a presentar un ahogamiento entre las raíces de las mismas plantas, influenciando directamente en los días para la formación de grano acuoso, tomando más tiempo para su maduración de los granos.

6.2.9 Días a la fase de formación grano lechoso

Los datos de días a formación del grano lechoso, se tomó alrededor del día 102 pero no fue hasta el día 118 en el cuál comenzaron aparecer los primeros granos que llegaron a estado lechoso, con esos respectivos datos se procedió a efectuar el análisis de varianza, como se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Análisis de varianza para días a la formación de grano lechoso

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	632,1	9	70,23	4,94	2,4	0,0014	
BLOQUE	107,8	4	26,95	1,9	2,87	0,1505	> 0,05 Acepto Ho No significativo
TRATAMIENTO	524,3	5	104,86	7,38	2,71	0,0005	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	284,2	20	14,21				
TOTAL	916,3	29					

CV = 3,03 %

R² (coef. determ.) = 0,69

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que las condiciones ambientales no influyeron en el experimento.

De acuerdo al análisis de varianza que se presenta en el (Cuadro 13), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que al menos unas de las fases de trasplante influye en la variable de respuesta días a la formación de grano lechoso. En otras palabras si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, permitiéndonos desarrollar la prueba de medias (Cuadro 14).

El coeficiente de variabilidad es del 3,03% por lo tanto es menor al 25%, existiendo fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales

Cuadro 14. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la formación de grano lechoso

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	130,60	5	1,69	a
T4 (Seis hojas verdaderas)	129,20	5	1,69	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	123,60	5	1,69	b
T1 (Fase cotiledonal)	122,20	5	1,69	b
T0 (Siembra directa)	120,80	5	1,69	b
T2 (Dos hojas verdaderas)	119,40	5	1,69	b
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

Con la prueba de medias de rango múltiple SNK del (cuadro 14) con un nivel de significancia del $\alpha=0.05$, se logró identificar dos grupos con diferencias estadísticas en función a la media. En el primer grupo el tratamiento de trasplante de ocho hojas verdaderas es el que requiere más tiempo para llegar a la fase de formación de grano lechoso con un promedio de 131 días.

Posteriormente vendría el tratamiento de seis hojas verdaderas con 129 días en promedio. Con respecto al otro grupo el tratamiento que requiere menos tiempo para llegar a la formación de grano lechoso es el tratamiento de dos hojas verdaderas con 119 días después la siembra, luego vendría la siembra directa con 121 días, seguido de la fase cotiledonal con 122 días y finalmente el tratamiento de cuatro hojas verdaderas con 124 días en promedio para la formación de grano lechoso.

Muchos autores describen la fase de formación del grano lechoso que ocurre desde los 100 días hasta los 130 días después de la siembra (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Saravia et al., 2014). Los resultados encontrados se encuentran en el rango reportado por investigadores. Por otra parte Gómez y Aguilar (2016) toman en cuenta esta fase de formación de grano lechoso

entre los 114 días en promedio con una variación de 70 a 164 días, mismos que entra en el rango reportado.

Al igual que la anterior variable de grano acuoso, estas diferencias estadísticas que presentaron los tratamientos T₄ (Seis hojas verdaderas) y T₅ (Ocho hojas verdaderas), se puede deber al ahogamiento de las raíces de las plantas, retardando en el desarrollo normal de la planta, que se comenzó a presentar desde la fase de la formación de grano acuoso, tomando más tiempo para su maduración de los granos lechosos.

6.2.10 Días a la fase de formación de grano pastoso

Para la formación de grano pastoso se tomó en cuenta los datos más o menos a los 132 días después de la siembra, con estos datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos, como se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de varianza de días para la formación de grano pastoso

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	271,13	9	30,13	6,36	2,4	0,0003	
BLOQUE	22,87	4	5,72	1,21	2,87	0,3388	Fc<Ft Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	248,27	5	49,65	10,48	2,71	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	94,73	20	4,74				
TOTAL	365,87	29					

$$CV = 1,61 \%$$

$$R^2 \text{ (coef. determ.)} = 0,74$$

Al analizar el coeficiente de variabilidad del análisis de varianza es del 1,61% por lo tanto es menor al 25%, existiendo fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en los días para la formación del grano pastoso.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 15), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que al menos unas de las fases de trasplante influye en la variable de respuesta días a la formación de grano pastoso. En otras palabras si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos. Considerando esto, se procedió a efectuar la prueba de medias SNK con la finalidad de determinar más detalladamente que tratamientos presentan dichas diferencias estadísticas como se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de medias SNK al 5% de significancia de días para la formación de grano pastoso de quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	139,00	5	0,97	a
T4 (Seis hojas verdaderas)	139,00	5	0,97	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	134,80	5	0,97	b
T0 (Siembra directa)	134,80	5	0,97	b
T2 (Dos hojas verdaderas)	132,00	5	0,97	b
T1 (Fase cotiledonal)	132,00	5	0,97	b
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

Realizando la prueba de medias con la prueba de rango múltiple SNK del (cuadro 16) con un nivel de significancia del $\alpha=0.05$, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas en función a la media. En el primer grupo el tratamiento de trasplante de ocho hojas verdaderas fue el que requería más tiempo para llegar a la fase de formación de grano pastoso con un promedio de 139

días igualmente que el tratamiento de seis hojas verdaderas. Respecto al otro grupo el tratamiento que requiere menos tiempo para llegar a la formación de grano pastoso es el tratamiento de dos hojas verdaderas con 132 días después de la siembra al igual que la fase cotiledonal. Seguidos de las cuatro hojas verdaderas y la siembra directa con 135 días después de la siembra.

Efectivamente muchos autores describen la fase de formación del grano pastoso que ocurre desde los 130 días hasta los 160 días después de la siembra (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Saravia et al., 2014). Por lo cual los resultados entraron tranquilamente en estos parámetros. Por otra parte Gómez y Aguilar (2016) toman en cuenta en promedio esta fase de formación de grano lechoso en 136 días con una variación de 83 a 190 días dependiendo de la variedad, por lo cual entra tranquilamente en también en dicho parámetro.

Como en las anteriores variables de respuestas del grano acuoso y lechoso, estas diferencias estadísticas que presentaron los tratamientos T₄ (Seis hojas verdaderas) y T₅ (Ocho hojas verdaderas), se puede deber al ahogamiento entre las mismas raíces de las plantas, influenciando y retardando el desarrollo normal de las plantas, que se comenzó a presentar desde la fase de la formación de grano acuoso, tomando más tiempo para su maduración de los granos pastosos.

6.2.11 Días a la madurez fisiológica

Los días a la madurez fisiológica fueron determinados con el tiempo acumulativo, desde la siembra hasta la cosecha por tratamientos. Con los datos obtenidos se procedió a efectuar el respectivo análisis de varianza para los diferentes tratamientos, como se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica de la quinua

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	1983,2	9	220,35	18,43	2,4	<0,0001	
BLOQUE	50,47	4	12,62	1,06	2,87	0,4042	> 0,05 Acepto Ho No significativo
TRATAMIENTO	1932,7	5	386,54	32,33	2,71	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	239,13	20	11,96				
TOTAL	2222,3	29					

CV = 2,14 %

R² (coef. determ.) = 0,89

El coeficiente de variabilidad de días a la madurez fisiológica es del 2,14%, debido a que es menor al 25%, existe fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en los días para la madurez fisiológica de las plantas.

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 17), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que al menos unas de las fases de trasplante influye en la variable de respuesta días a la madurez fisiológica. En otras palabras si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, para ello se procedió a efectuar la prueba de medias SNK con la finalidad de determinar con más detalle que tratamientos presentan diferencias estadísticas similares como se muestra en el (cuadro 18)

Cuadro 18. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para días a la madurez fisiológica de la quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	170,80	5	1,55	a
T4 (Seis hojas verdaderas)	169,60	5	1,55	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	167,20	5	1,55	a
T0 (Siembra directa)	154,80	5	1,55	b
T1 (Fase cotiledonal)	153,80	5	1,55	b
T2 (Dos hojas verdaderas)	151,60	5	1,55	b
Medias con letra común no son significativamente diferente (p>0,05)				

Realizando la prueba de medias con la prueba de rango múltiple SNK del (Cuadro 18) con un nivel de significancia del $\alpha=0,05$, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas en función a la media. El primer grupo consta de los últimos tres tratamientos, dicho caso el tratamiento de ocho hojas verdaderas, seis hojas verdaderas y cuatro hojas verdaderas, siendo el tratamiento de trasplante de ocho hojas verdaderas el que requiere más tiempo para llegar a la madurez fisiológica con un promedio de 171 días, posteriormente el de seis hojas verdaderas con 170 y 167 días el de cuatro hojas verdaderas. Respecto al otro grupo consta de los primeros dos grupos de trasplante y la siembra directa, siendo el tratamiento de dos hojas verdaderas el que requiere menos tiempo para llegar a la madurez fisiológica con un promedio de 152 días después de la siembra. Consecuentemente la fase cotiledonal con 154 días y la siembra directa con 155 días.

En efecto muchos autores describen la fase de la madurez fisiológica como la etapa en la que culmina el ciclo vegetativo de la planta, siendo de 160 a 180 días después de la siembra (Mujica, Izquierdo y Marathee, 2001; Saravia et al., 2014).

Por otra parte el trabajo de tesis de Justo (2014) obtuvo la variedad Jacha Grano en un promedio de 156 días después de la siembra, con una diferencia de dos días de la siembra directa del trabajo. Al igual que otros trabajos de los tesistas que obtuvieron en 156 días (Apaza, 2016).

De igual forma que las anteriores variables de respuesta de grano acuoso, lechoso y pastoso, estas diferencias estadísticas que se presentaron, se debe al ahogamiento de las raíces de las plantas, además de presentarse en los tratamientos T₄ (Seis hojas verdaderas) y T₅ (Ocho hojas verdaderas), se presentó también en el T₃ (Cuatro hojas verdaderas), dándonos a entender de que a medida que las plantas se van desarrollando, las raíces se van ahogando, afectando en el desarrollo de las posteriores fases fisiológicas de las plantas, tal y como ocurrió en las fases de formación de grano acuoso, lechoso y pastoso.

6.2.12 Rendimiento

Se obtuvo dos rendimientos uno en función de la parcela útil que cubrió un área de 2m² y de las plantas individuales que se tomó de cinco muestras representativas dentro las parcelas útiles de cada unidad experimental, como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Comparación de prueba de medias SNK al 5% de nivel de significancia para el rendimiento de las parcelas útiles y las plantas individuales de la quinua

Rendimiento por Parcela Útil (kg/ha)			Rendimiento por Planta Individual (kg/ha)		
Tratamientos	Media			Media	Tratamientos
T0	4043,18	A	A	5386,80	T0
T3	3554,87	A B	A	5163,57	T2
T2	3003,74	A B C	B A	4610,43	T3
T1	2994,25	A B C	B A	3967,16	T4
T4	2580,30	B C	B A	3950,23	T1
T5	2088,25	C	B	3001,44	T5
CV	20,51			24,91	CV
P-valor (trat)	0,013			0,023	P-valor (trat)
E.E.	279,25			484,25	E.E.

Con respecto al coeficiente de variabilidad de ambos casos tanto de la parcela útil y de las plantas individuales indicaron valores menores al 25%. Por lo tanto nos indica que se hizo un buen manejo de las unidades experimentales.

También las diferencias entre tratamientos no son significativas por lo cual se acepta la hipótesis nula, eso quiere decir que algunas de las fases de trasplante no influye directamente en el rendimiento en base a la parcela útil como también en base a las plantas individuales con un 95% de confiabilidad.

Realizando la prueba de medias para el rendimiento de las parcelas útiles, usando el rango de pruebas múltiples SNK del (Cuadro 19) con un nivel de significancia $\alpha=0,05$, se identificó tres grupos con diferencias estadísticas en función a la media. Siendo el grupo con el mayor rendimiento el T0 (testigo) de siembra directa con 4043,18 kg/ha, luego vendría el segundo grupo que constituye los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Finalmente vendría el último grupo con el T5 (ocho hojas verdaderas) con el menor rendimiento de todos los tratamientos con 2088,25 kg/ha en promedio.

En cambio la prueba de medias para las plantas individuales con la prueba de rango múltiple SNK del (Cuadro 19) a un nivel de significancia del $\alpha=0,05$, se identificó tres grupos principales con respecto a la media, el primer grupo consta del T0 y T2, siendo el tratamiento con un mayor rendimiento el tratamiento T0 (siembra directa) con una media de 5386,80 kg/ha. En el segundo grupo entran los T3, T4 y T1 con 4610,43 kg/ha, 3967,16 kg/ha y 3950,23 kg/ha respectivamente. Finalmente vendría el tratamiento de T5 (ocho hojas verdaderas) con 3001.44 kg/ha en promedio, siendo el que tiene el más bajo rendimiento de entre todos los valores, coincidiendo con la prueba de medias de la parcela útil.

Tambo (2014) obtuvo 4008 kg/ha en Kiphakiphani y Apaza (2016) consiguió 1312 kg/ha en Ayo-Ayo y Condori (2014) obtuvo valores de 4098 kg/ha con humus de lombriz, 3304 kg/ha con compost y 2375 kg/ha con guano de ovino.

Bonifacio *et al.*, (2012) obtuvieron valores de 1600 a 2000 kg/ha para valores experimentales en Jacha Grano. Estos buenos rendimientos que se obtuvo en el trabajo de investigación, también se deben a los buenos manejos y anticipos de riegos de forma gravitacional o superficial con bidones de cinco litros, especialmente en las etapas de establecimiento, floración y el cuajado. Utilizando un estimado de 600 litros en 174 m², al mes en dichas fases.

La información o trabajos sobre el número de plantas por unidad de superficie es poca, Gómez y Aguilar (2016) recomiendan tener unas 50 plantas por metro lineal, caso que no se da con los trasplantes ya que existen generalmente de 24 a 30 plantas por metro lineal

6.2.13 Índice de cosecha por unidad experimental

En el (Cuadro 20), se puede observar el análisis de varianza realizado para el índice de cosecha de las parcelas útiles.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el índice de cosecha en quinua de las parcelas útiles

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	0,01	9	9,1 x 10 ⁻⁴	0,63	2,4	0,7572	
BLOQUE	0,01	4	1,3 x 10 ⁻³	0,89	2,87	0,4907	Fc<Ft Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	3,1 x 10 ⁻³	5	6,2 x 10 ⁻⁴	0,43	2,71	0,8231	> 0,05 Acepto Ho
ERROR	0,03	20	1,4 x 10 ⁻³				
TOTAL	0,04	29					

CV = 8,26 %

R² (coef. determ.) = 0,22

El coeficiente de variabilidad del índice de cosecha es del 8,26%, debido a que es menor al 25%, existe fiabilidad de los datos tomados en campo con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en el índice de cosecha.

De acuerdo al análisis de varianza del índice de cosecha de las parcelas útiles del (Cuadro 20), las diferencias entre tratamientos no son significativas por lo cual se acepta la hipótesis nula. Eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad, podemos decir que las fases de trasplantes no influyen directamente en la variable de índice de cosecha de las parcelas útiles. En otras palabras no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos y no se puede realizar la prueba de medias, debido a que no presenta diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. Eso quiere decir que el ahogamiento de las raíces no influye directamente en la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total del vástago de la planta.

Efectivamente algunos trabajos de tesina Apaza (2016) obtuvo en promedio 0,48 de índice de cosecha en sus pruebas Duncan, al igual que otros trabajos de investigación como Justo (2014) obtuvo una media de 0,44 de índice de cosecha, valores que no se alejan demasiado del trabajo de investigación realizado. Por otra parte Mamani (2007) si no se hubiera realizado un buen riego con permanentes estreses hídricos en las plantas, estos hubieran presentado un índice de cosecha de 0,36. Caso contrario a lo obtenido en el trabajo de investigación con 0,46.

6.2.14 Tamaño de grano grande expresado en peso

En el Cuadro 21, se observa el análisis de varianza con datos transformados, para el porcentaje de tamaño de granos grandes con un diámetro entre 1,7 a 2 mm de las parcelas útiles.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de granos grandes (transformación angular o arcoseno)

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	0,45	9	0,05	85,98	2,4	<0,0001	
BLOQUE	$1,8 \times 10^{-3}$	4	$4,5 \times 10^{-4}$	0,78	2,87	0,5513	> 0,05 Acepto Ho No significativo
TRATAMIENTO	0,44	5	0,09	154,1	2,71	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	0,01	20	$5,8 \times 10^{-4}$				
TOTAL	0,46	29					

CV = 5,72 %

R^2 (coef. determ.) = 0,97

Transformando los datos se redujo el coeficiente de variabilidad a 5,72%. Siendo este menor al 8%, existe fiabilidad en los datos tomados en laboratorio con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en el tamaño de granos grandes.

De acuerdo al análisis de varianza con datos transformados (Cuadro 21), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula, eso quiere decir que con un 95% de confiabilidad podemos decir que al menos unas de las fases de trasplante influyen en la variable del porcentaje de tamaño grande de grano. Existiendo las diferencias estadísticas en el porcentaje de tamaño de grano grande, se procedió a efectuar la prueba de

medias de rango múltiples SNK con la finalidad de determinar la similitud entre medias (Cuadro 22)

Cuadro 22. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para el porcentaje de granos grandes de quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T0 (Siembra directa)	23,08	5	0,01	a
T1 (Fase cotiledonal)	6,52	5	0,01	b
T2 (Dos hojas verdaderas)	6,10	5	0,01	b c
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	5,20	5	0,01	c
T4 (Seis hojas verdaderas)	3,70	5	0,01	d
T5 (Ocho hojas verdaderas)	2,38	5	0,01	e
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

Efectuando la prueba de medias SNK del cuadro 22 con un nivel de significancia al $\alpha=0,05$, se identificó cinco grupos con diferencias estadísticas en función a la media. Siendo el grupo con mayor promedio de granos grandes el tratamiento testigo de siembra directa con 23,08 g, luego el segundo grupo con los tratamientos de la fase cotiledonal y dos hojas verdaderas con 6,52 g y 6,10 g respectivamente. El tercer grupo consta de del tratamiento de dos hojas verdaderas y el de cuatro hojas verdaderas con un promedio de 6,10 y 5,20 g respectivamente. El penultimo grupo solamente consta del tratamiento de seis hojas verdaderas con un promedio de 3,70 g. Finalmente vendria el último grupo de ocho hojas verdaderas con un promedio de 2,38 g, siendo el peor tratamiento con respecto a calidad de grano grande.

Por otra parte algunos trabajos de tesina Apaza (2016) obtuvo 9,33 g en promedio de granos grandes en sus pruebas, sin embargo Justo (2014) obtuvo 64,92 g que es un valor que se aleja demasiado de los anteriores casos, No obstante otro trabajo de tesina efectuó diferentes

situaciones de estrés hídrico en diferentes etapas de las plantas, siendo así que si existe estrés hídrico en las etapas de prefloración hasta la floración, los granos van a presentar mayor diámetro de 82 a 83 g. Por otro lado si existe un estrés hídrico permanente o en las fases de la formación de grano estos llegan a reducirse de 75 a 31 g (Mamani, 2007).

Estas variaciones estadísticas entre los tratamientos se puede deber al ahogamiento de las raíces de las plantas, que provocaron variaciones entre los tratamientos desde la fase de la formación de los granos acuoso hasta la madurez fisiológica, de igual forma puede ser que esta variación en la fisiología de las plantas pueda llegar a afectar a un nivel hormonal, provocando variaciones en el tiempo para su maduración de las plantas y su calidad de grano.

6.2.15 Tamaño de grano mediano expresado en peso

En el Cuadro 23, se observa el análisis de varianza con datos transformados, realizado para el porcentaje de grano mediano con un diámetro entre 1,4 a 1,7 mm según las diferentes fases de trasplantes a campo de las parcelas útiles.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de granos medianos de quinua (transformación angular o arcoseno)

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	$4,5 \times 10^{-4}$	9	5×10^{-5}	50,43	2,4	<0,0001	
BLOQUE	$4,6 \times 10^{-6}$	4	$1,1 \times 10^{-6}$	1,16	2,87	0,3597	Fc<Ft Acept Ho No significativo
TRATAMIENTO	$4,5 \times 10^{-4}$	5	$8,9 \times 10^{-5}$	89,85	2,71	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	2×10^{-5}	20	$9,9 \times 10^{-7}$				
TOTAL	$4,7 \times 10^{-4}$	29					

CV = 0,92%

R² (coef. determ.) = 0,96

Al transformar los datos con la transformación arcoseno, el coeficiente de variabilidad se redujo al 0,92%. Siendo este menor al 8%, existe fiabilidad en los datos tomados en laboratorio con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en la proporción de granos medianos, presentes en las muestras.

De acuerdo al análisis de varianza con los datos transformados del (Cuadro 23), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula con un 95% de confiabilidad. Siendo que al menos unas de las fases de trasplante influyen en la variable del porcentaje de tamaño mediano de grano. Existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos, se procedió a efectuar la prueba de medias de rango múltiples SNK con la finalidad de determinar la similitud entre medias (Cuadro 24).

Cuadro 24. Prueba de medias SNK al 5% de significancia para el porcentaje de granos medianos

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T4 (Seis hojas verdaderas)	88,50	5	0,7	a
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	87,50	5	0,7	a
T5 (Ocho hojas verdaderas)	86,88	5	0,7	a
T1 (Fase cotiledonal)	86,76	5	0,7	a
T2 (Dos hojas verdaderas)	86,08	5	0,7	a
T0 (Siembra directa)	72,46	5	0,7	b
Medias con letra común no son significativamente diferente (p>0,05)				

Realizando la prueba de medias con la prueba de rango múltiple SNK del Cuadro 24 con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas en función a la media. Siendo el tratamiento con menor cantidad de granos medianos el tratamiento testigo o siembra directa con 72,46 g en promedio. Por el contrario en el otro grupo con mayor promedio de granos medianos estaría de 86,08 g a 88,5 g en promedio. Primero vendría el tratamiento de seis hojas verdaderas con 88,5 g en promedio, luego vendría el de cuatro hojas verdaderas con 87,5 g, consiguientemente el tratamiento de ocho hojas verdaderas con 86,88 g, consecuentemente el de fase cotiledonal con una media de 86,76 g y finalmente el tratamiento de dos hojas verdaderas con 86,08 g en promedio.

Por otra parte algunos trabajos de tesina Apaza (2016) obtuvo 83,47 g en promedio de granos medianos en sus pruebas, sin embargo Justo (2014) obtuvo 32,81 g que es un valor que se aleja demasiado de los anteriores casos, No obstante trabajos de productores en el Altiplano con trasplante recalcaron una reducción del tamaño de los granos en las fases fenológicas posteriores a las ocho hojas verdaderas teniendo correlación con el trabajo realizado (Vargas, 2013).

La menor cantidad de semillas de grano mediano que presentó el T₀ (siembra directa) se debe a que este tratamiento, presentó una mayor cantidad de estas semillas en la primera categoría que era la de grano grande, siendo evidentemente que en las posteriores categorías de grano disminuya en su cantidad.

6.2.16 Tamaño de grano pequeño expresado en peso

En el Cuadro 28, se observa el análisis de varianza con datos transformados, realizado para el porcentaje de tamaño de grano pequeño con un diámetro menor a 1,4 mm, según las diferentes fases de trasplantes a campo de las parcelas útiles.

Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de granos pequeños (transformación angular o arco seno)

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft	P-valor	
MODELO	0,07	9	0,01	12,5	2,4	<0,0001	
BLOQUE	$4,6 \times 10^{-3}$	4	$1,1 \times 10^{-3}$	1,95	2,87	0,1418	> 0,05 Acepto Ho No significativo
TRATAMIENTO	0,06	5	0,01	20,95	2,71	<0,0001	< 0,05 Rechazo Ho
ERROR	0,01	20	$5,9 \times 10^{-4}$				
TOTAL	0,08	29					

$$CV = 6,57 \%$$

$$R^2 \text{ (coef. determ.)} = 0,85$$

Al transformar los datos mediante la transformación angular, el coeficiente de variabilidad se redujo al 6,57%. Siendo este menor al 8%, existe fiabilidad en los datos tomados en laboratorio con un buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas lo cual indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, haciendo énfasis que las características meteorológicas y del suelo no influyeron en la proporción de granos pequeños, presentes en las muestras.

De acuerdo al análisis de varianza de los datos transformados del (Cuadro 25), las diferencias entre tratamientos son altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula con un 95% de confiabilidad, siendo que al menos unas de las fases de trasplante influyen en la variable del porcentaje de tamaño pequeño de grano. Existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Por ello se procedió a efectuar la prueba de medias de rango múltiples SNK con la finalidad de determinar la similitud entre medias (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba de medias SNK al 5% de significancia del porcentaje de granos pequeños de quinua

Test de SNK (0,05)				
TRATAMIENTOS	Media	n	E.E.	
T5 (Ocho hojas verdaderas)	10,74	5	0,55	a
T2 (Dos hojas verdaderas)	7,82	5	0,55	b
T4 (Seis hojas verdaderas)	7,80	5	0,55	b
T3 (Cuatro hojas verdaderas)	7,30	5	0,55	b
T1 (Fase cotiledonal)	6,72	5	0,55	b
T0 (Siembra directa)	4,46	5	0,55	c
Medias con letra común no son significativamente diferente ($p>0,05$)				

Realizando la prueba de medias con la prueba de rango múltiple SNK del cuadro 26 con un nivel de significancia $\alpha=0,05$, se identificó tres grupos con diferencias estadísticas en función a la media. Siendo el grupo con mayor promedio de granos pequeños el tratamiento de ocho hojas verdaderas con una media de 10,74 g, luego vendría el segundo grupo que consta desde el tratamiento del trasplante de hojas verdaderas, seis hojas, cuatro hojas y la fase cotiledonal con un promedio de 7,82 g, 7,80 g, 7,30 y 6,72 g respectivamente. Finalmente vendría el tratamiento testigo de siembra directa, el cuál es el que presenta la menor cantidad de granos de mala calidad o menor tamaño con una media de 4,46 g. Estas variaciones se puede deber a las alteraciones que se presentaron en el desarrollo de la planta por el ahogamiento de las raíces que se presentaron desde las fases de formación de grano acuoso, pudiendo afectar en la calidad de grano.

Por otra parte algunos autores como Apaza (2016) obtuvo una media 7,2 g de granos pequeños en sus pruebas Duncan, igualmente Justo (2014) consiguió un promedio de 2,27 g, siendo valores relativamente bajos. Por último Mamani (2007) concluyó que en la mayor parte de sus tratamientos de la categoría de granos pequeños eran menos del 10%, siendo una cifra casi insignificativa en muchos casos de sus unidades experimentales.

6.2.17 Peso hectolítrico de los granos

En el Cuadro 27, se observa el análisis de varianza realizado para el peso hectolítrico de las distintas categorías o calidad de semillas de las parcelas útiles.

Cuadro 27. Análisis de varianza y la prueba de medias SNK al 5% de nivel de significancia para el peso hectolítrico de las parcelas útiles

Tratamientos	P.H. Gr. Grande (g)	P.H. Gr Mediano (g)	P.H. Gr. Pequeño (g)
T3	71,46	71,00	71,30
T0	71,20	71,40	70,94
T4	71,00	70,60	71,14
T5	70,76	71,20	70,80
T1	70,60	71,60	70,94
T2	70,58	70,20	70,62
E.E.	0,28	0,45	0,43
C.V.	0,88	1,43	1,36
P-valor	0,20	0,29	0,90
Media	70,93	71,00	70,96

El coeficiente de variabilidad, de los diferentes pesos hectolitricos de cada categoría de tamaños de granos presentaron valores menores al 8%, existiendo fiabilidad de los datos tomados en el laboratorio con un buen manejo de las unidades experimentales.

De acuerdo al análisis de varianza Cuadro 27, las diferencias estadísticas entre tratamientos de cada una de las categorías de los granos, al ser el p-valor mayor a 0,05 para cada uno de los diferentes tamaños de granos. Son valores no significativos por lo cual se acepta la hipótesis nula con un 95% de confiabilidad. Afirmando que todas las fases de trasplantes no influye directamente en la variable del peso hectolitrico de las diferentes calidades de granos, siendo similares estadísticamente entre los tratamientos.

Al ser no significativo, solo se identificó un grupo de medias. Siendo la media del peso hectolitrico de los granos grandes de 70,93 g, 71 g para los granos medianos y 70,96 g en los granos pequeños.

Sin embargo el trabajo de tesis de Apaza (2016) en la variedad Jacha obtuvo una media de 74,21 g con respecto al peso hectolitirico, por otra parte otro trabajo de tesina obtuvo una media de 67,78 g del peso hectolitrico en la variedad Jacha Grano (Tambo, 2014). Por lo tanto debido a que el trabajo de tesis obtuvo una media de 70,96 g en todas las categorías de tamaño de grano estos entra en los parámetros de los demás trabajos de tesis.

6.2.18 Morfología de las plantas

Para examinar la morfología de las plantas de quinua, se hizo un análisis específico de la forma de los órganos de las muestras. En este caso se presentó una alteración de la morfología de las raíces y las ramificaciones de las inflorescencias.



Figura 18. Morfología de la parte aérea de los tratamientos

Se observó una alteración de la forma de las ramificaciones de la panoja en los dos últimos tratamientos, del (T4) de seis hojas verdaderas y el (T5) de ocho hojas verdaderas, de los cuales tenían una forma de umbela con muchas ramificaciones, imposibilitando saber cuál era el tallo principal.

Una explicación se puede deber a que la planta se ramificó de esta manera para poder abarcar más superficie para obtener mayor iluminación lo que explicaría el porqué de estos últimos tratamientos, se halló un gran porcentaje de granos pequeños verdes, debido a que no llegaron a

madurar a tiempo. Otros factores también se pueden deber al daño en los meristemos apicales o alguna alteración de la hormona auxina en la planta por el estrés de en las raíces.



Primeros cuatro trat T0, T1, T2 y T3

T4 (seis hojas) y T5 (ocho hojas)

Figura 19. Detalle de las ramificaciones de los tratamientos

En cuanto a la morfología de las raíces, el (T0) siembra directa, (T1) fase cotiledonal y (T2) dos hojas verdaderas, presentaron un desarrollo normal de su raíz. Por otra parte los trasplantes (T3) cuatro hojas verdaderas, (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas, presentaron un enrollamiento de las raíces a una altura de 6,5 a 7 cm de profundidad a partir del cuello de la planta, debiéndose a que era la profundidad de los alveolos de las bandejas



Desarrollo normal de la raíz



Enrollamiento de la raíz principal

Figura 20. Morfología de la parte terrestre (raíces)

Al examinar el desarrollo de las plantas de los tratamientos iniciales, se observó un crecimiento de las raíces en sentido vertical hasta una profundidad de 30 a 45 cm, donde las raíces comenzaron a desviarse hacia los costados, debido a que dicha profundidad la tierra se encontraba compactada. Al contrario de los últimos trasplantes que se encontraban enrolladas a una profundidad de 6,5 a 7 cm de profundidad.



Figura 21. Comportamiento de las raíces a mayor profundidad

También se pudo evidenciar que en muchos de los trasplantes no se llegó a formar la raíz principal, debido al daño en la raíz principal al momento de trasplantar a campo, existiendo muchas raíces secundarias.



Figura 22. Variación en el desarrollo de la raíz principal

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

De los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se efectuó el estudio, se establece las siguientes conclusiones:

De las variables de respuesta evaluadas los que presentaron diferencias significativas entre tratamientos fueron: porcentaje de prendimiento (%), altura de planta (cm), rendimiento (kg/ha), calibración de grano por tamaño en porcentaje (grande, mediano y pequeño) y días a la formación de grano acuoso hasta la madurez fisiológica (días).

La tasa de emergencia en bandejas al tercer día de siembra fue relativamente alta, siendo de un 94% y al momento de llegar al trasplante se redujo a un 82,67%, con una baja pérdida del 11,3%.

En cuanto al porcentaje de prendimiento, se identificó dos grupos con diferencias estadísticas. Los trasplantes obtuvieron una tasa de supervivencia del 99,5% al 93,5%, por el contrario el tratamiento testigo (T0) de siembra en surcos, obtuvo una baja tasa de supervivencia con un 79,5%, debido al ataque de pájaros.

Por otro lado para la altura de plantas el tratamiento testigo (T0), fue el que alcanzó una mayor altura con 91,48 cm de alto, seguido del (T2) dos hojas verdaderas y el (T1) fase cotiledonal con 89,37 y 87,8 cm respectivamente. Finalmente las plantas más bajas serían el (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas con 59,42 cm de alto

Para los días para la formación de grano acuoso, lechoso, pastoso y madurez fisiológica, los tratamientos que requieren más tiempo para llegar a dichas fases son el (T5) ocho hojas verdaderas con 121 días para acuoso, 131 días para lechoso, 139 días para pastoso, 171 días para

madurez fisiológica, y el (T4) seis hojas verdaderas con 119 días para acuoso, 129 días para lechoso, 139 días para pastoso y 170 días para madurez fisiológica.

Consiguientemente para la calidad de grano grande, mediano y pequeño expresado en peso, el tratamiento que obtuvo una mejor calidad fue el tratamiento testigo (T0) siembra directa ya que obtuvo en grano grande 23,08 g, en mediano 72,46 g y en pequeño 4,46 g. Finalmente el tratamiento que obtuvo la peor calidad de grano fue el (T5) ocho hojas verdaderas con 2,38 g en grano grande, 86,88 g en grano mediano y 10,74 en grano pequeño.

En cuanto al rendimiento el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el testigo (T0) siembra directa con 4043,18 kg/ha en función a la parcela útil, al contrario del (T5) ocho hojas verdaderas que obtuvo el menor rendimiento con 2088,25 kg/ha en promedio tanto en parcela útil como plantas individuales

Finalmente con respecto a la morfología de las plantas el (T4) seis hojas verdaderas y el (T5) ocho hojas verdaderas, presentaron una deformación en la forma de la panoja, presentando muchas ramificaciones, siendo difícil identificar el tallo principal. Al igual que los tratamientos (T3) cuatro hojas verdaderas, (T4) seis hojas verdaderas y (T5) ocho hojas verdaderas presentaron un enrollamiento de las raíces a una altura de 7 cm de profundidad.

7.2 Recomendaciones

En cuestión al procedimiento del manejo de las labores culturales y aspectos técnicos se recomienda:

- Tomar los datos respectivos de los cultivos una semana antes de lo previsto, debido a que no siempre se presenta las características con homogeneidad en una muestra o unidad experimental, para ello es recomendable tomar en cuenta el dato siempre y cuando este sea en un 80%.
- Es recomendable regar posteriormente de haber trasplantado, debido a que al momento de trasplantar las plantas sufren un estrés por lo cual el agua ayuda a recuperarse a la planta mediante la hidratación y la facilitación de la absorción de los nutrientes.
- También es recomendable tener una alta proporción de turba a comparación de la tierra en el sustrato de las bandejas, debido a que proporciona un mejor movilización de las bandejas, ya que un exceso de peso provoca que las bandejas se rompan e impidan su reutilización, además que la turba retiene el agua en el sustrato y al momento de trasplantar permite una mejor supervivencia de las plántulas en campo.
- Es recomendable cosechar cuando el ambiente no presente una alta humedad relativa y en caso de que las panojas se encuentren húmedas, se debe dejar secar las plantas en el sol, teniendo cuidado del ataque de pájaros.

De los resultados y conclusiones obtenidas, bajo las condiciones en las que se efectuó en el estudio, se recomienda:

- Es recomendable sembrar directamente que trasplantar si se busca producir con motivos comerciales, al igual que se debe buscar la reducción de la mortalidad en las fases de emergencia, cotiledones y dos hojas verdaderas ya que esta tiene una mortalidad del 20% debido al ataque de pájaros y la marchitez a la emergencia o pudrición del tallo de la plántula (Damping off)
- Pero para solventar estas pérdidas de la siembra directa debido a estos factores adversos, se puede utilizar el trasplante de plantas en campo hasta la fase de dos hojas verdaderas, como máximo hasta cuatro hojas verdaderas ya que si pasa el tiempo a las siguientes fases no se obtendrán buenos resultados.
- Se recomienda hacer estudios profundos en el estudio del comportamiento de las plantas con el estrés o daños en ciertos órganos de la misma ya que no tenía que haber influenciado el daño en las raíces para cambiar la morfología de las plantas en la parte aérea de la misma.

8 BIBLIOGRAFIA

Angiosperm Phylogeny Group (APG). (1998). *An ordinal classification for the families of flowering plants*. Annals of the Missouri Botanical Garden. vol 85, num 4, p. 531-553.

Apaza, B. (2016). *Comportamiento agronómico de nueve líneas avanzadas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), en la comunidad Sullcavi - Junotoque, municipio de Ayo Ayo provincia Aroma*. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 47-77 p.

Apaza, V. Estrada, R. & A. Altamirano,. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. INIA. 2009.

Aroni, JC. (2005). Fascículo 3 – *Siembra del cultivo de quinua*. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: Módulo 2. *Manejo agronómico de la Quinua Orgánica*. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 45-52.

Ayala, C. (1977). *Efecto de localidades en el contenido de proteínas en quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú. 97 p.

Bejan, A. y J. Peder. (2012). *Design in Nature: How the Constructal Law Governs Evolution in Biology, Physics, Technology, and Social Organizations*.

Biodiversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. (2014). *Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua*. Capítulo 1. IN: BAZILE D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 76.

Bonifacio, A., A. Vargas y G. Aroni. (2003). *Cartilla de quinua “Variedad quinua jacha grano”*, N°6: 1-4 p.

Bonifacio, A., W. Rojas, R. Saravia, G. Aroni y A. Gandarillas. (2006). *PROINPA consolida un programa de mejoramiento genético y difusión de semilla de quinua*. Informe Compendio 2005-2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 65-70.

Bonifacio, A., Aroni, G. y M. Villca, (2012). *Catálogo Etnobotánico de la Quinua Real*. Cochabamba. PROINPA.

Canahua, A. y Mujica, A. (1989). *Fenología de cultivos andinos y uso de la información meteorológica*. Puno Perú. 23-26 p.

Cardenas, M. (1944). *Descripción preliminar de las variedades de Chenopodium quinoa de Bolivia*. *Revista de Agricultura*. Universidad Mayor San Simón de Cochabamba-Bolivia.

Cárdenas, R. (2017). *Caracterización molecular de 129 accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de la región puno mediante marcadores microsatélites*. Tesis de grado de Licenciatura en Genética y Biotecnología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.

Carrillo, A. (1992). *Anatomía de la semilla de Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae (Chenopodiaceae) Huauzontle*. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México. 87 p.

Condori, I. (2014). *Efecto de tres enmiendas orgánicas sobre el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en la UAC – Tihuanaco*. Tesis de grado de Licenciatura. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”. La Paz. Bolivia.

Del Castillo, C., Bosque, H. y Bonifacio A. (Coord. Ed.), (2013). *Manual Técnico Producción de la Quinoa en el Altiplano Boliviano. Documento técnico final en conmemoración al Año Internacional de la Quinoa*. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia, 82 p.

Dizes, J. y A. Bonifacio. (1992). *Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinoa (Chenopodium quinoa W.) y de la cañahua (Chenopodium pallidicaule A.) en relación con la resistencia a la sequía*. In: D. Morales y J. Vacher (eds.). *Actas del VII*.

Espíndola, G. y A. Bonifacio. (1996). *Catálogo de variedades mejoradas de quinoa y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada*. Publicación conjunta IBTA/DNS: Boletín No. 2, La Paz, Bolivia. 76 p.

FAO/RLC (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe). (2011). *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/326239/>

Fernandez, J. (1992). *Guía de Germoplasma de pastos nativos Andinos*. Programa Interinstitucional de Waru Waru Convenio PELT/NADE-IC/COTESU, impreso en producciones CIMA. La Paz-Bolivia. pp 60-63.

Gallardo M., González J.A. y Ponessa G. (1997). *Morfología del fruto y semilla de Chenopodium quinoa Willd. ("quinoa") Chenopodiaceae*. Lilloa 39 (1): 71 - 80.

Gandarillas, H. (1979). Genética y origen. In: M. Tapia (ed). *Quinoa y Kañiwa, cultivos andinos*. Bogota, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.

Gandarillas H, Gandarillas C, Gandarillas A (Ed.). (2001). *Historia de la investigación para el desarrollo agropecuario en Bolivia*. Memorias de un investigador. Cochabamba, Bolivia. pp. 139-142.

Gómez, L. y E. Aguilar. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía. Segunda Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Peru, Lima.

González, B.G. (1985). *Métodos Estadísticos y Principios de Diseño Experimental*. Edit. Universitaria. Quito. 331 p.

IBNORCA. (2016). *Catálogo de Normas Bolivianas (Granos andinos – Pseudos cereales – Quinoa en grano – Clasificación y requisitos)*. Cuarta revisión. Norma NB/NA 0038:2007.

INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). (2017). Registro nacional de variedades y de variedades protegidas. La Paz – Bolivia. 30 p.

Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (2011). *Chenopodium quinoa Willd.*. Recuperado 8 octubre, 2017, de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#n1

Jacobsen, S. E., A. Mujica y O. Stolen. (1998). *Tolerancia de la quinua a la sal durante la germinación*. Agronomía tropical 48 (3), 359-366.

Jacobsen, S.-E. & A. Mujica. (2002). *Genetic resources and breeding of the Andean grain crop quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)* Plant Genetic Resources Newsletter (130): 54-61.

Justo, I. (2014). *Efecto de la incorporación de estiércol ovino y biofertilizante microbiano sobre el comportamiento agronómico de la quinua (Chenopodium quinoa willd.), en el municipio de Papel Pampa*. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.

Kubien DS and Sage RF. (2004). *Low-temperature photosynthetic performance of a C₃ grass and co-occurring C₄ grass native to high latitude*. Plant Cell Environ 27: 907-916.

Lescano JL. (1989). *Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplasma*. En: *Curso: "Cultivos altoandinos"*. Potosí, Bolivia. 17-21 de abril de 1989. pp. 1-18.

Lescano JL. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. Quinoa, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca*. Programa Interinstitucional de Waru Waru. Puno, Perú.

Maharathi, B. (2016). "El por qué el comportamiento de la ramificación de los árboles tienen una forma asimétrica", recuperado de: <https://www.quora.com/Why-do-tree-branches-cracks-in-the-ground-lightning-bolts-etc-have-similar-shapes#!n=18>

Mamani, A. (2007). *Evaluación participativa y socioeconómica de la aplicación de riego en el cultivo de quinua en tres comunidades del municipio de Patacamaya*. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz , Bolivia.

Mandelbrot, B. (1982). *La Geometría Fractal de la Naturaleza*. Editorial Tusquets.

Mujica, A. y A. Canahua. (1989). *Fases fenológicas del cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa Willdenow)*. En: *Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica*. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. pp: 23-27. Recuperado 10 de octubre, 2017, de <http://www.condesan.org/publicacion/Libro03/cap2.htm#7>

Mujica A. (1992). *Granos y leguminosas andinas*. En: Hernández J, Bermejo J, León J. (editores). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp. 129-146.

Mujica ,A., Canahua, A. & Saravia, R. (1997). *Agronomía del Cultivo de la quinua*. Capítulo 2. Recuperado de: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdro m/contenido/libro03/cap2.htm

Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J. & Marathee, J. (1998). *Libro de Campo Prueba Americana y Europea de quinua*. Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Puno, PE. p. 19 - 27.

Mujica, A., Aguilar, J. & Jacobsen E. (1999). "Resúmenes de investigaciones en Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la Universidad Nacional del Altiplano 1962 - 1999" Puno- Perú.

Mujica, A., J. Izquierdo & J.P. Marathee. (2001). *Origen y descripción de la quinua*. pp. 9-29 En: Mujica, A., S. E. Jacobsen, J. Izquierdo & J. P. Marathee (eds.) *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile.

Mujica, A., Ortiz, R., Rossel, R., Canahua, J., Ruíz, A., & Apaza, V. (2004). *Diversidad genética de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. Pp 121-136.

Muñoz, R. y Acevedo, E. (2002). *Evaluación del rendimiento potencial y bajo estrés hídrico de 11 genotipos de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

Montes de Oca, I. (1989). *Geografía de recursos naturales de Bolivia. 3ra Edición* EDOBOL La Paz Bolivia. 140 p.

Navia, O. Pozo, J.L. Ortuño, N. Meneses, E. & W. Moreno. (2010). *Incorporación de bioinsumos en base a microorganismos benéficos en la producción orgánica de quinua*.

Recuperado 3 de febrero, 2017, de

[http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_NAVIA%20Oscar%20Incorporacion%20de%20bioinsumos%20en%20base%20a%20micro%20organismos%20beneficos%20en%20Ia%20quinua\(Agr\).pdf](http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_NAVIA%20Oscar%20Incorporacion%20de%20bioinsumos%20en%20base%20a%20micro%20organismos%20beneficos%20en%20Ia%20quinua(Agr).pdf)

Ochoa, R. (2016). *Diseños Experimentales*. Segunda edición. Impreso en La Paz – Bolivia. pp 352 - 353.

Pacheco, A. & P. Morlon. (1978). *Los sistemas radiculares de las plantas de interés económico en el Altiplano de Perú*. Mimeo. Puno, Perú.

Plata, G. Bonifacio, A. Navia, O. & A. Garandillas. (2014). *Las enfermedades en el cultivo de quinua*. En: Saravia, R., Plata, G., Gandarillas, A. (Eds). *Plagas y enfermedades del cultivo de quinua*. Cochabamba, Bolivia. Fundación PROINPA. 148 pp.

Rea, J. (1969). *Biología floral de la quinua (Chenopodium quinoa)*. Turrialba, 19, 91-96.

Rojas, W. (2002). *Distribución geográfica de la colección de germoplasma de quinua*. Informe Anual 2001/2002. Proyecto McKnight. Fundación PROINPA. 5 p.

Rojas, W. (2003). *Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm*. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.

Rojas, W., M. Pinto y JL. Soto. (2010). *Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos*. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioersivity International, Roma, Italia. pp 11- 23.

Rojas-Beltran, J., A. Bonifacio, G. Botani y J. Maugham. (2010). *Obtención de nuevas variedades de quinua frente a los efectos del cambio climático*. Informe Compendio 2007-2010. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 67-69.

Rojas, W. y M. Pinto. (2014). *Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua*. Capítulo 1. IN: BAZILE D. et al. (Editores), “*Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 76.

Rojas, W. y S. Padulosi. (2013). *Descriptores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. Bioersivity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

Saravia, R. & R. Quispe. (2005). *Fascículo 4 – Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua*. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: *Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica*. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 53-86.

Saravia, R; Plata, G; Gandarillas, A. (2014). *Plagas y enfermedades del cultivo de quinua*. Cochabamba, BO, Fundación PROINPA; 148 p.

Saville, D. J. (1990). *Multiple comparison procedures: the practical solution*. *The American Statistician*, Vol 44(2): 174-180.

Schwartz, M. D. (1999). *Advancing to full bloom: planning phonological research for the 21st century*. 42:113-118.

Tambo, F. (2014). *Evaluación del efecto de abonos orgánicos en variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el centro experimental de Quipaquipani, Viacha*. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia.

Tapia, M. Gandarillas, H. Alandia, S. Cardozo, A. Mujica, A. Ortiz, R. Otazu, V. Rea, J. Salas, B. & E. Zanabria. (1979). *Quinua y la kañiwa: cultivos andinos*. CIID. Oficina Regional para la America Latina. Bogota.

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

Tapia, M. (1997). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Pp 188-204, 242-245.

UNA de la Molina. (2000). *Glosario de términos hortícolas*. Programa de Hortalizas. Recuperado 21 de octubre, 2017, de [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20b%20C3%A1sicos/16-p195%20a%20p202%20\(Glosario%20y%20Bibliografia\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20b%20C3%A1sicos/16-p195%20a%20p202%20(Glosario%20y%20Bibliografia).pdf)

Vargas, M. (Ed.). (2013). *Congreso Científico de la Quinua (Memorias)*. La Paz, Bolivia. 682 p.; 21,5 cm.

Villacorta, L. y V. Talavera. (1976). *Anatomía del grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Anuales científicos. Vol. XIV: 39-45. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú.

Zvietcovich G., (1976). *Identificación del comportamiento fisiológico de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y cañihua (Chenopodium pallidicaule) como plantas eficientes C4 o ineficientes C3*. Segunda Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia

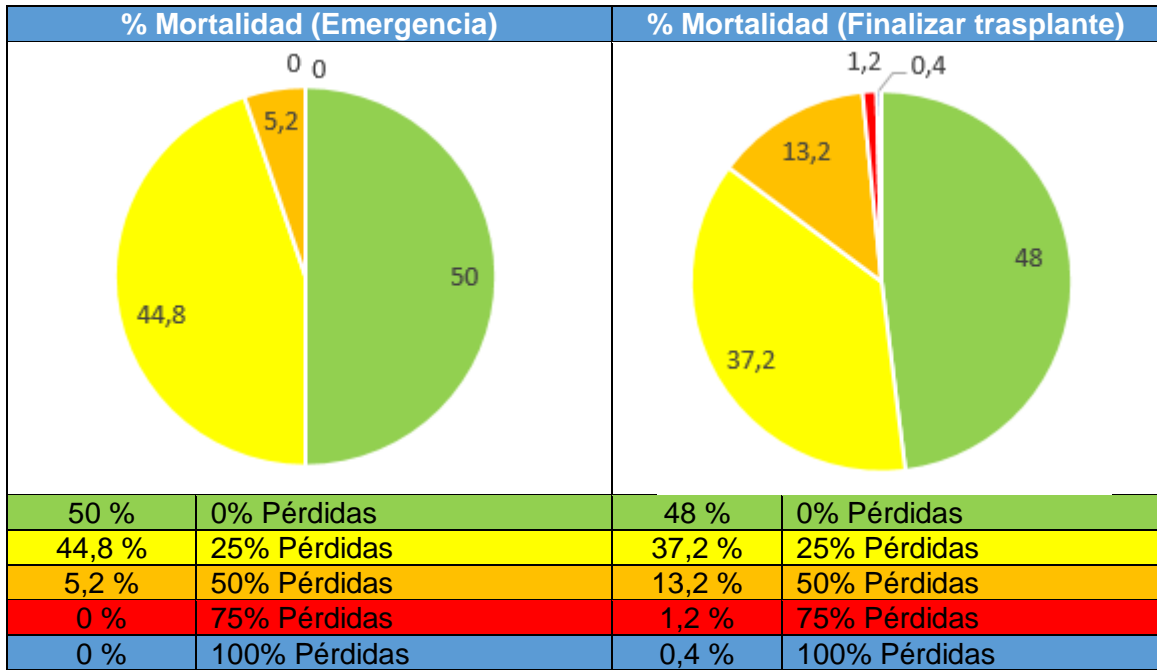
ANEXOS

Desviación Estándar	Coeficiente de variación
$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu} (100\%)$

Anexo 1. Fórmulas de desviación estándar y coeficiente de variación para datos poblacionales

N°	Variedad	Material de origen	Año	Institución	
1	Sajama	0547 0559	1967	IBTA	
2	Samaranti	Selección individual		1982	IBTA
3	Huaranga	Selección S-67		1982	IBTA
4	Kamiri	S-67 0005	1986	IBTA	
5	Chucapaca	0086 0005	1986	IBTA	
6	Sayaña	Sajama 1513	1992	IBTA	
7	Ratuqui	1489 Kamiri	1993	IBTA	
8	Robura	Selección individual		1994	IBTA
9	Jiskitu	Selección individual		1994	IBTA
10	Amilda	Selección individual		1994	IBTA
11	Santa Maria	1489 Huaranga	1996	IBTA	
12	Intinayra	Kamiri F4(28)xH	1996	IBTA	
13	Surumi	Sajama Ch'iara	1996	IBTA	
14	Jilata	L-350 1493	1996	IBTA	
15	Jumataqui	Kallcha 26(85)	1996	IBTA	
16	Patacamaya	Samaranti Kaslala	1996	IBTA	
17	Jacha Grano	1489 Huaranga	2003	PROINPA	
18	Kosuña	1489 L-349	2005	PROINPA	
19	Kurmi	1489 Marangani	2005	PROINPA	
20	Horizontes	1489 L-349	2007	PROINPA	
21	Aynoq'a	Selección L-118		2007	PROINPA
22	Blanquita	Selección L-320		2007	PROINPA

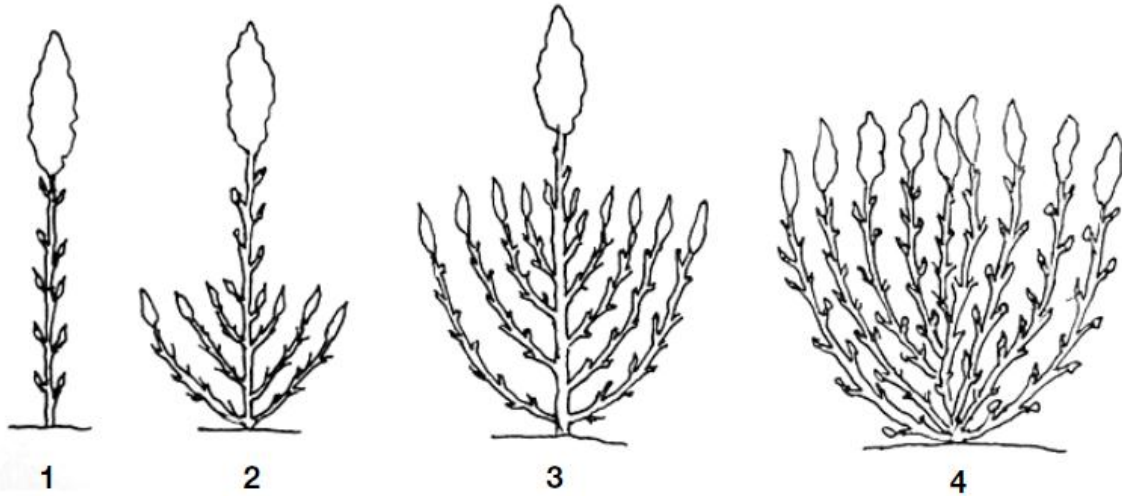
Anexo 2. Variedades de quinua en Bolivia obtenidas por mejoramiento genético



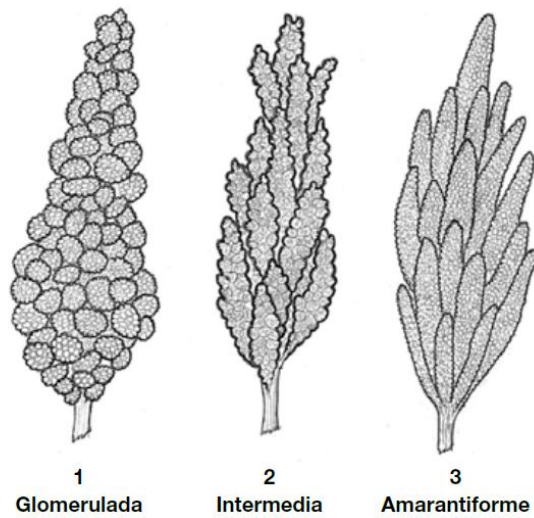
Anexo 3. Gráfica de porcentaje de mortalidad detallada

Tasa de emergencia (bandeja)					Plantas viv/trasplan (bandeja)				
100	100	100	100	100	100	66,7	100	100	66,7
100	100	100	100	100	66,7	100	66,7	66,7	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	66,7	100	100	100
100	100	100	100	100	66,7	100	66,7	66,7	100
100	100	100	100	100	100	100	66,7	100	66,7
100	66,7	100	66,7	100	66,7	66,7	100	66,7	100
100	100	66,7	100	66,7	100	100	66,7	100	33,3
100	100	66,7	100	66,7	66,7	100	66,7	66,7	66,7
100	100	66,7	66,7	66,7	100	100	33,3	33,3	66,7

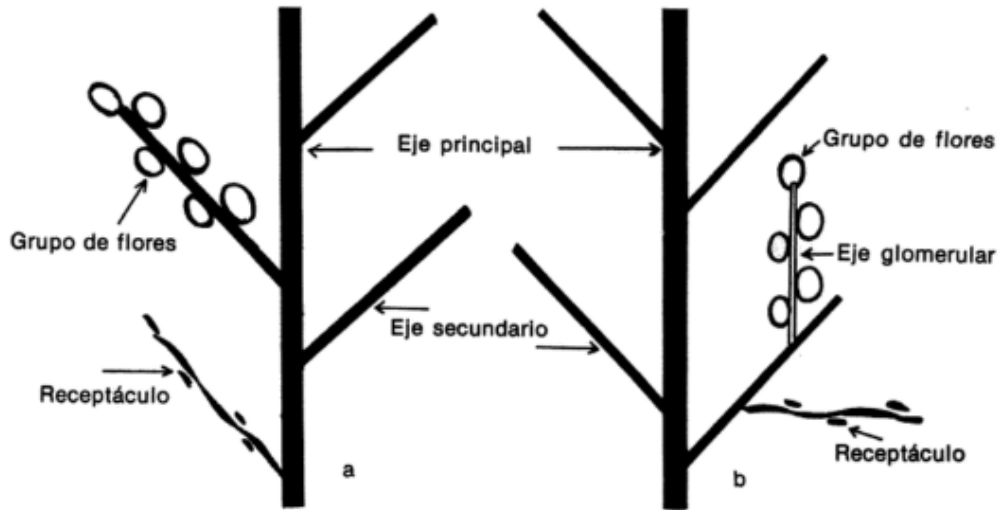
Anexo 4. Porcentaje de emergencia en bandejas vs porcentaje de plantas vivas antes de trasplantar



Anexo 5. Hábitos de crecimiento del tallo 1) Simple, 2) Ramificado hasta el tercio inferior, 3) Ramificado hasta el segundo tercio, 4) Ramificado con panoja principal no definida



Anexo 6. Forma de la panoja (Rojas y Pinto 2014; Bioversity International et al. 2014)



Anexo 7. Formas de inflorescencias a) Amaranthiforme y b) Glomerulada (Tapia *et al.*, 1979)

BLOQUE	TRATAMIENTOS	PLANTAS VIVAS
1	T1	70
1	T2	77
1	T3	73
1	T4	80
1	T5	80
2	T1	76
2	T2	77
2	T3	73
2	T4	79
2	T5	80
3	T1	74
3	T2	76
3	T3	75
3	T4	80
3	T5	80
4	T1	76
4	T2	80
4	T3	76
4	T4	77
4	T5	79
5	T1	79
5	T2	74
5	T3	77
5	T4	78
5	T5	79

Anexo 8. Tabla de datos del número de plantas emergidas en las bandejas

BLOQUE	TRATAMIENTOS	PLANTAS VIVAS
1	T0 (Siembra directa)	58
1	T1 (Fase cotiledonal)	70
1	T2 (Dos hojas verdaderas)	77
1	T3 (Cuatro hojas verdaderas)	73
1	T4 (Seis hojas verdaderas)	80
1	T5 (Ocho hojas verdaderas)	80
2	T0	72
2	T1	76
2	T2	77
2	T3	73
2	T4	79
2	T5	80
3	T0	77
3	T1	74
3	T2	76
3	T3	75
3	T4	80
3	T5	80
4	T0	56
4	T1	76
4	T2	80
4	T3	76
4	T4	77
4	T5	79
5	T0	55
5	T1	79
5	T2	74
5	T3	77
5	T4	78
5	T5	79

Anexo 9. Número de plantas sobrevivientes al trasplante y su porcentaje

Bloque	Tratamiento	Días a Panojam	Días a Floración	Acuoso	Lechoso	Pastoso	Mad fisiol
1	T0	54	76	104	118	132	155
1	T1	62	83	104	125	132	162
1	T2	62	83	111	125	132	148
1	T3	65	90	118	125	132	169
1	T4	65	90	118	132	139	169
1	T5	65	90	118	132	139	170
2	T0	65	90	104	118	132	154
2	T1	54	76	104	118	132	150
2	T2	54	76	104	118	132	161
2	T3	71	97	118	125	139	170
2	T4	54	76	118	125	139	171
2	T5	54	76	118	125	139	171
3	T0	62	83	104	118	132	154
3	T1	62	83	104	118	132	153
3	T2	65	83	111	118	132	153
3	T3	62	83	111	118	132	168
3	T4	65	90	118	132	139	168
3	T5	54	76	118	132	139	171
4	T0	71	97	118	125	139	157
4	T1	65	90	118	132	132	154
4	T2	65	90	111	118	132	148
4	T3	71	90	111	125	139	168
4	T4	62	83	118	125	139	170
4	T5	65	90	125	132	139	171
5	T0	65	90	111	125	139	154
5	T1	65	90	111	118	132	150
5	T2	54	76	104	118	132	148
5	T3	54	76	104	125	132	161
5	T4	65	90	125	132	139	170
5	T5	62	83	125	132	139	171

Anexo10. Datos de los días para la culminación de las fases fenológicas

Bloque	Tratamiento	Rend	Peso total	I/C
1	T0	779,6	1694,5	0,46
1	T1	592,2	1197,4	0,49
1	T2	709,65	1646	0,43
1	T3	836,15	1855,6	0,45
1	T4	498,47	1105	0,45
1	T5	366,7	903,3	0,41
2	T0	1106,8	2323,8	0,48
2	T1	544,85	1240,2	0,44
2	T2	619,1	1320	0,47
2	T3	659,31	1425,2	0,46
2	T4	441,82	1071	0,41
2	T5	426,85	884,2	0,48
3	T0	625,04	1396,6	0,45
3	T1	823,13	1754,4	0,47
3	T2	614,86	1355,6	0,45
3	T3	686,73	1532,6	0,45
3	T4	562,99	1147,2	0,49
3	T5	267,32	700	0,38
4	T0	793,17	1754	0,45
4	T1	596,49	1270,2	0,47
4	T2	489,81	1074,6	0,46
4	T3	799,45	1814,2	0,44
4	T4	575,71	1299,6	0,44
4	T5	493,93	937,8	0,53
5	T0	738,57	1561,2	0,47
5	T1	437,58	920	0,48
5	T2	570,32	1212	0,47
5	T3	573,23	989,4	0,58
5	T4	501,31	1121,4	0,45
5	T5	533,45	1192	0,45

Anexo 13. Datos de rendimientos, peso total e índice de cosechas

Bloque	Tratamiento	AMARILLO	CELESTE	VERDE	Total (g)
1	T0	22,2	73,5	4,3	100
1	T1	7,4	85,5	7,1	100
1	T2	6,5	85,3	8,2	100
1	T3	5,1	87	7,9	100
1	T4	3,7	86,7	9,6	100
1	T5	2,8	84,4	12,8	100
2	T0	23,7	71,7	4,6	100
2	T1	6,2	86,4	7,4	100
2	T2	5,2	88,6	6,2	100
2	T3	5,2	86,9	7,9	100
2	T4	4	86,5	9,5	100
2	T5	2,6	85,2	12,2	100
3	T0	23,6	71,9	4,5	100
3	T1	7	85,8	7,2	100
3	T2	6,5	85,3	8,2	100
3	T3	5	87,8	7,2	100
3	T4	3,2	90,4	6,4	100
3	T5	1,9	89,9	8,2	100
4	T0	22	73,7	4,3	100
4	T1	6,7	87,4	5,9	100
4	T2	6,1	86,1	7,8	100
4	T3	5,5	86,8	7,7	100
4	T4	3,9	88,7	7,4	100
4	T5	2	85,5	12,5	100
5	T0	23,9	71,5	4,6	100
5	T1	5,4	88,6	6	100
5	T2	6,2	85,1	8,7	100
5	T3	5,2	89	5,8	100
5	T4	3,7	90,2	6,1	100
5	T5	2,6	89,4	8	100

Anexo 14. Datos para los porcentajes de granos en sus diferentes calibraciones (grandes, medianos y pequeños)

FASES Y SUB FASES	Promedio / Días	Rango / Días
0.0 – 0.9. GERMINACIÓN	05	3 - 8
1.0 – 1.9. DESARROLLO VEGETATIVO	33	33 - 38
2.0 – 2.9. RAMIFICACIÓN		
3.0 – 3.9. DESARROLLO DEL BOTÓN FLORAL	45	31 - 68
4.0 – 4.9. DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA	60	39 - 97
5.0 – 5.9. FLORACIÓN	77	45 - 132
6.0 – 6.9. ANTESIS	82	52 - 136
7.0 - 7.9. CRECIMIENTO Y ESTADO ACUOSO	100	61 - 147
8.0 – 8.9. FRUTO ESTADO LECHOSO	114	70 - 164
9.0 – 9.9. FRUTO ESTADO DE MASA	136	83 - 190

Anexo 15. Valores promedios de la duración de las fases fenológicas de 17 genotipos de quinua en la costa peruana