

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS
DE LA QUINUA SILVESTRE (*Chenopodium quinoa spp.*) DEL ALTIPLANO
BOLIVIANO**

XIMENA MONICA ONOFRE QUENTA

LA PAZ - BOLIVIA

2021

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE AGRONOMIA

CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOLOGICAS Y AGRONÓMICAS
DE LA QUINUA SILVESTRE (*Chenopodium quinoa spp.*) DEL ALTIPLANO
BOLIVIANO**

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

XIMENA MONICA ONOFRE QUENTA

Asesores:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Revisores:

Ing. Ph. D. José Yakov Arteaga García

Ing. René Calatayud Valdez

Aprobado

Presidente tribunal examinador.....

La Paz – Bolivia

2021

DEDICATORIA

A Dios por darme las fuerzas para no rendirme y seguir adelante, a mis padres Pascual Onofre y Fidelia Quenta que son mi pilar fundamental, por todo el cariño, por el sacrificio y el esfuerzo que hicieron en todo momento, a mis hermanos Miriam Onofre y Nelson Onofre por el apoyo incondicional que me dieron, a mi pequeña hija Celeste Callisaya que es el motor de mi vida, a mi esposo Guillermo Callisaya por estar a mí lado en todo momento y por sus palabras de aliento.

No solo de pan vivirá el hombre, sino de toda palabra que sale de la boca de Dios. Mateo 4:4

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por estar en todo momento a mí lado por guiar mi camino, a mis padres Pascual Onofre y Fidelia Quenta por todo el esfuerzo y apoyo que me dieron, a mis hermanos Miriam Onofre y Nelson Onofre por todo su ayuda y palabras de aliento, a mi hija Celeste Callisaya que me alegra la vida con tan solo una sonrisa y a mi esposo Guillermo Callisaya por su amor y comprensión, a toda mi familia política en especial a suegra Esperanza Tito por el apoyo que me brindo.

Agradecer infinitamente a las siguientes personas e instituciones por todo su apoyo:

A la Facultad de Agronomía por haberme aceptado ser parte ella, durante mi formación académica, a todos los docentes por las enseñanzas impartidas.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), por el apoyo económico y técnico que me dieron, por haberme permitido realizar el presente trabajo de investigación en los predios del Centro de Investigación Kiphakiphani.

A mi asesor de tesis Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo a su lado, por la dedicación y paciencia que me dio, por todas las enseñanzas transmitidas, por guiarme en el desarrollo de la tesis.

A mi tribunal revisor Ing. Ph. D. José Yakov Arteaga García y Ing. Rene Calatayut Valdez, por el tiempo que me dedicaron, por las revisiones oportunas.

A las Ing. Miriam Alcòn y Betshabe Apaza por el apoyo técnico que me dieron durante mi estancia en el Centro de Investigación Kiphakiphani, a los compañeros que encontré Elba Flores, Pablo Mollisaca, Silvia Flores e Isabel Usnayo.

A mis amigas que me acompañaron desde los primeros años de formación Rosa Mendoza y Grecia Coronel por cada palabra de aliento por su apoyo, a los mejores amigos (as) que la vida me puso durante mi formación superior Ana Cinthia Medrano, Eliana Chuquimia, Miguel Ángel Peñafiel, Pablo Daniel Quino, Gabriela Chigua y todos los amigos que la vida me puso en el camino

CONTENIDO

INDICE DE TEMAS.....	I
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN.....	X
SUMMARY	XI

INDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Origen.....	4
3.2. Domesticación	4
3.3. Zonas agroecológicas de producción de quinua	5
3.3.1. Diversidad genética de la quinua	6
3.3.1.2. Quinua en el Altiplano Boliviano	7
3.4. Características de la quinua silvestre del Altiplano.....	8
3.4.1. Nombres comunes.....	8
3.4.2. Taxonomía.....	9
3.4.4. Descripción botánica	9
3.4.5. Valor nutricional	10
3.4.5.1. Contenido de fibra y proteínas.....	10
3.4.5.2. Macro y micro nutriente	11
3.5. Usos de la quinua silvestre	11
3.6. Morfología del cultivo de quinua.....	12

3.7. Fases Fenológicas de la quinua.....	13
3.8. Diferencia entre cultivo anual y perenne	15
3.9. Semilla	15
3.9.1. Fisiología de la semilla.....	16
3.10. Tratamiento de la semilla	16
3.10.1. Dormancia o latencia en semilla	16
3.10.1.1. Tipos de latencia en la semilla.....	16
3.10.2. Tratamientos pregerminativos.....	17
4. LOCALIZACIÓN.....	19
4.1. Ubicación geográfica	19
4.2. Descripción de la zona.....	20
4.2.1. Clima	20
4.2.2. Fisiografía y suelo.....	20
4.2.3. Vegetación.....	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1. Materiales	22
5.1.1. Material biológico.....	22
5.1.2. Material de campo	22
5.1.3. Material de laboratorio	22
5.1.4. Material de gabinete	23
5.2. Metodología.....	23
5.2.1. Procedimiento experimental.....	23
5.2.1.1. Registro de las muestras recolectadas de quinua silvestre.....	23
5.2.1.2. Evaluación de la viabilidad de las semillas de quinua silvestre	26
5.2.1.3. Preparación del sustrato	27
5.2.1.4. Preparación del área de trabajo.....	28
5.2.1.5. Siembra	28
5.2.1.6. Labores culturales	29
5.2.1.7. Cosecha	30
5.2.1.8. Procedimiento experimental	30
5.2.1.8.1. Diseño experimental.....	30
5.2.1.8.2. Modelo lineal	30

5.2.1.8.3. Croquis experimental.....	31
5.2.1.8.4. Dimensiones de la unidad experimental	32
5.3. Variables de respuesta	32
5.3.1. Determinación de las fases fenológicas	32
5.3.2. Evaluación agromorfológica.....	33
5.3.2.1. Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre.....	33
5.3.2.2. Altura de la planta.....	33
5.3.2.3. Diámetro de tallo	33
5.3.2.4. Longitud de panoja	33
5.3.2.5. Peso de grano caído por dehiscencia.....	34
5.3.2.6. Índice de cosecha.....	34
5.3.2.7. Diámetro y espesor de grano.....	34
5.3.2.8. Peso hectolítrico del grano	34
5.3.2.9. Viabilidad de semilla	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
6.1. Emergencia.....	36
6.2. Ramificación	38
6.3. Floración	40
6.4. Madurez fisiológica	42
6.5. Rebrote.....	44
6.6. Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre	45
6.7. Altura de planta.....	47
6.8. Diámetro de tallo.....	50
6.9. Longitud de panoja	52
6.10. Peso de grano caído por dehiscencia	54
6.11. Índice de cosecha	56
6.12. Diámetro de grano	58
6.13. Espesor de grano.....	60
6.14. Peso hectolítrico de grano	62
6.15. Viabilidad de semilla	64
7. CONCLUSIÓN	67

8. RECOMENDACIONES	69
9. BIBLIOGRAFIA	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Promedio de los análisis químicos de 10 variedades de quinua en base seca (g/ 100 g)	10
Cuadro 2. Determinación de Macro y Micro nutrientes en 10 variedades de quinua (g/ 100 g base seca)	11
Cuadro 3: Condición dulce o amarga de la quinua silvestre	24
Cuadro 4: Dimensiones de la unidad experimental	32
Cuadro 5: Análisis de varianza para los días a la emergencia para el cultivo de quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	36
Cuadro 6: Análisis de varianza para los días a ramificación para el cultivo de quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	38
Cuadro 7: Análisis de varianza para los días a la floración para el cultivo de la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	40
Cuadro 8: Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica del cultivo de quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	42
Cuadro 9: Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre.....	46
Cuadro 10: Análisis de varianza para la altura de planta de la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	48
Cuadro 11: Análisis de varianza para el diámetro de tallo de la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	50
Cuadro 12: Análisis de varianza para longitud de panoja de la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	52
Cuadro 13: Análisis de varianza para el peso de grano caído por dehiscencia en la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	54
Cuadro 14: Análisis de varianza del índice de cosecha de la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	56
Cuadro 15: Análisis de varianza del diámetro de grano en la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	58
Cuadro 16: Análisis de varianza del espesor de grano en la quinua silvestre (<i>Chenopodium quinoa spp.</i>)	60

Cuadro 17: Análisis de varianza para el peso hectolítico en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*).....62

Cuadro 18: Análisis de varianza de la viabilidad de semilla de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*).....64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas productoras de quinua en Bolivia (Rojas <i>et al.</i> , 2015).....	6
Figura 2. Ecosistemas de Producción de quinua (MDRTyT y CONACOPROQ, 2009) 8	
Figura 3. Fases fenológicas de la quinua (Yzarra y López, s.f.)	15
Figura 4. Mapa de ubicación del Municipio de Viacha.....	19
Figura 5: Ubicación del área experimental, en la estación Kiphakiphani dependiente de la fundación PROINPA.....	20
Figura 6: Medición de altura (cm) de saponina.....	24
Figura 7: Escarificación química.....	27
Figura 8: Preparación del sustrato	28
Figura 9: Distribución de las bolsas – maceta en el área de estudio	28
Figura 10: Siembra.....	29
Figura 11: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la emergencia para el cultivo de quinua silvestre	37
Figura 12: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la ramificación para el cultivo de quinua silvestre	39
Figura 13: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la floración para el cultivo de quinua silvestre.....	41
Figura 14: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la madurez fisiológica para el cultivo de quinua silvestre	43
Figura 15: Días al rebrote en la quinua silvestre	44
Figura 16: Prueba Duncan al 5 %, para altura de planta	49
Figura 17: Prueba Duncan al 5 %, para diámetro de tallo	51
Figura 18: Prueba Duncan al 5 %, para la longitud de panoja.....	53
Figura 19: Prueba Duncan al 5 %, para el peso de grano caído por dehiscencia.....	55
Figura 20: Prueba Duncan al 5 %, para el índice de cosecha	57

Figura 21: Prueba Duncan al 5 %, para el diámetro de grano	59
Figura 22: Prueba Duncan al 5 %, para espesor de grano	61
Figura 23: Prueba Duncan al 5 %, para el peso hectolitrico	63
Figura 24: Prueba Duncan al 5 %, para la viabilidad de la semilla	65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba Duncan al 5 % para emergencia	77
Anexo 2. Prueba Duncan al 5 % para ramificación	77
Anexo 3. Prueba Duncan al 5 % para floración	78
Anexo 4. Prueba Duncan al 5 % para madurez fisiológica	78
Anexo 5. Prueba Duncan al 5 % para altura de planta	79
Anexo 6. Prueba Duncan al 5 % para diámetro de tallo	79
Anexo 7. Prueba Duncan al 5 % para longitud de panoja	80
Anexo 8. Prueba Duncan al 5 % para peso de grano caído por dehiscencia	80
Anexo 9. Prueba Duncan al 5 % para índice de cosecha	81
Anexo 10. Prueba Duncan al 5 % para diámetro de grano	81
Anexo 11. Prueba Duncan al 5 % para espesor de grano	82
Anexo 12. Prueba Duncan al 5 % para peso hectolítico	82
Anexo 13. Prueba Duncan al 5 % para viabilidad de la semilla	83
Anexo 14. Fotografías del trabajo de investigación	83

RESUMEN

El Altiplano peruano-boliviano presenta la mayor diversidad de quinua y sus parientes silvestres. La quinua cultivada fue estudiada en su centro de origen y es últimamente motivo de investigación en los países donde fue introducida. Por otro lado, los parientes silvestres de la quinua no han merecido mayor atención aunque se asume que albergan caracteres de interés para contribuir al mejoramiento genético. Por lo que se investigó las características fenológicas y agronómicas de la quinua silvestre del altiplano de Bolivia.

El trabajo se realizó durante el año 2019 en el Centro de Investigación Kiphakiphani perteneciente a la Fundación PROINPA, la cual está ubicada en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz. Los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar el hábito de crecimiento de la quinua silvestre, determinar las fases fenológicas de las plantas a lo largo del ciclo productivo, determinar el ciclo anual o plurianual de la quinua silvestre, describir las características agronómicas de la quinua silvestre, determinar el tamaño de grano y viabilidad del grano cosechado.

El trabajo de investigación se realizó en invernadero, tomando 10 muestras de quinua silvestre y 1 muestra de quinua cultivada que fue el testigo. El trabajo se estableció bajo el diseño bloques al azar, conformado por 11 tratamientos, establecidos en 4 bloques. Las variables relacionadas con la fenología fueron: Los días transcurridos a emergencia, ramificación, floración, madurez fisiológica y el rebrote de las plantas, mientras que las variables cuantitativas fueron: Altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, grado de dehiscencia, índice de cosecha, diámetro de grano, espesor de grano, peso hectolítrico y viabilidad de grano cosechado. Las diferentes variables cualitativas fueron descritas en su diversidad y las variables cuantitativas fueron sometidas a análisis de varianza y en caso de haber encontrado diferencia estadística se realizó la prueba Duncan al 5 %.

Los resultados obtenidos, indican que existen diferencias, en cuanto al hábito de crecimiento, color de tallo y color de panoja. El color de grano es negro a café con tonalidades variables, pero se ha evidenciado segregantes de grano de color amarillo,

constituyéndose en nueva información y abre las opciones para el mejoramiento genético de la quinua.

Para las fases fenológicas se registraron diferencias significativas en la fase de emergencia, ramificación, floración, madurez fisiológica. La característica del rebrote se dio únicamente en la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) presentando ciclo plurianual lo cual es interesante para fines de mejoramiento, en las variables agronómicas, altura de planta, longitud de panoja, diámetro de tallo se observó variabilidad entre las variedades. La variedad V1 (*Chenopodium sp.*) es el que presenta mayor pérdida de grano por dehiscencia. El índice de cosecha registró valores bajos, esto es debido a que las plantas al llegar a la madurez fisiológica conservan sus hojas a diferencia de que ocurre en campo.

Para las variables de espesor y diámetro de grano la variedad V0 (Jacha Grano) fue el que registro mayor promedio en comparación a la V2 (escape 28-06-18) en relación al espesor y V9 (Ajara Ayamaya 2) en relación al diámetro de grano. Para el peso hectolítrico no hubo diferencia significativa entre las variedades. Las variedades V8 (Ajara Ayamaya 1) y V9 (Ajara Ayamaya 2) que son quinuas silvestres y V0 (Jacha Grano) que es quinua cultivada presentan un mayor promedio de germinación.

SUMMARY

The Peruvian-Bolivian Altiplano presents the greatest diversity of quinoa and its wild relatives. Cultivated quinoa was studied in its center of origin and is lately the subject of research in the countries where it was introduced. On the other hand, the wild relatives of quinoa have not deserved more attention, although it is assumed that they harbor traits of interest to contribute to genetic improvement. Therefore, the phenological and agronomic characteristics of wild quinoa from the Bolivian highlands were investigated.

The work was carried out during 2019 at the Kiphakiphani Research Center belonging to the PROINPA Foundation, which is located in the municipality of Viacha, Ingavi province of the department of La Paz. The objectives of this work were: to evaluate the growth habit of wild quinoa, to determine the phenological phases of plants throughout the productive cycle, to determine the annual or multi-annual cycle of wild quinoa, to describe the agronomic characteristics of wild quinoa, determine the grain size and viability of the harvested grain.

The research work was carried out in a greenhouse, taking 10 samples of wild quinoa and 1 sample of cultivated quinoa that was the control. The work was established under a randomized block design, consisting of 11 treatments, established in 4 blocks. The variables related to phenology were: The days elapsed to emergence, branching, flowering, physiological maturity and the regrowth of the plants, while the quantitative variables were: Plant height, stem diameter, panicle length, degree of dehiscence, harvest index, grain diameter, grain thickness, test weight and harvested grain viability. The different qualitative variables were described in their diversity and the quantitative variables were subjected to analysis of variance and if statistical differences were found, the Duncan test was performed at 5%.

The results obtained indicate that there are differences in terms of growth habit, stem color and panicle color. The color of the grain is black to brown with variable tones, but yellow grain segregates have been evidenced, constituting new information and opening the options for the genetic improvement of quinoa.

For the phenological phases, significant differences were recorded in the phases of emergence, branching, flowering and physiological maturity. The characteristic of regrowth occurred only in variety V1 (*Chenopodium* sp.) presenting a multiannual cycle which is interesting for breeding purposes, in the agronomic variables, plant height, panicle length, stem diameter, variability was observed among varieties. Variety V1 (*Chenopodium* sp.) showed the greatest grain loss due to dehiscence. The harvest index registered low values, this is due to the fact that the plants, when they reach physiological maturity, conserve their leaves, unlike what occurs in the field.

For the variables of thickness and grain diameter, the V0 variety (Jacha Grano) was the one that registered the highest average in comparison to V2 (escape 28-06-18) in relation to thickness and V9 (Ajara Ayamaya 2) in relation to grain diameter. For hectoliter weight there was no significant difference between varieties. Varieties V8 (Ajara Ayamaya 1) and V9 (Ajara Ayamaya 2) which are wild quinoa and V0 (Jacha Grano) which is cultivated quinoa have a higher average germination rate.

1. INTRODUCCIÓN

En el Altiplano peruano-boliviano podemos encontrar la mayor diversidad de *Chenopodiaceae* (Mujica y Jacobsen, 2006).

En las aynokas, podemos encontrar diversidad de parientes silvestres de la quinua, ya que las aynokas son utilizadas para cumplir diferentes finalidades una de ellas es la conservación *in situ* de la diversidad genética (Ichuta y Artiaga, 1986 citado por Mujica y Jacobsen, 2006).

Para Rojas *et al.* (2015), los pueblos prehispánicos de tierras altas de los Andes, se alimentaban con quinua, cañahua y amaranto.

Rojas *et al.* (2008) citado por Mamani *et al.* (2013), mencionan que con material genético conservado de quinua silvestre en el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Alto Andinos, identificó 8 taxones del género *Chenopodium* (*Chenopodium quinoa* subsp. *milleanum*, *Ch. quinoa* var. *melanospermum*, *Ch. quinoa* subsp. var. *quinoa*, *Ch. hircinum* subsp. *hircinum* var. *andinum*, *Ch. hircinum* subsp. *catamarcensis*, *Ch. hircinum*, *Ch. hircinum* subsp. *eu-hircinum* y *Ch. álbum*).

Según Vincent *et al.* (2013), los parientes silvestres de los cultivos albergan caracteres que son de interés para contribuir al mejoramiento genético.

En Bolivia es en el Altiplano donde la quinua se siembra con mayor frecuencia, sin embargo los agricultores mencionan haber sufrido los impactos del cambio climático, ocasionando la pérdida de producción de quinua (Liuhto *et al.*, 2016).

Los mismos autores mencionan que la sequía es uno de los impactos más drásticos ocasionados por el cambio climático, el retraso de lluvias es más frecuente cada año, esto retrasa la siembra y afecta sobre todo a cultivos de ciclo largo, estos cambios afectan a la producción de quinua en el Altiplano Boliviano.

En el presente trabajo se ha propuesto estudiar las diversas características que tiene la quinua silvestre, para generar información que puede ser aprovechada en un

contexto de variabilidad y cambio climático además que ayudará a decidir si la quinua silvestre podrá ser empleada en programas de mejoramiento genético, ya que en casos de mejoramiento de quinua se emplea preferentemente progenitores de quinua cultivada y no así a los parientes silvestres.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar las características fenológicas y agronómicas de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*) del Altiplano Boliviano.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el hábito de crecimiento de la quinua silvestre.
- Determinar las fases fenológicas de las plantas a lo largo del ciclo productivo.
- Determinar el ciclo anual o plurianual de la quinua silvestre.
- Describir las características agronómicas de la quinua silvestre.
- Determinar el tamaño de grano y viabilidad de semilla cosechada.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen

La quinua es una planta andina, tiene mayor distribución en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, fue cultivada por las civilizaciones prehispánicas, en ese momento la quinua era un alimento básico para la población y a la llegada de los españoles fue reemplazada por los cereales (Mujica *et al.*, 2001).

Según Bazile y Baudron (2014), la domesticación de la quinua se dio por primera vez en los países andinos hace 5000 años y con la llegada de los españoles la quinua fue considerada como "comida india".

Bonifacio *et al.* (2012), indican que la quinua es un cultivo milenario que tiene mayor importancia en las zonas altas de Bolivia, produce granos con alto contenido proteico y aminoácidos esenciales, la rusticidad que presenta como cultivo hace que sea altamente tolerante a factores adversos y adaptada a las zonas altas y áridas de los Andes.

3.2. Domesticación

Planella *et al.* (2014), mencionan que el hombre domesticó plantas y animales, el territorio andino fue uno de los grandes centros de domesticación, siendo la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) uno de los hallazgos más importantes.

Mujica *et al.* (2001), señalan que mientras se daba el proceso de domesticación la quinua sufrió una serie de modificaciones morfológicas en toda la planta, los cambios que se dieron son: compactación de la infrutescencia, incremento en el tamaño de la planta y la semilla, pérdida del mecanismo de dehiscencia y semillas de colores claros, cambios que facilitan su producción.

Los mismos autores indican que, durante la domesticación de la quinua, los pueblos andinos seleccionaron los genotipos por su uso y tolerancia a distintos factores, es así como se obtiene los actuales eco - tipos diferentes uno del otro, como ser las quinuas "chullpi" para sopas, las quinuas "pasankalla" para tostado, las "coyotos" para harina,

las "reales" para la "pissara" o graneado, la "utusaya" para resistir a la salinidad, las "witullas" y "achachinos" para resistir el frío, las "kcancollas" para resistir la sequía, las "quellus" o amarillas para alto rendimiento, las "chewecas" para resistir el exceso de humedad, las "ayaras" por valor nutritivo y las "ratuquis" por precocidad.

3.3. Zonas agroecológicas de producción de quinua

MDRyT Y CONACOPROQ (2009), señalan que el cultivo de quinua se adapta mejor a lugares aridos y semiáridos, siendo cultivada en el Altiplano Norte, Central y Sur, en los valles interandinos y salares que se encuentran al sur.

Para Rojas *et al.* (2015), en Bolivia las zonas principales de producción se encuentran en el Altiplano, en el altiplano sur se cultivan grandes extensiones de quinua para exportación, el altiplano central es una de las zonas importantes para expansión del cultivo, por el contrario el altiplano norte presenta menor superficie y mayor diversidad de cultivos.

A continuación, se muestran las zonas productoras de quinua en Bolivia (Figura 1).

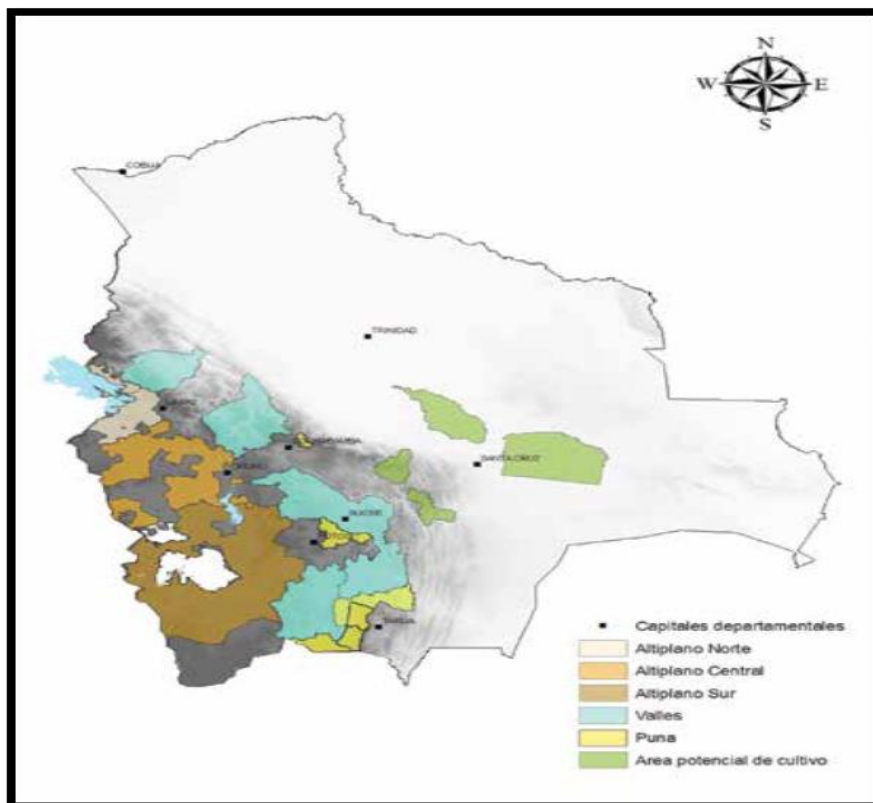


Figura 1. Zonas productoras de quinua en Bolivia (Rojas *et al.*, 2015)

3.3.1. Diversidad genética de la quinua

La región andina es uno de los ocho centros de diversidad genética de quinua silvestre y cultivada ya que todavía se la puede encontrar en condiciones naturales en campos de cultivo (Bojanic, 2011).

Lescano (1989) citado por Rojas *et al.* (2010), señalan que Ecuador, Perú y Bolivia son las zonas que presentan mayor variabilidad genética del cultivo de quinua, conformando cinco grupos según sus características de adaptación.

Los cinco grupos de quinua de acuerdo a Lescano (1989) y a Tapia (1990) citado por Rojas *et al.*, (2010) son las siguientes:

- **Quinuas de nivel del mar:** Se encontraron en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur.

- **Quinuas de valles interandinos:** Son las que se adaptaron entre los 2500 a 3500 msnm.
- **Quinuas del Altiplano:** Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos y entre los 3600 a 3800 msnm.
- **Quinuas de salares:** Son las que van creciendo en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la zona más seca con 300 mm de precipitación.
- **Quinuas de los yungas:** Es un grupo reducido de quinuas que se han podido adaptar a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1.500 y 2.000 msnm.

3.3.1.2. Quinua en el Altiplano Boliviano

Ormachea y Ramírez (2013), señalan que en Bolivia el cultivo de quinua se desarrolla principalmente en los departamentos altiplánicos (La Paz, Oruro y Potosí).

Según MDRTyT y CONACOPROQ (2009), las principales áreas de cultivo son:

- **La Paz:** Las provincias Maco Kapac, Aroma, Gualberto Villarroel y últimamente en Pacajes.
- **Oruro:** La Región de Salinas de Garci Mendoza en la Provincia Ladislao Cabrera y Avaroa, donde el 70% del trabajo de siembra y cosecha se realiza manualmente.
- **Potosí:** La Región de Llica, Salar de Uyuni, en la Provincia Daniel Campos, Enrique Valdivieso, Nor Lípez y Antonio Quijarro.

A continuación, la figura 2 muestra los ecosistemas de producción de quinua.

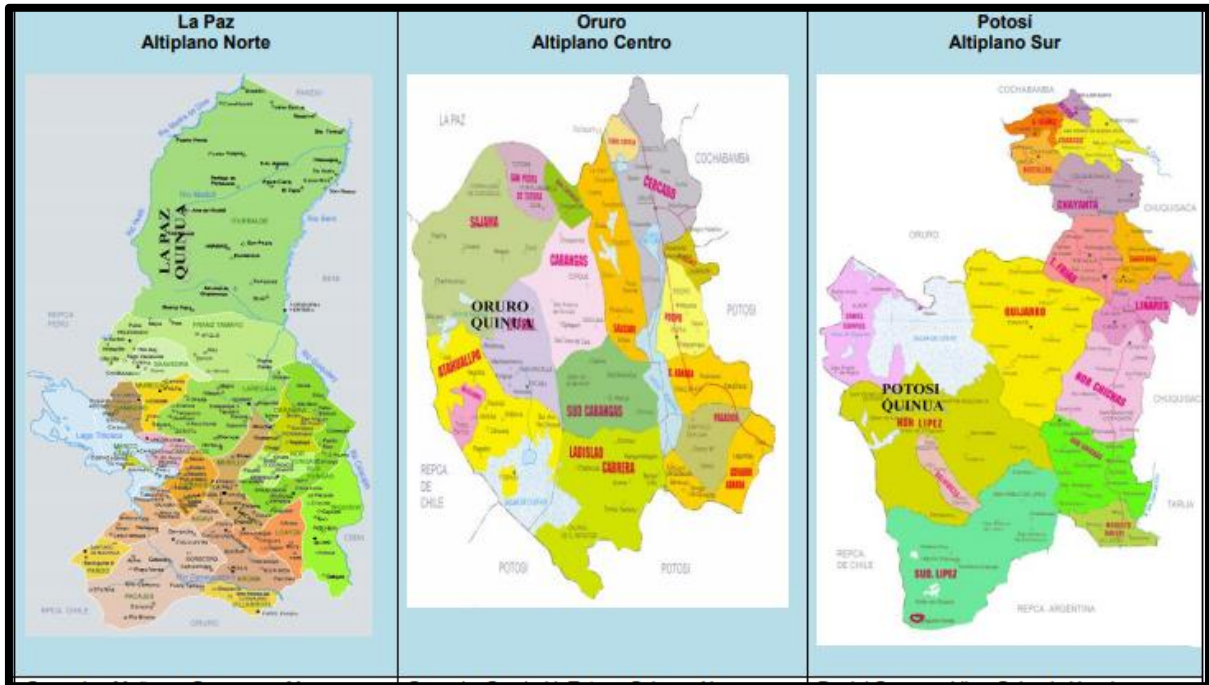


Figura 2. Ecosistemas de Producción de quinua (MDRTyT y CONACOPROQ, 2009)

3.4. Características de la quinua silvestre del Altiplano

Las variedades de quinua silvestre están distribuidas en la región andina de los países, algunas de las especies silvestres presentan resistencia a plagas y enfermedades, es por ello el interés en las especies silvestres para el mejoramiento genético de la quinua cultivada (VMABCC-BIOVERSITY, 2009).

Para Rojas y Pinto (2013), las especies silvestres tienen genes que pueden ayudar en la adaptación del cultivo ante los diversos cambios de clima, a mejorar el rendimiento y elevar el valor nutricional, la quinua silvestre es un complemento alimentario para las familias de productores.

3.4.1. Nombres comunes

La quinua silvestre en la región andina recibe diferentes nombres comunes en idioma nativo (Aymara y Quechua) ajara, aara o chiwa. La denominación de “Ajara del

Altiplano” hace alusión a la quinua silvestre de la región del altiplano de los departamentos de Oruro y Potosí (Mamani *et al.*, 2009).

3.4.2. Taxonomía

Para Cronquist (1995) y Wilson (1980) citados por Bojanic (2011), en cuanto a la clasificación taxonómica de la quinua es una especie que se clasifica de la siguiente manera:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Caryophyllidae
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: Chenopodium
Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata

3.4.3. Habitat

Según Mamani *et al.* (2013), la quinua silvestre crece con frecuencia en los campos agrícolas, en bordes de parcelas de quinua, haba, avena y cebada por lo contrario en parcelas de tubérculos se encuentran en menor cantidad debido a que se realizan labores de deshierbe.

3.4.4. Descripción botánica

Mamani *et al.* (2009), mencionan que la ajara del altiplano es: anual herbácea, mide 80 cm, 15 ramas por planta como promedio, axilas pigmentadas, hojas romboidal, en la madurez la panoja se torna de un color amarillo o rosado, semilla de color café

oscuro que mide de 1.5 a 1.7 mm, pérdida de grano por dehiscencia, llega a la madurez entre 3.5 a 6 meses.

Miranda (2010), menciona que los granos de quinua silvestre suelen ser duros y picantes, para poder extraer la saponina se la debe lavar de tres a cuatro veces más que la quinua cultivada.

3.4.5. Valor nutricional

Para Rojas *et al.* (2010), los granos andinos son fuente natural de proteínas por la concentración de aminoácidos esenciales que presenta, pueden contribuir al desarrollo y crecimiento del organismo.

3.4.5.1. Contenido de fibra y proteínas

Torrez *et al.* (2002), señalan que el mayor porcentaje de fibra lo presenta la Ajara (variedad silvestre) con 12.16 % en relación a otras variedades, en cuanto al rendimiento de proteína la variedad Ajara y Real Blanca presentan un contenido de un aproximado de 18 %, en relación a otras variedades que presentan valores menores a 14 %. En el cuadro 1, se muestran los promedios de los análisis químicos de 10 variedades de quinua en base seca (g/ 100 g).

Cuadro 1. Promedio de los análisis químicos de 10 variedades de quinua en base seca (g/ 100 g)

N°	Variedades	Cenizas	Fibra	Grasa	Humedad	Proteínas	Carbohidratos
1	Sajama	3,83	3,46	8,25	12,74	15,42	54,12
2	S. Amarantiforme	2,76	3,12	7,24	11,44	15,54	58,91
3	Chucapaca	2,34	2,64	6,48	11,17	16,79	62,41
4	Sayaña	2,72	4,42	7,93	11,53	15,63	57,48
5	Camiri	2,34	3,62	7,17	10,03	11,53	66,85
6	Huaranga	2,7	3,68	9,2	12,54	15,85	56,69
7	Chilpi	4,43	6,04	9,41	7,34	13,68	60,3
8	Real Blanca	3,75	5,76	7,36	7,44	17,42	59,41
9	Pandela	4,61	3,35	3,46	10,21	15,75	63,4
10	Ajara	4,90	12,16	7,56	11,75	17,80	46,06

Fuente: Torrez *et al.*, (2002)

3.4.5.2. Macro y micro nutriente

La variedad Ajara (quinua silvestre) presenta altos contenidos en cuanto a micro nutriente y macro nutrientes (Torrez *et al.*, 2002).

A continuación, el cuadro 2 nos muestra la determinación de macro y micro nutrientes en 10 variedades de quinua (g /100 g base seca).

Cuadro 2. Determinación de Macro y Micro nutrientes en 10 variedades de quinua (g/ 100 g base seca)

Elementos(%)	Chucapaca	Chilpi	Real blanca	S. Amarant	Kamiri	Pandela	Huaranga	Ajara	Sajama	Sayaña
Calcio	21,17	22,44	22	25,32	19,55	27	25	40	21	18,98
Magnesio	170,81	178,8	185,38	187,7	157,27	201,27	199,94	210,5	192	178,76
Hierro	6,5	7,37	5,87	5,75	5,87	7	5,87	7	6,12	4,5
Manganeso	2,93	1,31	1,97	2,4	2,12	1,85	2,96	5,14	2,21	2,01
Zinc	3,78	3,12	3,25	3,45	3,85	3,65	4,38	3,92	4,72	4,05
Sodio	28,66	46,28	17,32	49,21	22,24	8,92	45,11	45,11	9,22	14,64
Potasio	745,96	866,9	1048,38	826,61	705,64	987,9	685,48	523,9	796,37	745,96
Fósforo	98	363	429	263	244	381	123	85	334	56
Cobre	0,98	0,545	0,635	0,94	0,98	0,75	1,23	1,44	1,23	1,23

Fuente: Torrez *et al.*, (2002)

3.5. Usos de la quinua silvestre

De acuerdo a Mamani *et al.* (2013), la quinua silvestre es utilizada por los agricultores para la alimentación y medicina, los granos y hojas son utilizados desde hace miles de años atrás por los pobladores rurales.

Camargo y Rojas (2004) citado por Mamani *et al.* (2013), indican que los pobladores del Altiplano aprecian a la quinua silvestre por el potencial nutritivo que presenta.

Flores *et al.* (2008), mencionan que los granos son lavados y molidos para la elaboración de 'cistina negra' (galleta andina en idioma aymara) alimento que es

consumido por los pobladores rurales de Oruro y Potosí. También se los puede utilizar para elaborar productos como: harina de ajara, chicha de ajara (Miranda, 2010).

3.6. Morfología del cultivo de quinua

De acuerdo a Gandarillas (1979), la morfología de la quinua es importante ya que nos permite identificar las variedades de la especie *Chenopodium quinoa* Willd.

Raíz: La germinación de la quinua empieza al tener contacto con el agua, empezando a alargarse la radícula a medida que va creciendo da lugar a una raíz pivotante que llega a medir hasta 30 cm de profundidad.

Tallo: El tallo es cilíndrico en la base de la planta y anguloso en la parte superior, el color puede ser verde o verde con axilas coloradas, la altura varía de 50 cm a 2 m.

Hoja: La hoja está formada por el peciolo y la lámina, las hojas inferiores pueden llegar a medir 15 cm de largo y 12 cm de ancho, las hojas que se encuentran en la parte superior son pequeñas y carecen de dientes, la mayoría de las hojas presenta en la lámina tres nervios principales.

Inflorescencia: La inflorescencia de la quinua es racimosa y por la posición de las flores en el racimo se consideran como panoja, la longitud es variable de 15 a 70 cm, la forma de la inflorescencia puede ser amarantiforme y glomerulada, puede ser laxa o compacta, el tamaño de los glómérulos esféricos es variable, en las especies silvestres no pasa de los 5 mm y en la cultivada varía de 8 a 20 mm.

Flores: Las flores son pequeñas, en el glómérulo pueden ser hermafroditas o pistiladas, pueden presentarse en el mismo porcentaje o puede variar esto depende de la variedad, la flores pueden ser sésiles o pediceladas.

Fruto: El fruto de la quinua es aquenio y se encuentra cubierto por el perigonio que se encarga de darle color al fruto, el pericarpio que se encuentra pegado a la semilla, en el pericarpio se localiza la saponina que le da el sabor amargo.

Semilla: La semilla se encuentra envuelta por el episperma que es una membrana delgada, el embrión lo conforman los cotiledones y la radícula, envolviendo al perisperma que es almidonoso y de color blanco.

3.7. Fases Fenológicas de la quinua

Para Mujica y Canahua (1989) citado por Mujica *et al.* (2001), la quinua presenta doce fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales nos permite identificar los cambios que se dan durante el desarrollo de la planta.

Emergencia: Esto se da cuando la plántula sale del suelo extendiendo las hojas cotiledonales, esta fase se da entre 7 a 10 días después de la siembra, en esta fase las plántulas son susceptibles al ataque de aves.

Dos hojas verdaderas: Esta fase ocurre cuando aparecen dos hojas verdaderas extendidas y el siguiente par de hojas se encuentra en botón, esto ocurre entre 15 a 20 días después de la siembra, en esta fase ocurre el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas.

Cuatro hojas verdaderas: En esta fase se observan dos pares de hojas verdaderas, las hojas cotiledonales siguen presentes, esta fase ocurre entre 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula presenta resistencia al frío y sequía.

Seis hojas verdaderas: Se observa tres pares de hojas verdaderas, las hojas cotiledonales se tornan de color amarillo, esta fase ocurre entre 35 a 45 días después de la siembra, las hojas adultas protegen el ápice vegetativo cuando se encuentran sometidas a temperaturas bajas y por déficit hídrico.

Ramificación: En esta fase podemos observar ocho hojas verdaderas, las hojas cotiledonales se caen, también se nota presencia de inflorescencia que es protegida por las hojas sin dejar descubierta la panoja, esta fase ocurre entre 45 a 50 días después de la siembra, la parte baja del ápice es sensible a bajas temperatura y heladas.

Inicio de panojamiento: En esta fase se nota como la inflorescencia va emergiendo del ápice, las hojas pequeñas se aglomeran para cubrir a la panoja en sus tres cuartas partes, esta fase ocurre entre 55 a 60 días después de la siembra, se observa el ataque de q'hona-q'hona (*Eurisacca quinoae*).

Panojamiento: Es cuando la inflorescencia sobresale por encima del ápice, en los glomérulos de la base de la panoja se notan los botones florales individualizados, esta fase se da entre los 65 a 70 días después de la siembra.

Inicio de floración: En esta fase la flor se abre mostrando los estambres separados, esta fase se da entre 75 a 80 días después de la siembra, en esta etapa es sensible a la sequía y helada.

Floración o antesis: En esta fase el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, pudiéndola observar a medio día, esta fase se da entre 90 a 100 días después de la siembra,

Grano lechoso: En esta etapa el fruto al ser presionado explota y deja salir un líquido lechoso, en esta etapa el déficit de agua puede ser perjudicial, ocurre entre los 100 a 130 días después de la siembra.

Grano pastoso: Esta etapa es cuando el fruto al ser presionado manifiesta consistencia pastosa de color blanco, esto se da entre 130 a 160 días después de la siembra.

Madurez fisiológica: Es la última fase, la planta llega a su madurez, en esta fase el grano muestra resistencia al ser presionado, la planta se torna de color amarillo y las hojas se empiezan a caer, esto ocurre entre 160 a 180 días después de la siembra.

Por otra parte, Yzarra y López (s.f.), elaboraron un esquema representativo de las 10 fases fenológicas de la quinua que se muestra a continuación.

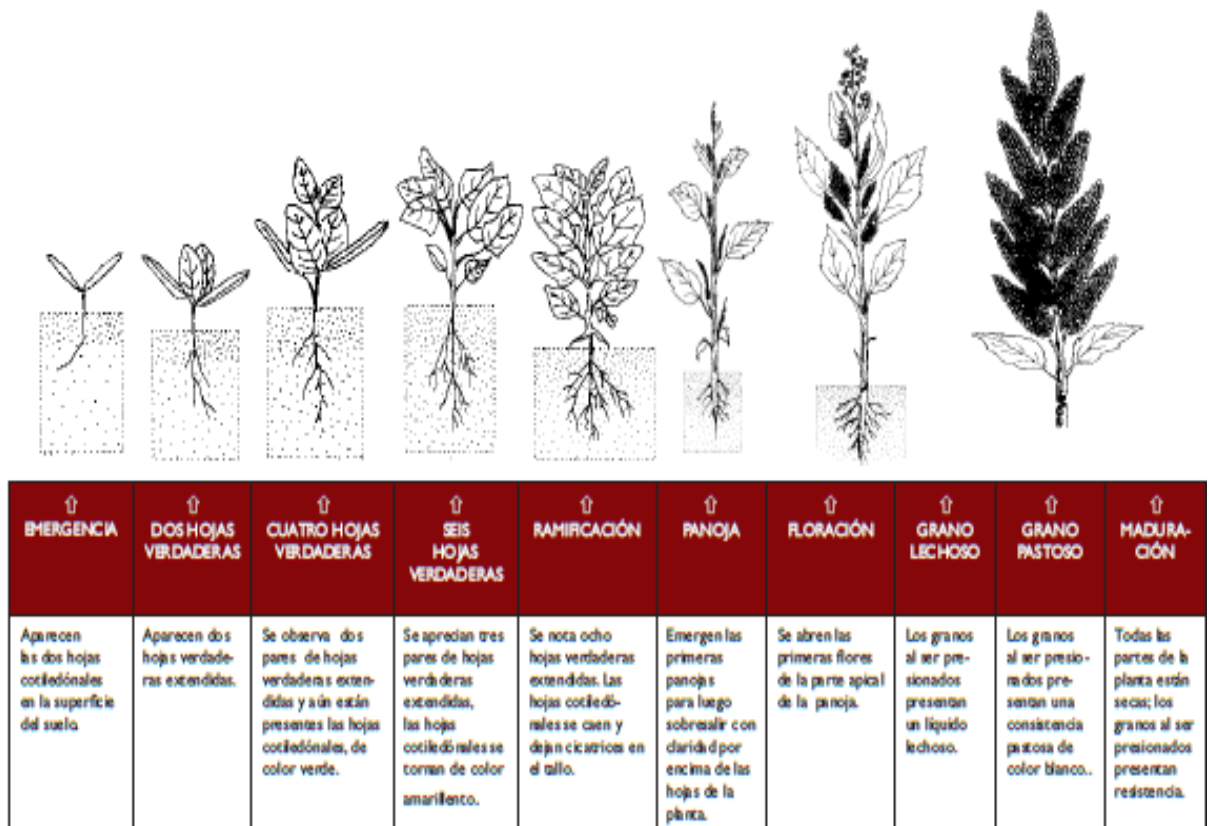


Figura 3. Fases fenológicas de la quinua (Yzarra y López, s.f.)

3.8. Diferencia entre cultivo anual y perenne

Los cultivos anuales viven una sola temporada y se los debe sembrar cada año, los primeros agricultores guardaban las mejores semillas de la cosecha, para poderlas sembrar la siguiente temporada y así mejorar los cultivos en menor tiempo, por lo contrario los cultivos perennes viven año tras año sin tener que sembrarlo nuevamente, pero no podrían mejorarse con facilidad como los cultivos anuales, sin embargo los cultivos perennes tienen ventaja sobre los cultivos anuales como la reducción de costos y el impacto ambiental asociado con el cultivo anual (Seaman, 2011).

3.9. Semilla

De Luca (s.f.), menciona que la semilla da origen a una nueva planta, se produce por la maduración del ovulo fecundado por un grano de polen, se forma en el ovario de la flor, las partes que conforman la semilla son: el embrión y el tegumento.

3.9.1. Fisiología de la semilla

Para Farrás (s.f.), la semilla tiene la capacidad de emerger y dar origen a nuevas plantas uniformes y vigorosas, al llegar a la madurez fisiológica alcanza su máxima viabilidad, desde ese momento empieza a envejecer y perder vigor ya que está expuesta a condiciones desfavorables.

3.10. Tratamiento de la semilla

De Luca (s.f.), indica que cada semilla requiere un tipo de tratamiento pregerminativo para llegar a germinar, ya que cada especie presenta un tipo de impedimento para llegar a germinar, esto puede ser por las siguientes causas:

- a) Ambiente desfavorable para su desarrollo, falta de humedad, temperatura inadecuada, a este tipo de inhibición se la conoce como quiescencia.
- b) El organismo presenta una combinación fisiológica que impide su crecimiento, a este tipo de inhibición se la conoce como latencia o dormancia.

3.10.1. Dormancia o latencia en semilla

La dormancia, es la incapacidad de una semilla viable para poder germinar, bajo condiciones favorables que son adecuadas para su germinación (Valera y Arana, 2011)

3.10.1.1. Tipos de latencia en la semilla

De Luca (s.f.), menciona los siguientes tipos de latencia en semilla:

a) Latencia exógena

* Física o mecánica: Es cuando el tegumento presenta cubierta impermeable.

* Química: Es cuando se presenta acumulación de sustancias químicas que impiden su germinación.

b) Latencia endógena

* Morfológica: Es cuando el embrión no se desarrolla por completo en la etapa de maduración.

* Del embrión: Para poder germinar requiere un periodo de enfriamiento en húmedo.

c) Latencia combinada

La latencia combinada puede ocurrir cuando se presentan simultáneamente la latencia de tipo exógena y endógena.

3.10.2. Tratamientos pregerminativos

Según Varela y Arana (2011), los tratamientos pregerminativos se realizan para poder romper la dormancia en la semilla, y para poder tener una germinación uniforme o rápida.

Para romper la latencia De Luca (s.f.) menciona los siguientes tratamientos:

a) Estratificación: Consiste en poner la semilla en agua, estratos húmedos, esto se realiza para superar la latencia en el embrión.

b) Escarificación: Consiste en romper o ablandar la cubierta de la semilla para que sean permeables al agua y gases.

* Mecánica: Consiste en realizar un raspado en la cubierta de la semilla, esto se puede hacer con la ayuda de una lija, arena o grava.

* Humedad con agua caliente: Se depositan las semillas en un recipiente con agua caliente a temperatura de 77 y 100°C, una vez terminado el tratamiento se debe sembrar.

* Con ácido: Consiste en colocar las semillas en bandejas no metálicas, se coloca una parte de semilla por dos de ácido, se debe agitar las semillas mientras dura el tratamiento, una vez terminadas se escurre el ácido y se lavan las semillas.

c) Lixiviación: Se deja remojando las semillas en agua, cambiándola regularmente, durante 12 y 24 horas, lo que nos ayuda a remover los inhibidores.

d) Combinación de tratamientos: Se realiza en semillas con más tiempo de letargo.

e) Hormonas y otros estimulantes químicos: Ayuda a estimular la germinación, entre ellas está el nitrato de potasio, tiourea, ácido giberilico y citokininas, el tiempo que dura depende de la especie que estamos tratando.

f) Imbibición en agua a temperatura ambiente: Se lo realiza para homogenizar la germinación, esto puede realizarse en semillas sin dormancia.

4. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro de investigación Kiphakiphani dependiente de la Fundación PROINPA ubicada en el municipio de Viacha, Provincia Ingavi del departamento de La Paz.

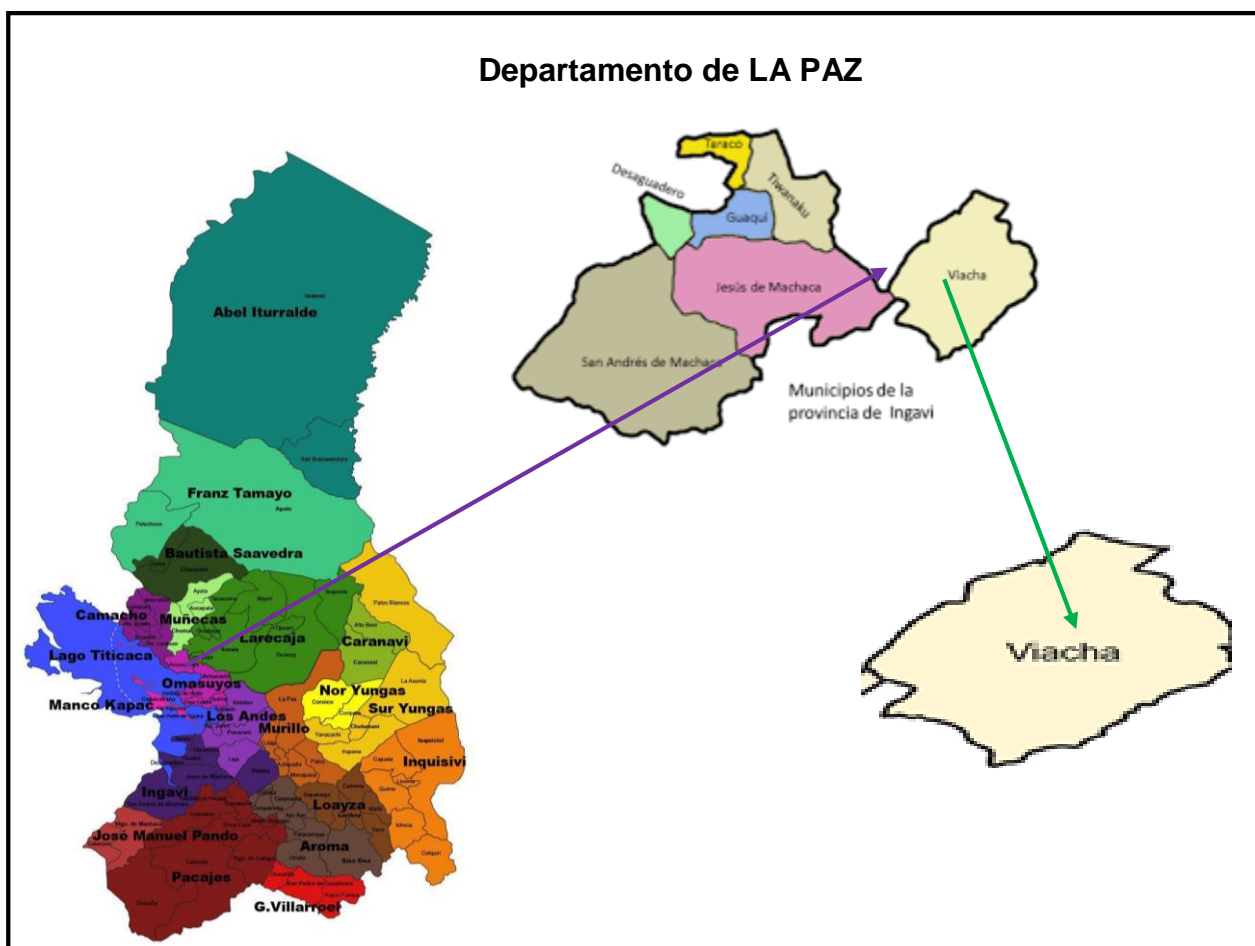


Figura 4. Mapa de ubicación del Municipio de Viacha

4.1. Ubicación geográfica

El centro de investigación de la Fundación PROINPA está ubicada a $16^{\circ}41'27''$ S (latitud Sur) y $68^{\circ}17'02''$ W (longitud Oeste), altitud 3.854 metros sobre el nivel del mar, se encuentra a 4 km al sur de la población de Viacha, aproximadamente a 30 Km de La Paz.



Figura 5: Ubicación del área experimental, en la estación Kiphakiphani dependiente de la fundación PROINPA

4.2. Descripción de la zona

4.2.1. Clima

El clima en el Municipio de Viacha es variable, la temperatura promedio en verano varía de 9.8 °C a 10.3 °C, en la época de invierno presenta un promedio mínimo anual de 5.1 °C, las heladas con mayor frecuencia se presentan en invierno y rara vez en verano, la humedad máxima y mínima que presenta es de 86.6% y 27.6%, la precipitación alcanza a 559 mm (SENAMHI, 2014).

4.2.2. Fisiografía y suelo

Callizaya (1994), menciona que la zona tiene una topografía ligeramente plana a ondulada, es susceptible a inundaciones, sequías, granizadas y heladas, el suelo es de origen aluvial con deposiciones finas.

4.2.3. Vegetación

En la estación Kiphakiphani, la vegetación que se observó está compuesta por especies nativas de tipo herbáceo, la mayoría pertenecen a la familia Poaceas

(gramíneas), además de otras especies herbáceas y arbustivas, entre las especies cultivables se tiene la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) y alfalfa (*Medicago sativa* L.).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- Semilla de quinua silvestre recolectada del Altiplano Boliviano (*Chenopodium quinoa var. melanospermum* y *Chenopodium sp.*)

5.1.2. Material de campo

- Sustrato de jardinería
- Lona
- Bolsas - maceta para plantas
- Marbete
- Regla
- Flexómetro
- Pala de jardinería
- Palitos de brocheta
- Mochila fumigadora de 5 l
- Manguera
- Atomizador
- Carretilla
- Pala
- Tijera
- Sobre manila
- Bolsas polietileno

5.1.3. Material de laboratorio

- Balanza analítica
- Balanza de precisión
- Placas Petri
- Calibrador digital

- Probeta de 10 ml
- Papel secante
- Piseta
- Pinza
- Platos
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio

5.1.4. Material de gabinete

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Cuaderno de datos

5.2. Metodología

El material genético integrado por quinua silvestre, ajara o semi - silvestre y testigo variedad comercial Jacha Grano, al ser considerado como factor o fuente de variación en los análisis estadísticos se denominó variedad en un sentido de variedad botánica.

5.2.1. Procedimiento experimental

En el presente trabajo se realizaron actividades previas para el proceso de investigación de la siguiente manera.

5.2.1.1. Registro de las muestras recolectadas de quinua silvestre

La semilla recolectada de quinua silvestre fue limpiada y se verificó la condición amarga mediante el análisis físico de la espuma, esto se hizo colocando las semillas de quinua silvestre y agua en un tubo de ensayo al agitarlo se tomó la altura de la espuma, esto para determinar su condición de dulce o amargo, como se observa en la figura 6 y cuadro 3.

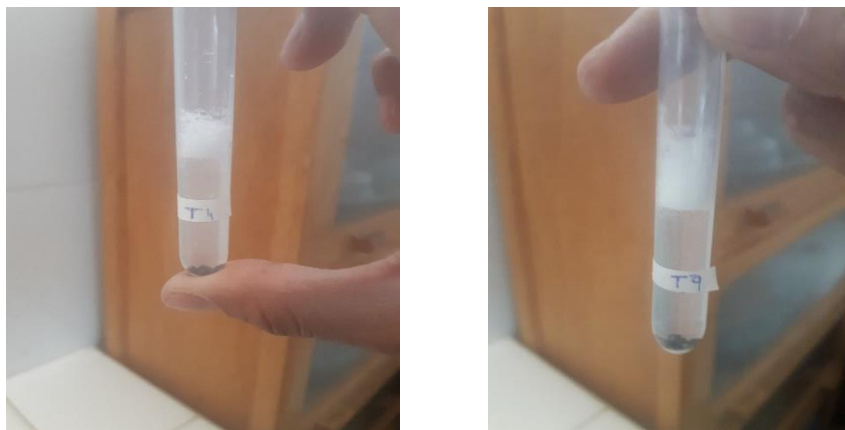


Figura 6: Medición de altura (cm) de saponina

Cuadro 3: Condición dulce o amarga de la quinua silvestre

Variedad	Quinua silvestre	Altura (cm) de la saponina	Condición amarga o dulce
V0 (testigo)	Jacha Grano	0,3 - 0,1	Poco amargo
V1	<i>Chenopodium sp.</i>	2 – 1.7	Amarga
V2	Escape 28-06-18 Orinoca	0,5 – 0,2	Poco amargo
V3	Ajara Tarachullpa rojo	1,3 – 1	Amargo
V4	Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018	1,2 – 1	Amargo
V5	Ajara 12 Lloco púrpura 2018	0,8 – 0,7	Poco amargo
V6	Ajara 13 Lloco verde 2018	1,7 – 1,3	Amargo
V7	Ajara Tarachullpa verde 2018	2,1 – 2	Amargo

V8	Ajara Ayamaya 1	0,8 – 0,7	Poco amargo
V9	Ajara Ayamaya 2	1,1 – 1	Amargo
V10	Orinoca 28 de junio 2018	1 – 0,9	Amargo

Fuente: Elaboración propia

Según Latinreco (1990), el método de la espuma es válido como un método semicuantitativo, para determinar la condición dulce o amarga de la quinua, el contenido de saponina se relaciona a la altura de la espuma, de 1 cm o menos de altura para la quinua dulce y para la quinua amarga superior a 1 cm.

El material genético utilizado fue proporcionado por la Fundación PROINPA.

La quinua silvestre recolectada se la registró en el libro de campo con las siguientes especificaciones:

V0 Jacha Grano: fue recolectada en el Altiplano Norte, departamento de La Paz, Provincia Ingavi, Municipio Viacha, los cultivos preponderantes son papa, cebada, alfalfa, haba, el departamento se encuentra a 3627 m.s.n.m.

V1 *Chenopodium sp.* : fue recolectada en campo natural en el Altiplano Sur, departamento de Potosí, Provincia Antonio Quijarro, Municipio Uyuni, a 4070 m.s.n.m.

V2 Escape 28-06-18 Orinoca: fue recolectada en el Altiplano Sur, departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Municipio Santiago de Andamarca, Distrito Orinoca, los cultivos preponderantes son papa, quinua, la localidad se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V3 Ajara Tarachullpa rojo: fue recolectada en el Altiplano Sur, departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Distrito Orinoca, Comunidad Tarachullpa, el cultivo preponderante es la quinua, la localidad se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V4 Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018: fue recolectada en el Altiplano Sur, departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Distrito Orinoca, Ayllu Sullca, Comunidad Tarachullpa, el cultivo preponderante es la quinua, la localidad se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V5 Ajara 12 Lloco púrpura 2018: fue recolectada en el Altiplano Sur en el departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Distrito Orinoca, Ayllu Collana, Comunidad Lloco, los cultivos preponderantes son papa, quinua, se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V6 Ajara 13 Lloco verde 2018: fue recolectada en el Altiplano Sur en el departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Distrito Orinoca, Ayllu Collana, Comunidad Lloco, los cultivos preponderantes son papa, quinua, se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V7 Ajara Tarachullpa verde 2018: fue recolectada en el Altiplano Sur, departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Distrito Orinoca, Ayllu Sullca, Comunidad Tarachullpa, el cultivo preponderante es la quinua, se encuentra a 3709 m.s.n.m.

V8 Ajara Ayamaya 1: fue recolectada en el Altiplano Central, departamento de La Paz, Provincia Aroma, Municipio Sica Sica, Comunidad Ayamaya, crece junto a especies forrajeras nativas y la quinua, se encuentra a 3627 m.s.n.m.

V9 Ajara Ayamaya 2: fue recolectada en el Altiplano Central, departamento de La Paz, Provincia Aroma, Municipio Sica Sica, Comunidad Ayamaya, se encuentran especies forrajeras, nativas y la quinua, se encuentra a 3627 m.s.n.m.

V10 Orinoca 28 de junio 2018: fue recolectada en el Altiplano Sur, departamento de Oruro, Provincia Sur Carangas, Municipio Santiago de Andamarca, Distrito Orinoca, los cultivos preponderantes son papa, quinua, se encuentra a 3709 m.s.n.m.

5.2.1.2. Evaluación de la viabilidad de las semillas de quinua silvestre

La viabilidad de las semillas de quinua silvestre, fue evaluada mediante la prueba de germinación por el método estándar placa Petri, para lo cual se preparó las placas Petri con papel secante para sembrar las semillas de quinua silvestre, se humedeció

cada placa Petri con la ayuda de una piseta que contenía agua. El registro del porcentaje de germinación fue de forma diaria durante 10 días obteniendo el porcentaje acumulado. Se encontró semilla dormante en una variedad de quinua silvestre (*Chenopodium sp.*), por lo cual se procedió a realizar pruebas de tratamientos pregerminativos, se estableció pruebas en laboratorio.

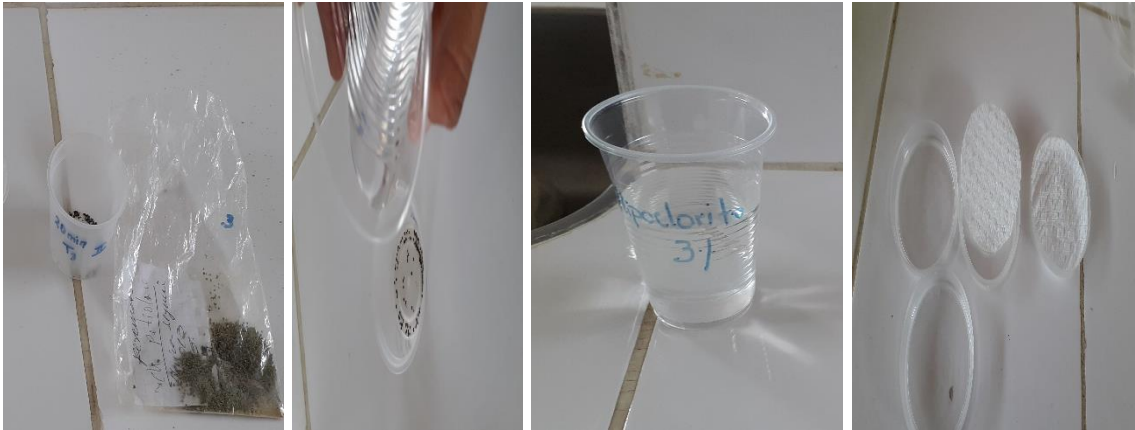


Figura 7: Escarificación química

Como se observa en la figura 7, para romper la dormancia se realizó la prueba de escarificación química sumergiendo la variedad de quinua silvestre *Chenopodium sp.* en solución de hipoclorito 3 cc en 100 ml de agua en diferentes tiempos, el primero en 15 minutos y el segundo en 20 minutos, después se sembró en placas Petri preparadas con papel secante húmedo, se pudo observar que, sumergiendo en 20 minutos en la solución de hipoclorito 3 cc en 100 ml de agua se obtiene mejores resultados.

5.2.1.3. Preparación del sustrato

El sustrato utilizado fue el de jardinería con proporciones iguales de tierra y turba se procedió a mezclar hasta obtener una mezcla homogénea, como se observa en la figura 8, una vez preparado el sustrato se procedió a llenar 220 bolsas – maceta de 20 cm x 30 cm.



Figura 8: Preparación del sustrato

5.2.1.4. Preparación del área de trabajo

El presente trabajo de investigación se realizó en invernadero con una temperatura promedio de 28 °C, donde la preparación del área de estudio se la hizo de forma manual. Se acondicionó 4 platabandas donde se pusieron 220 bolsas – maceta, distribuidas según el croquis del diseño experimental, se regó cada bolsa – maceta hasta llegar a la capacidad de campo, esto para realizar la siembra, como se observa en la figura 9.



Figura 9: Distribución de las bolsas – maceta en el área de estudio

5.2.1.5. Siembra

La siembra se realizó el 18 de febrero de 2019. De las 11 muestras en estudio, 10 fueron sembradas de manera directa, las bolsas – macetas se encontraban húmedas, se realizaron hoyos en forma de hileras en los que se distribuyó la semilla en chorro

continuo además se procedió a tapar cada hoyo con el mismo sustrato con la ayuda de un cernidor pequeño, se tapó con lonas todas las bolsas – maceta, como se observa en la figura 10. En el caso de la semilla *Chenopodium sp.* que presenta dormancia se empleó semilla pregerminada en placa Petri hasta el estado de emisión de la radícula y luego se procedió a la siembra en la bolsa – maceta.

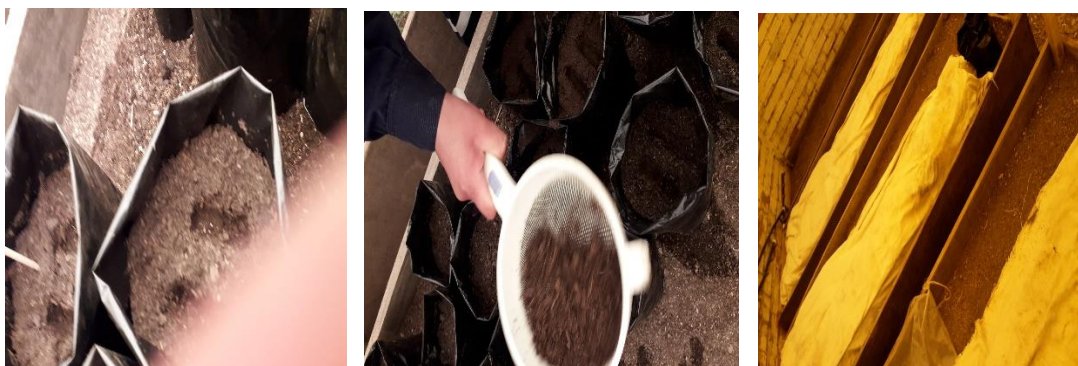


Figura 10: Siembra

5.2.1.6. Labores culturales

Se realizaron los siguientes labores culturales:

Control de malezas: El control de malezas se realizó de forma manual según lo necesario para evitar la competencia de nutrientes.

Raleo y aporque: Se realizó el raleo para uniformizar la densidad de las plantas para evitar la competencia de agua, luz y nutrientes el aporque se realizó a los 18 días después de la siembra.

Marbeteado y colocación de tutores: Para realizar el marbeteado de las plantas, se eligió al azar 5 plantas para cada unidad experimental, las plantas fueron marcadas con marbetes, se colocaron tutores con palitos de brocheta a cada planta esto se realizó en la etapa de ramificación.

Control de plagas: La plaga que se presentó fue la larva de la mosca (*Delia platura*), a los 9 días después de la siembra, causando daños y bajas en la población de

plántulas. Para controlar esta plaga se utilizó el insecticida Karate 2 ml y adherente Gomax 1 ml en 2,5 l de agua, se aplicó 2 veces en intervalos de 4 días.

Riego: El riego se lo hizo de manera continua hasta la ramificación, después se alternó día por medio.

5.2.1.7. Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual de acuerdo a la madurez que presentaba cada unidad experimental, para ello se observó que al presionar los granos con las uñas éstos no se deformen y presenten una consistencia dura. Las muestras fueron recolectadas y colocadas en sobres manila, posteriormente se las acomodó para que puedan secar, luego se procedió a realizar el trillado para finalmente ser almacenadas.

5.2.1.8. Procedimiento experimental

5.2.1.8.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el presente trabajo de investigación fue el de bloques al azar (DBA), con 10 variedades silvestres y 1 variedad comercial como testigo (Jacha Grano), se colocó 5 bolsas - maceta por variedad y 4 repeticiones haciendo un total de 220 bolsas - maceta, las variedades se sortearon al azar con la finalidad de hacer la distribución más dispersa. El modelo lineal aditivo se menciona a continuación.

5.2.1.8.2. Modelo lineal

Se utilizó el siguiente modelo lineal (Ochoa, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

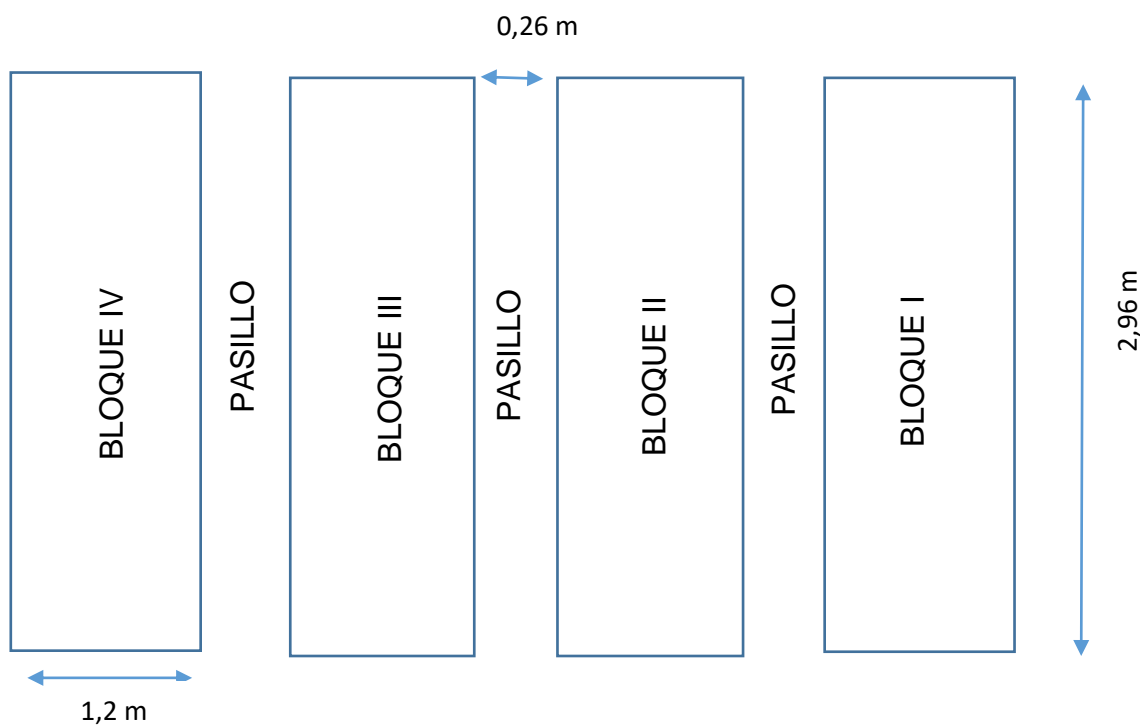
β_j = Efecto aleatorio del j-esimo bloque

T_i = Efecto fijo del i-esimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

5.2.1.8.3. Croquis experimental

BLOQUES	VARIEDADES										
Bloque I	V7	V9	V2	V4	V1	V3	V6	V10	V5	V0	V8
Bloquee II	V10	V3	V7	V8	V6	V1	V9	V0	V4	V2	V5
Bloque III	V0	V4	V8	V1	V5	V10	V7	V3	V2	V9	V6
Bloque IV	V3	V2	V6	V9	V10	V8	V5	V7	V10	V4	V1



5.2.1.8.4. Dimensiones de la unidad experimental

Las dimensiones utilizadas en el área experimental son las siguientes

Cuadro 4: Dimensiones de la unidad experimental

Área total de cada platabanda	3,55 m ²
Ancho de la unidad experimental	1,2 m
Largo de la unidad experimental	2,96 m
Distancia del pasillo	0,28 m
Distancia entre bolsas - macetas	0,16 m
Nº de variedades	11
Nº de bloques	4
Nº de plantas/unidad experimental	5
Nº total de bolsas - maceta	220

Fuente: Elaboración propia

5.3. Variables de respuesta

5.3.1. Determinación de las fases fenológicas

Los días transcurridos a las fases fenológicas se registraron desde la siembra de la siguiente manera:

Para la fase de emergencia se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50 % de las plántulas emergieron a la superficie. Para la fase de ramificación se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que se nota ocho hojas verdaderas extendidas en la planta. En la fase de floración se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta el momento

de la floración. Para la fase de madurez fisiológica se tomó en cuenta los días transcurridos desde el momento de la siembra hasta que la planta llega a su madurez. Para el rebrote se tomó en cuenta los días transcurridos después de la cosecha. Esto se determinó mediante observación visual registrando los cambios externos que presentaba el ciclo productivo de la planta.

5.3.2. Evaluación agromorfológica

5.3.2.1. Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre

La descripción del hábito de crecimiento y el fenotipo de la quinua silvestre se realizó de manera visual. Estos datos se registraron durante la cosecha y después de la cosecha.

5.3.2.2. Altura de la planta

Para el registro de los datos de altura de planta se tomó en cuenta 5 plantas elegidas al azar que fueron debidamente marbeteadas de cada unidad experimental, se midió desde la base hasta el ápice de la planta en centímetros (cm), con la ayuda de una regla y cuando superó los 30 centímetros se utilizó un flexómetro. Esta variable fue medida hasta el momento de la cosecha.

5.3.2.3. Diámetro de tallo

Para la medición del diámetro de tallo se tomaron en cuenta 5 plantas marbeteadas al azar de cada unidad experimental, esta variable fue medida en la base de la planta, desde el momento del panojamiento hasta la madurez fisiológica, la medición se realizó con la ayuda de un vernier digital registrando los datos en centímetros (cm).

5.3.2.4 Longitud de panoja

La medición de la longitud de panoja se la hizo con la ayuda de una regla graduada en cm, se tomaron en cuenta 5 plantas marbeteadas de cada unidad experimental, desde el momento de panojamiento hasta la madurez fisiológica, se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma, los datos fueron registrados en centímetros (cm).

5.3.2.5. Peso de grano caído por dehiscencia

El peso de grano caído por de dehiscencia es la pérdida de grano, es un carácter propio de la quinua silvestre, la medición de esta variable se realizó después del corte de la planta madura. En el caso de planta perenne se lo realizó en el momento de la cosecha de los granos maduros. Se tomaron en cuenta 5 plantas marbeteadas al azar de cada unidad experimental. Las plantas con grano maduro fueron sometidas a dos golpes con el dedo índice en cada panoja, los granos caídos fueron pesados en una balanza de precisión, los datos fueron registrados en gramos (g).

5.3.2.6. Índice de cosecha

Para registrar los datos del índice de cosecha se tomó en cuenta el peso seco de la planta y el peso de grano por planta de cada variedad, el cálculo del índice de cosecha se la realizó mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso de grano limpio}}{\text{Peso de planta seca}}$$

5.3.2.7. Diámetro y espesor de grano

La medición de las dimensiones del grano de quinua silvestre, se lo realizó en grano limpio de las 5 plantas marbeteadas al azar de cada unidad experimental, se tomaron en cuenta 5 granos al azar. Para la medición del diámetro y espesor de grano se utilizó un vernier digital, después se obtuvo un valor promedio para cada unidad experimental, los datos se registraron en milímetros (mm).

5.3.2.8. Peso hectolítrico del grano

Para la variable de peso hectolítrico se utilizó una probeta de 10 ml y un embudo hecho de papel, para llenar la probeta con la semilla posteriormente se llevó a pesar en una balanza de precisión, esto se realizó en laboratorio.

5.3.2.9. Viabilidad de semilla

Para la viabilidad de la semilla se tomó en cuenta el grano cosechado, se realizó mediante la prueba de germinación, esto se llevó a cabo en laboratorio, se preparó las placa Petri con papel secante donde se pusieron 50 semillas por variedad con 4 repeticiones, se humedeció cada placa Petri con la ayuda de una piseta, los datos de germinación fueron registrados durante 7 días.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, cuya finalidad fue conocer las características fenológicas y agronómicas de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

6.1. Emergencia

Con los datos registrados se realizó el siguiente análisis de varianza para los días a emergencia de las diferentes variedades.

Cuadro 5: Análisis de varianza para los días a la emergencia para el cultivo de quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	0,29	0,10	1,09	0,3688 NS
Variedad	10	112,29	11,23	124,93	<0,0001 **
Error	30	2,70	0,09		
Total	43	115,28			
CV	4,65				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

En el cuadro 5, del análisis de varianza se observa que no existe diferencia significativa entre bloques, sin embargo es altamente significativo las diferencias para los días a la emergencia entre variedades. El coeficiente de variabilidad fue de 4.65 %, este valor indica que se realizó un buen manejo en las unidades experimentales.

En la figura 11, se presenta los resultados de la prueba Duncan al 5 % de probabilidad para los días a emergencia en el cultivo de quinua silvestre.

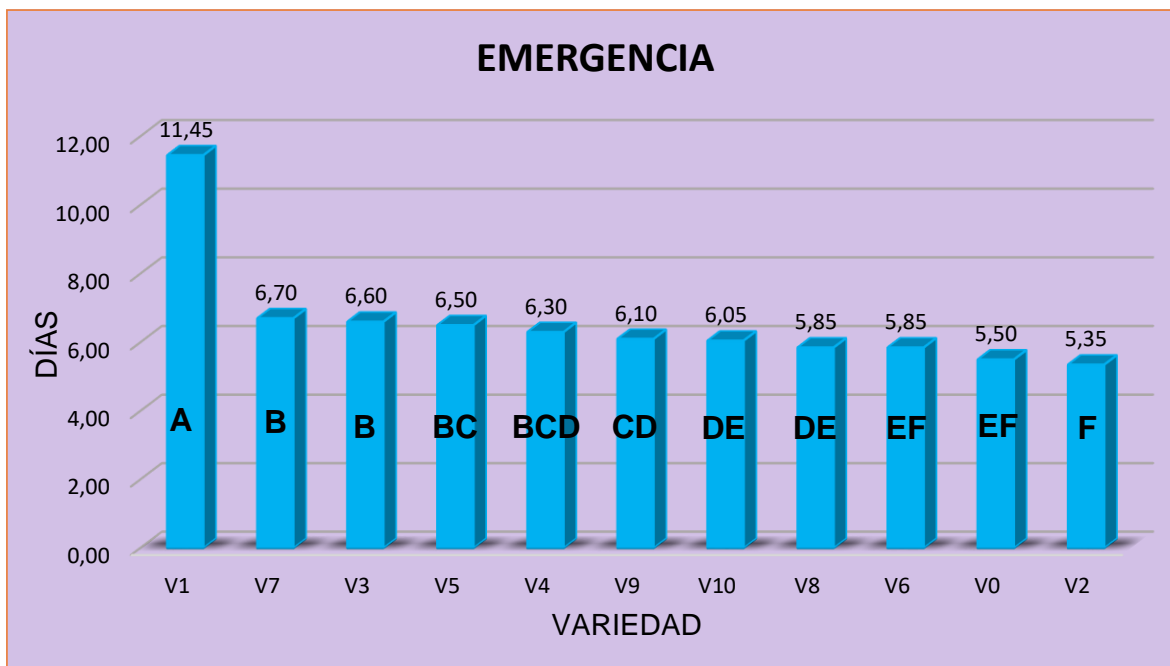


Figura 11: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la emergencia para el cultivo de quinua silvestre

En la prueba Duncan al 5 % (figura 11), para los días a la emergencia, se observa la formación de seis grupos, donde los días a emergencia varían de 5.35 a 11.45 días. En el primer grupo se encuentra la V1 (*Chenopodium sp.*) que emergió en 11.45 días después de la siembra, siendo la variedad que más días tardó en emerger. En el último grupo se encuentra la V2 (escape 28-06-18) que estadísticamente es la mejor variedad ya que emergió en 5.35 días después de la siembra, seguido de la V0 (Jacha Grano) que emergió en 5.50 días después de la siembra. Cómo se puede observar la V1 es la variedad que más días tardó en emerger en comparación con las demás variedades a pesar de ser sometido a proceso de pregerminación.

Gómez y Aguilar (2016), mencionan que si la semilla se encuentra bajo condiciones favorables pueden germinar rápidamente. Por otra parte Pinto (2015), en su investigación realizada en Chile indica que la emergencia se da entre 5 a 10 días.

Los datos obtenidos en el presente trabajo, se aproximan en los rangos mencionados por Pinto (2015), ya que las variedades de quinua silvestre estudiadas emergieron

entre 5.35 a 11.45 días después de la siembra, tomando en cuenta que el presente trabajo se realizó en ambiente de invernadero.

6.2. Ramificación

Los datos sometidos al análisis de varianza para los días a la ramificación de las diferentes variedades se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Análisis de varianza para los días a ramificación para el cultivo de quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	0,45	0,15	1,79	0,1711 NS
Variedad	10	558,55	55,85	658,29	<0,0001 **
Error	30	2,55	0,08		
Total	43	561,55			
CV	0,74				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

Según los resultados del análisis de varianza que se presenta en el cuadro 6, se observa que no hay diferencia significativa entre los bloques, por lo contrario es altamente significativo la diferencia entre las variedades con respecto a los días a la fase de ramificación, esto se da porque cada variedad presenta diferentes características. El coeficiente de variabilidad fue de 0.74 %, indicando que se realizó un buen manejo en las unidades experimentales.

En la figura 12, se muestra los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % para los días a la ramificación en el cultivo de quinua silvestre.

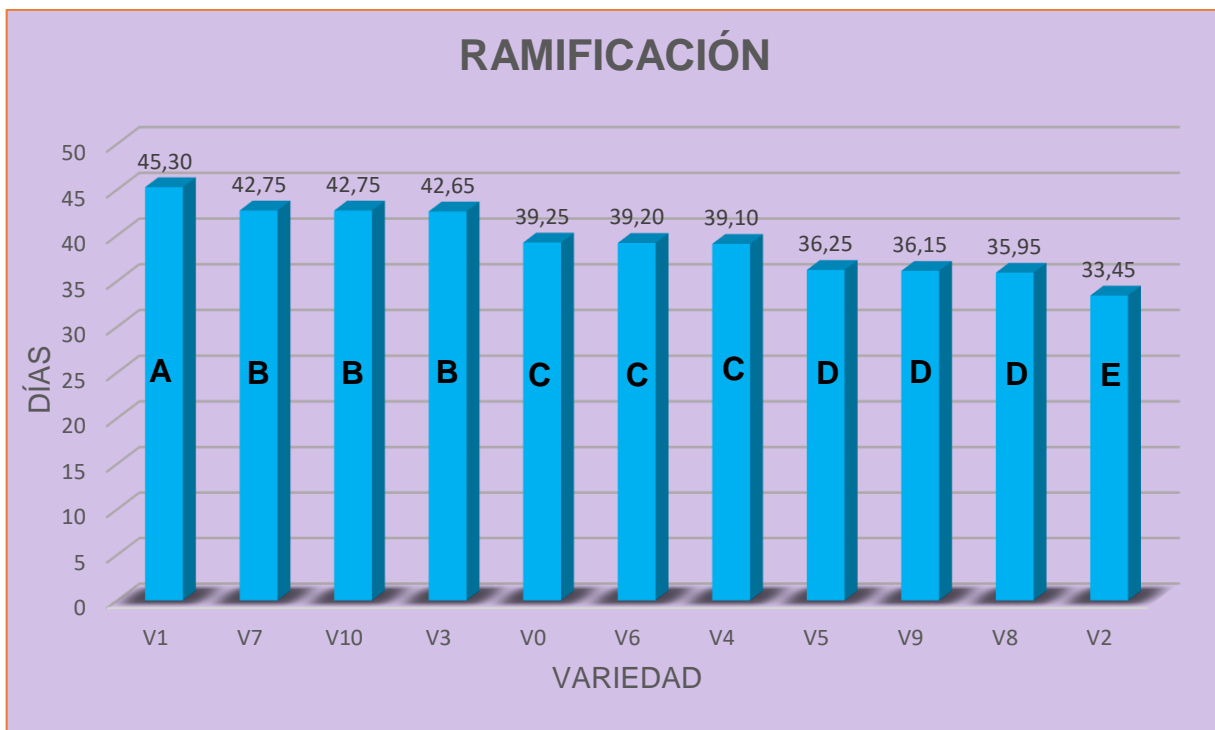


Figura 12: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la ramificación para el cultivo de quinua silvestre

De acuerdo a los resultados de la comparación de la prueba Duncan al 5 % (figura 12), para los días a la ramificación, se formaron cinco grupos diferenciados. En el primer grupo se encuentra la V1 (*Chenopodium sp.*) que llega a la fase de ramificación en 45.3 días después de la siembra, en el último grupo se encuentra la V2 (escape 28-06-18) que llega a la fase de ramificación en 33.45 días después de la siembra, siendo esta la variedad que en menos días pasa por esta fase, seguido de la V8 (Ajara Ayamaya 1) con 35.95 días, como se puede observar la V1 es el tratamiento que más días tarda en llegar a esta fase.

Pinto (2015), en el estudio que realizó de los aspectos fisiológicos de la quínoa en Chile indica que, la fase de ramificación se da entre 45 y 50 días posteriores a la siembra. Por otra parte Pérez (2005), reporta que la fase de ramificación en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se da en 45 días después de la siembra, en campo abierto.

Los datos obtenidos en el presente trabajo, realizado en invernadero, se aproximan a los rangos mencionados por ambos autores, ya que se registró de 33.45 a 45.3 días para llegar a la fase de ramificación, aunque se observa una ligera tendencia hacia la precocidad.

6.3. Floración

El análisis de varianza para los días a la floración se encuentra en el cuadro 7.

Cuadro 7: Análisis de varianza para los días a la floración para el cultivo de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	7,45	2,48	1,10	0,3662 NS
Variedad	10	437,05	43,70	19,27	<0,0001 **
Error	30	68,05	2,27		
Total	43	512,55			
CV	1,98				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 7, se puede observar que no existe diferencia entre los bloques, sin embargo se observa que es altamente significativo entre variedades, con respecto a los días a la floración. El coeficiente de variación es de 1.98 %, indicando que se realizó un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 13 se muestra los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % para los días a la floración en el cultivo de quinua silvestre.

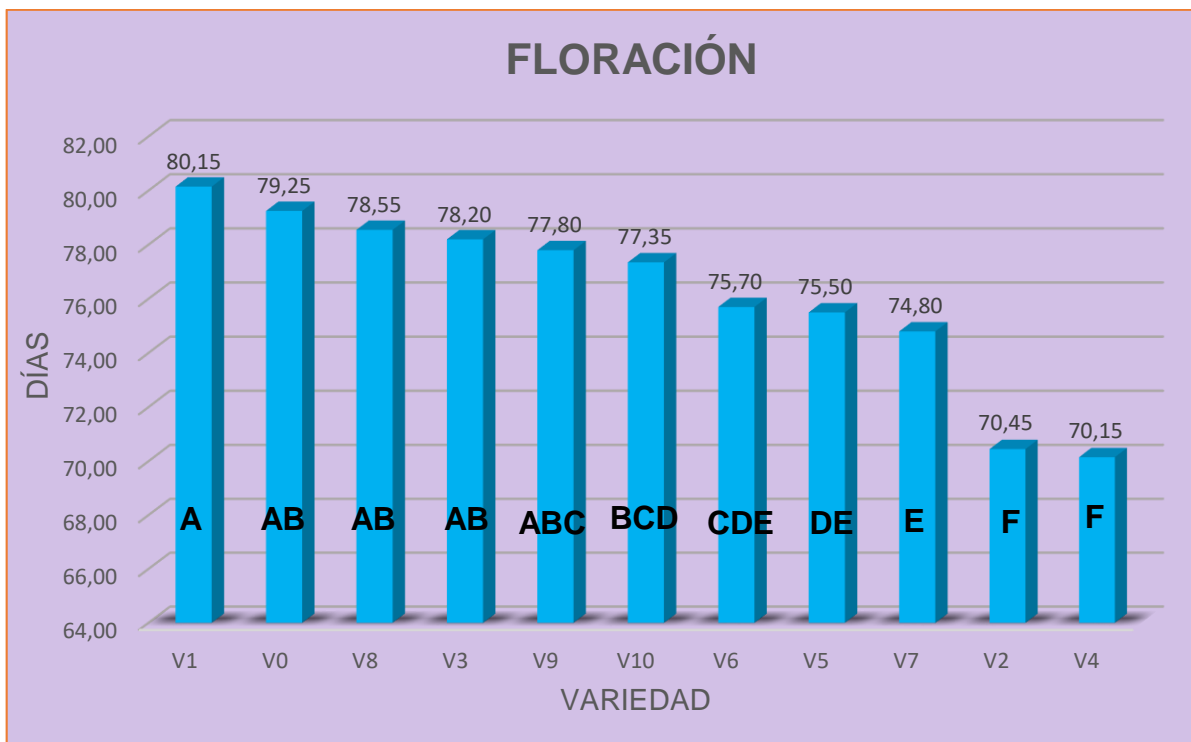


Figura 13: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la floración para el cultivo de quinua silvestre

En la prueba Duncan al 5 % realizado para los días a la floración (figura 13) se forma seis grupos, donde el primer grupo lo conforma la V1 (*Chenopodium sp.*) que llega a esta fase en 80.15 días después de la siembra, en el último grupo se encuentran las variedades V2 (escape 28-06-18) y V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) que pasan por esta fase en 70.45 y 70.15 días después de la siembra, como se puede observar la V1 es la variedad que más días tarda en llegar a la fase de floración existiendo una diferencia significativa en comparación a las demás variedades deduciéndose como de ciclo tardío hasta la fase de floración.

Para el caso de la quinua cultivada Gómez y Aguilar (2016), señalan que la fase de floración empieza cuando las flores se abren, esta fase puede durar poco tiempo o más depende de la variedad.

Según parámetros de características cuantitativas del germoplasma de quinua en Bolivia Rojas y Pinto (2013), indican que la fase de floración en un 50 % se da entre 60 días como mínimo y 145 días como máximo que son datos provenientes de campo.

Los resultados obtenidos en el trabajo realizado, se encuentran en un intermedio de días mínimos y máximos mencionados por los autores, ya que las unidades experimentales entran en la fase de floración entre 70.15 días y 80.15 días, aunque la tendencia hacia la mayor precocidad es evidente, datos obtenidos en ambiente invernadero.

6.4. Madurez fisiológica

Con la finalidad de evidenciar las diferencias estadísticas se realizó el análisis de varianza para la madurez fisiológica cuyo resultado se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8: Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica del cultivo de quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	15,34	5,11	2,10	0,1206 NS
Variedad	10	534,55	53,45	22,00	<0,0001 **
Error	30	72,91	2,43		
Total	43	622,80			
CV	1,08				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

En el cuadro 8, de análisis de varianza se observa que no existe diferencia entre bloques, en cambio en las variedades es altamente significativo, con respecto a los días a la madurez fisiológica, esto puede ser a causa de que presentan diferentes características. El coeficiente de variación es de 1.08 %, indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

La prueba Duncan al 5 %, realizada para los días a la madurez fisiológica en el cultivo de quinua silvestre, nos da los siguientes resultados (figura 14).

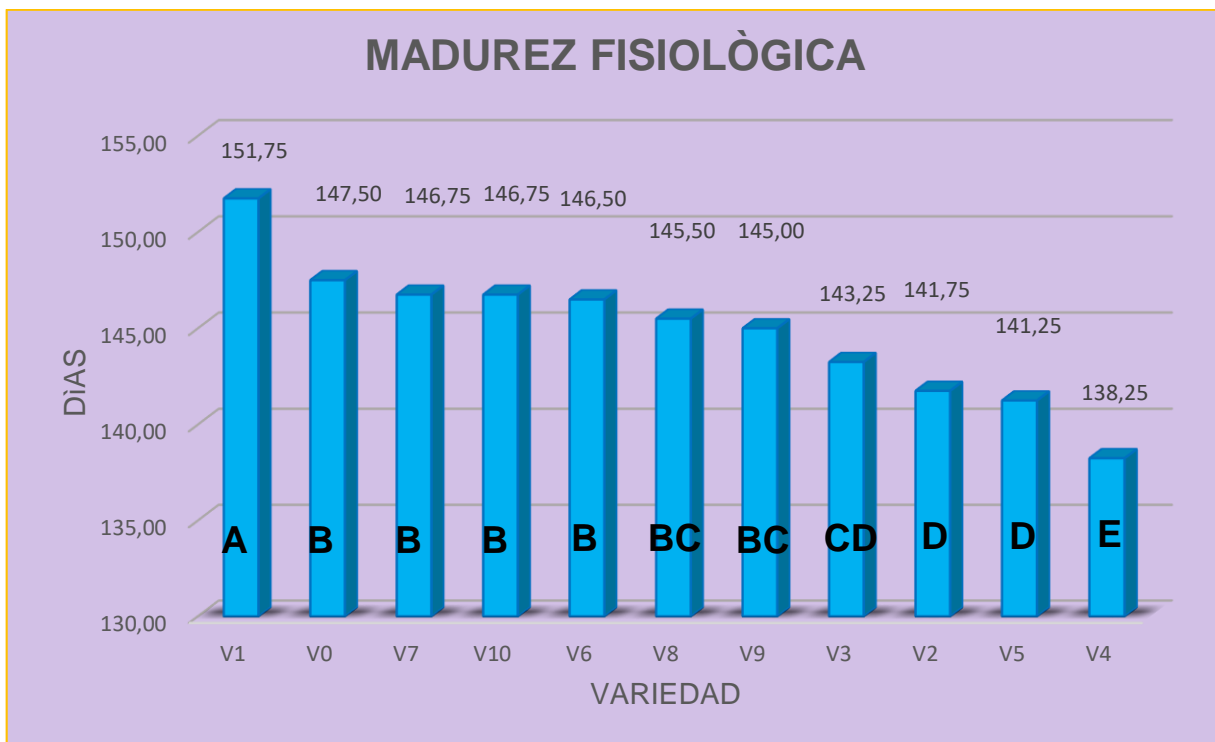


Figura 14: Prueba Duncan al 5 %, para los días a la madurez fisiológica para el cultivo de quinua silvestre

En la figura 14, observamos los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 %, para los días a la madurez fisiológica, donde se forma cinco grupos. El primer grupo lo conforma la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con un promedio de días a la madurez fisiológica de 151.75 días, esta variedad en relación a los demás variedades sería tardía, la variedad V8 (Ajara Ayamaya 1) que comparte medias similares con el segundo y tercer grupo pasa por la fase de madurez fisiológica en un promedio de 145.50 días, siendo un intermedio entre las variedades, el último grupo lo conforma la variedad V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) que entra a la fase de madurez fisiológica en un promedio de 138.25 días, siendo esta la variedad que presentaría mayor precocidad.

Pinto (2015), señala que hay factores que afectan la fenología de la quinua, retrasando las diferentes fases fenológicas. Señalar también que mientras se realizaba el trabajo de investigación en los primeros días del mes de mayo se registraron bajas temperaturas y la hora luz se acortaba (invierno).

Para Mujica *et al.* (2001), la madurez fisiológica puede variar desde los 90 días hasta los 240 días en el material genético del Perú. Sin embargo Rojas y Pinto (2013), de acuerdo parámetros de características cuantitativas del germoplasma de quinua en Bolivia, indican que hay accesiones que llegan a la madurez en 110 días como mínimo y 209 días como máximo esto en campo.

Según Fernández y Sahonero (2013), al evaluar las fases fenológicas de 8 taxones de quinua silvestre en Bolivia, trabajo realizado en invernadero, la madurez fisiológica se da entre 140 días y 158 días.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo realizado en ambiente invernadero nos muestran que hay variedades que llegaron a la madurez fisiológica en menos de 140 días como menciona Fernández y Sahonero (2013), como también hay variedades que llegaron a esta fase en 151.75 días como máximo, esto también depende del genotipo de cada accesión.

6.5. Rebrote

En la figura 15, se puede observar los días al rebrote en la quinua silvestre.

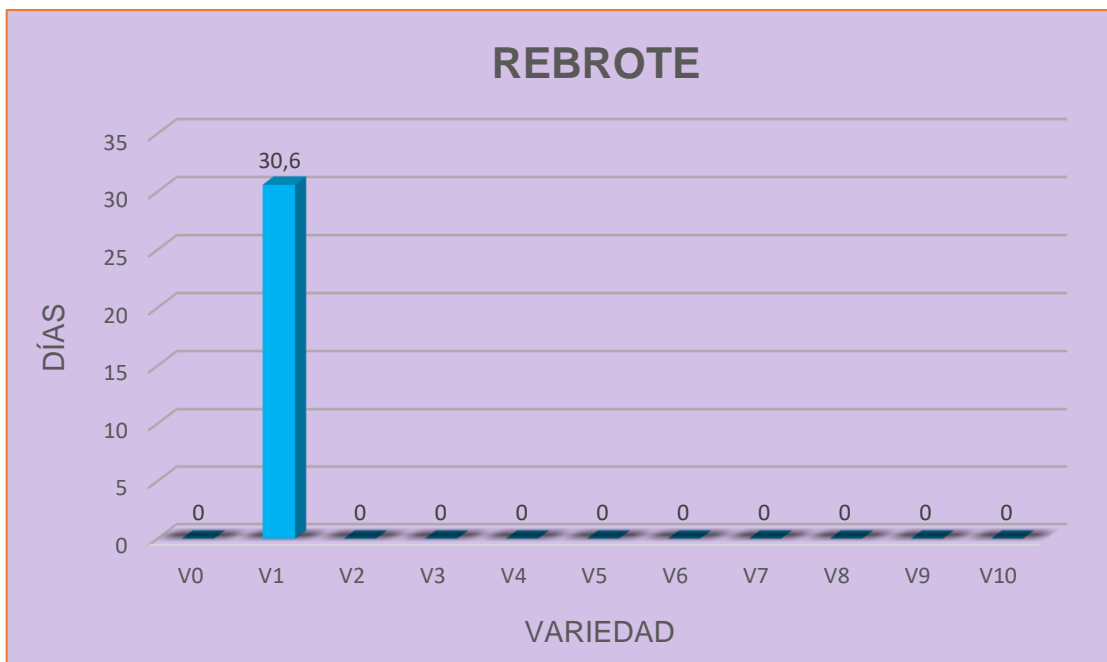


Figura 15: Días al rebrote en la quinua silvestre

En la figura 15 se puede observar que para los días al rebrote la V1 (*Chenopodium sp.*) es la única variedad que presenta esta característica, que se da a los 30.6 días después de la cosecha, con esto se puede mencionar que esta variedad presentó características perennes, las demás variedades como se puede observar no presentan esta característica siendo anuales en su ciclo productivo.

Jewsbury (2016), menciona que las plantas perennes pueden vivir más de una temporada de crecimiento.

Para Marchegiani (1985), el rebrote puede darse si la planta aún conserva:

- Área foliar
- Nivel de reserva acumulada

Por otra parte Beguet y Bavera (2001), indican que el rebrote se da por la cantidad de material fotosintético que conserva y la reserva de carbohidratos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que la muestra *Chenopodium sp.* recolectada del altiplano Sur presenta ciclo de vida plurianual o perenne ya que vegeta más de una vez, en comparación a las demás variedades de quinua silvestre. Esta característica podría ser de importancia para el mejoramiento genético de la quinua, si el interés fuera por la perenialidad del cultivo.

6.6. Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre

El registro del hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre se detalla en el siguiente cuadro 9.

Cuadro 9: Hábito de crecimiento y fenotipo de la quinua silvestre

Nº	Variedad	Hábito de crecimiento (densidad de panoja)	Color de tallo	Color de panoja	Color de grano
V0	Jacha Grano (testigo)	Simple (compacto)	Verde	Verde	Blanco
V1	<i>Chenopodium sp.</i>	Ramificado (laxa)	Verde plomizo	Verde plomizo	Negro
V2	Escape 28-06-18 Orinoca	Ramificado (laxa)	Púrpura	Púrpura	Café - negro
V3	Ajara Tarachullpa rojo	Ramificado (laxa)	Púrpura - verde	Púrpura	Café
V4	Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018	Ramificado (laxa)	Rojo	Rojo	Negro
V5	Ajara 12 Lloco púrpura 2018	Ramificado (laxa)	Rosado - verde	Verde - rosado	Negro – café
V6	Ajara 13 Lloco verde 2018	Ramificado (laxa)	Verde	Verde	Negro
V7	Ajara Tarachullpa verde 2018	Ramificado (laxa)	Verde	Verde	Café - negro
V8	Ajara Ayamaya 1	Ramificado (intermedio)	Verde axila roja	Púrpura	Amarillo

V9	Ajara Ayamaya 2	Ramificado (intermedio)	Rosado - purpura	Verde - purpura	Café
V10	Orinoca 28 de junio 2018	Ramificado (laxa)	Verde	Verde	Negro

El material evaluado presenta variación en el hábito de crecimiento, siendo ramificado y simple, con panoja laxa, compacta e intermedia.

El color del tallo y panoja varía entre verde, púrpura, rojo y verde con axila roja. El color del grano fue predominantemente negro y café como se tiene conocimiento en el saber local como en la bibliografía reportada (Huacaca 2014 y otros) sin embargo, en el presente trabajo se ha evidenciado la segregación del color negro al color amarillo que constituye información nueva al respecto.

Para Mamani *et al.* (2013), la quinua silvestre expresa características morfológicas distintivos de ella que no son comunes en la quinua cultivada, como ser el color de grano, tallo ramificado y la dehiscencia del grano.

6.7. Altura de planta

Con los datos obtenidos se realizó el siguiente análisis de varianza para la altura de planta.

Cuadro 10: Análisis de varianza para la altura de planta de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	64,80	21,60	4,15	0,0124 *
Variedad	10	1409,68	140,97	27,12	<0,0001 **
Error	30	155,95	5,20		
Total	43	1630,43			
CV	4,69				

Significativo (*); Altamente significativo (**)

El análisis de varianza para la altura de planta (cuadro 10), nos muestra que hay diferencia entre bloques lo que significa que influyó las condiciones del ambiente en el invernadero, también podemos observar diferencia altamente significativa entre variedades, mostrando así que las variedades no tuvieron un crecimiento homogéneo en cuanto a la altura de planta, esto puede ser por que presentan diferencias genéticas y/o capacidad fisiológica diferente, que conduce a mayor o menor crecimiento de las plantas. El coeficiente de variación es de 4.69 % muestra que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 16, observamos los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 %, para la altura de planta en el cultivo de quinua silvestre.

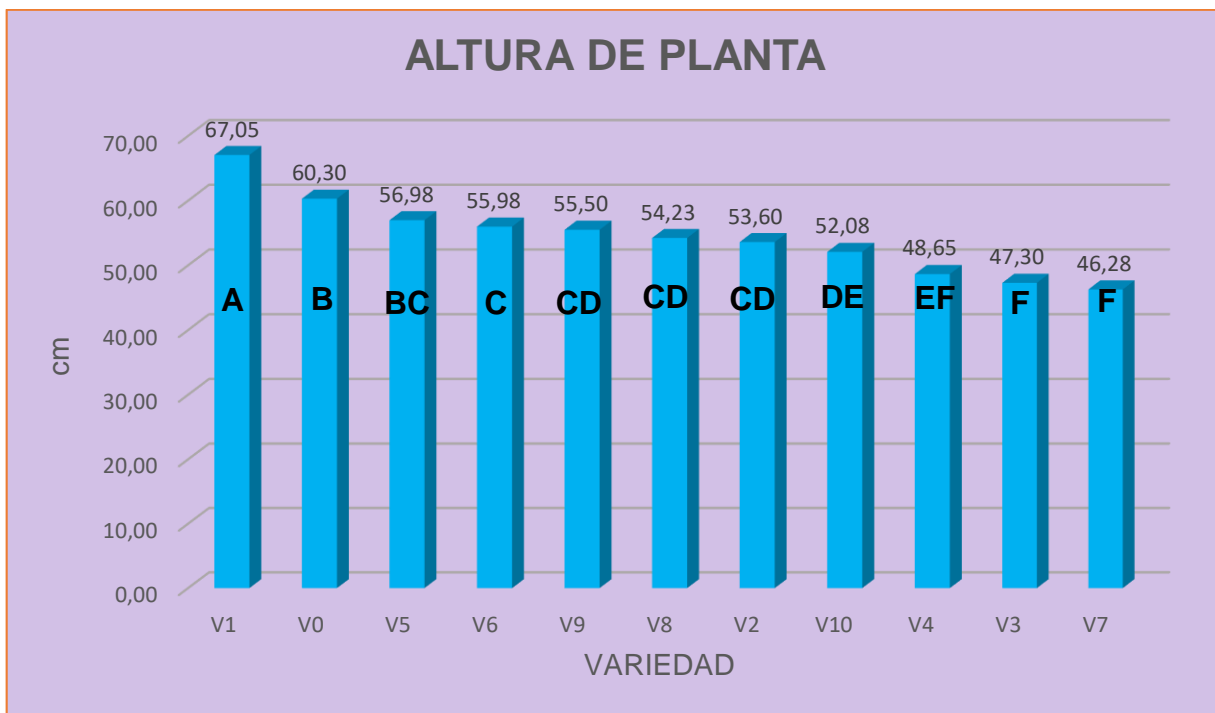


Figura 16: Prueba Duncan al 5 %, para altura de planta

Según los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % (figura 16) para la altura de planta, apreciamos seis grupos. El primer grupo está conformado por la V1 (*Chenopodium sp.*) que alcanzó una altura promedio de 67.05 cm siendo esta la variedad con mayor altura, seguido de la V0 (Jacha Grano) que alcanzó una altura promedio de 60.30 cm, en último grupo se encuentran las variedades V3 (Ajara Tarachullpa rojo) y V7 (Ajara Tarachullpa verde 2018) con un promedio de 47.30 y 46.28 cm, siendo estas variedades con menor altura en relación a las demás variedades. Como se puede observar la altura de planta de las variedades no son similares esto se puede atribuir a que cada variedad tiene diferentes características genéticas que pueden determinar mayor eficiencia en captación de radiación solar, nutrientes y de agua.

Respecto a la altura de la planta Gómez y Aguilar (2016), indican que es un carácter muy variable, llegando a medir de 0,5 m (50 cm) hasta 3 m (300 cm), esto también está influenciado por ciertos factores como ser la densidad de siembra y la captación de nutrientes.

Rojas y Pinto (2013) señalan, que la quinua del Altiplano llega a medir una altura de 0,5 m (50 cm) hasta 1,5 m (150 cm). Sin embargo Huacara (2014), en su trabajo de investigación reporta que la quinua silvestre (ajara) llega alcanzar una altura de 36.43 cm hasta 49.61 cm, datos registrados en campo en el Altiplano Central.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se asemejan a los mencionados por los autores citados, ya se registraron datos desde los 46.28 cm a 67.05 cm, dejando constancia de que el presente trabajo se realizó en ambiente invernadero y entrando a temporada de invierno.

6.8. Diámetro de tallo

Para el diámetro de tallo registrado a la madurez fisiológica, se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 11: Análisis de varianza para el diámetro de tallo de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	3,4E-03	1,1E-03	4,50	0,0101 *
Variedad	10	0,11	0,01	42,41	<0,0001 **
Error	30	0,01	2,5E-04		
Total	43	0,12			
CV	4,63				

Significativo (*); Altamente significativo (**)

El cuadro 11, presenta el análisis de varianza para el diámetro de tallo donde se observa que hay diferencia altamente significativa entre las variedades, también se puede observar que existe diferencia entre bloques, esto significa que influyó las

condiciones del ambiente en el invernadero. El coeficiente de variación es de 4.63 %, este valor muestra que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 17 se puede observar los resultados Duncan al 5 %, para el diámetro de tallo para el cultivo de quinua silvestre.

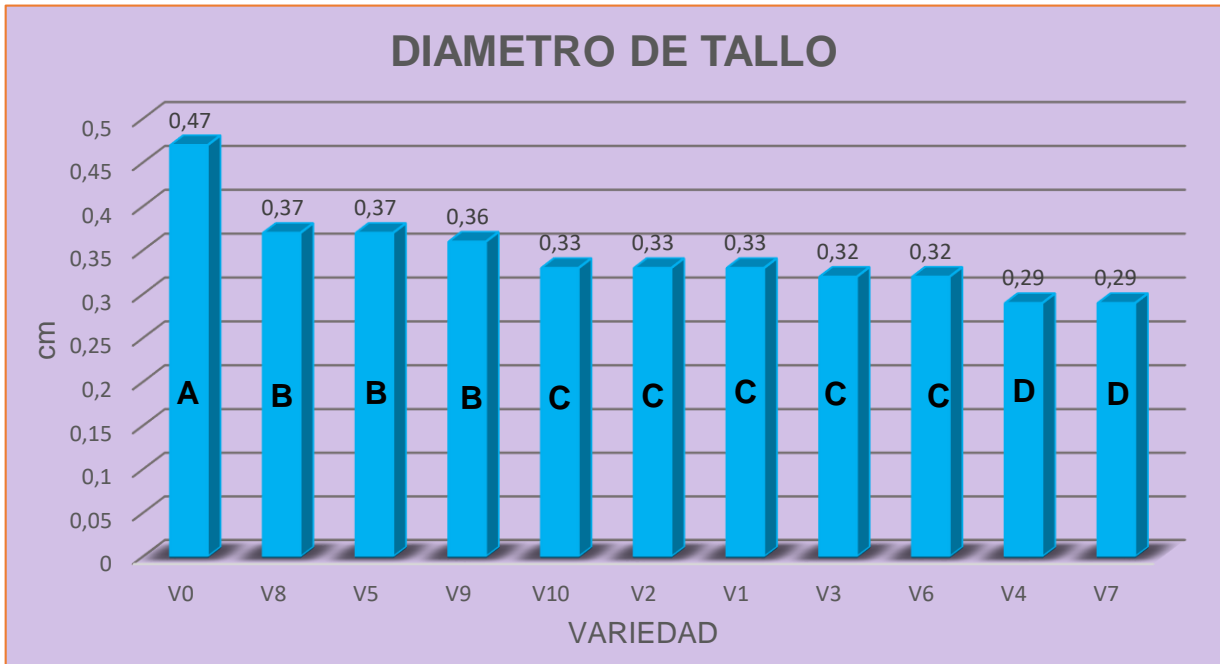


Figura 17: Prueba Duncan al 5 %, para diámetro de tallo

En la prueba Duncan al 5% de probabilidad, para el diámetro de tallo (figura 17) muestra cuatro grupos diferenciados. El primer grupo lo conforma la V0 (Jacha Grano) con un promedio de diámetro de tallo de 0.47 cm, mostrando superioridad ante las demás variedades, seguido de las variedades V8 (Ajara Ayamaya 1) y V5 (Ajara Lloco púrpura 2018) ambos con un promedio de diámetro de tallo de 0.37 cm, el último grupo lo conforman las variedades V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) y V7 (Ajara Tarachullpa verde 2018) ambas con un promedio de diámetro de tallo de 0.29 cm, siendo estas las variedades que menor diámetro de tallo presentaron en comparación a las demás variedades.

Según Mujica *et al.* (2001), el diámetro de tallo es variable dependiendo de la variedad, genotipo y las condiciones del cultivo.

Camargo (2003) citado por Huacara (2014), reporta que en las quinuas silvestres el diámetro de tallo está en rangos de 0,46 cm en tallo delgado y 1,45 cm en tallo grueso. Por su parte Huacara (2014), en su investigación en quinua silvestre (ajara) registra datos de 0.54 cm a 0.77 cm, datos registrados en campo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se aproximan al rango de tallo delgado mencionado por Camargo (2003) y por debajo de los datos registrados por Huacara (2014), esto puede deberse a las diferentes características intrínsecas de cada variedad, tomando en cuenta que el trabajo se realizó en ambiente invernadero y entrando a temporada de invierno.

6.9. Longitud de panoja

Para la longitud de panoja se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 12: Análisis de varianza para longitud de panoja de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	12,28	4,09	4,05	0,0157 *
Variedad	10	300,05	30,00	29,72	<0,0001 **
Error	30	30,29	1,01		
Total	43	342,62			
CV	6,32				

Significativo (*); Altamente significativo (**)

El análisis de varianza (cuadro 12), para la longitud de panoja nos muestra que existe diferencia altamente significativa entre variedades, también se puede observar que existe diferencia significativa entre bloques, significa que influyó las condiciones del

ambiente en el invernadero (pared lateral), se tiene un coeficiente de variación de 6.32 %.

A continuación se puede observar los resultados realizados con la prueba Duncan al 5 %, para la longitud de panoja para el cultivo de quinua silvestre (figura 18).

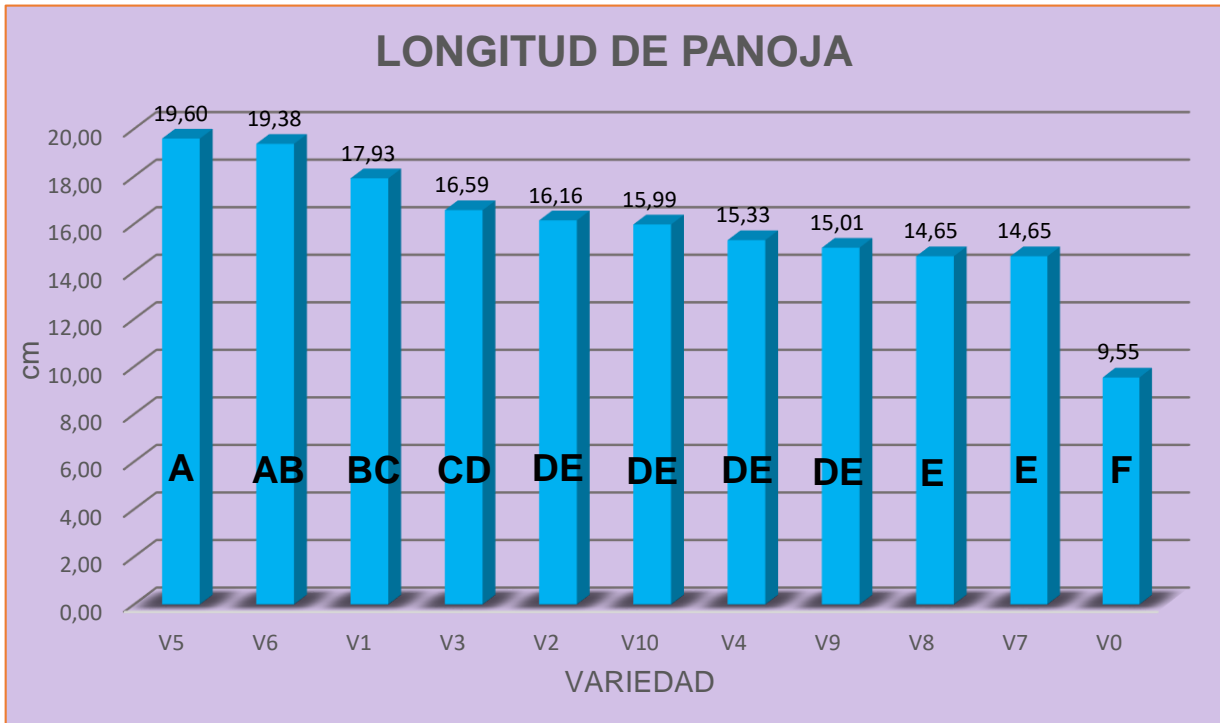


Figura 18: Prueba Duncan al 5 %, para la longitud de panoja

De acuerdo a los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % (figura 18). Se observa la formación de seis grupos, en el primer grupo se encuentra la variedad V5 (Ajara 12 Lloco púrpura 2018) con un promedio de longitud de panoja de 19.60 cm, siendo el que presenta mejor promedio de longitud de panoja, seguido de la V6 (Ajara 13 Lloco verde 2018) con un promedio de longitud de panoja de 19.38 cm, el último grupo lo conforma la V0 (Jacha Grano) que tiene un promedio de longitud de panoja de 9.55 cm, siendo esta la variedad que menor promedio de longitud de panoja tuvo en relación a las demás variedades, sin embargo cabe mencionar que la quinua silvestre presentó panoja laxa o menos concentrada en sus glomérulos.

Mujica *et al.* (2001), indican que la longitud de panoja puede variar según sea la variedad, la región donde se desarrolle, el genotipo y la fertilidad del suelo.

Por otra parte Gómez y Aguilar (2016), según su trabajo indican que la longitud de panoja en la quinua cultivada puede variar de 15 a 70 cm, datos registrados en campo. Sin embargo Huacara (2014), en su trabajo de investigación hecho en campo, registra que la longitud de panoja en quinua silvestre puede ser de 16.16 cm a 22.04 cm

Los resultados en el presente trabajo realizado en ambiente invernadero, la longitud de panoja varía de 19.60 cm a 9.55 cm, que se asemejan a los resultados obtenidos por Huacara (2014).

6.10. Peso de grano caído por dehiscencia

Con los datos registrados del peso de grano caído por dehiscencia se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 13: Análisis de varianza para el peso de grano caído por dehiscencia en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	5,9E-05	2,0E-05	1,24	0,3112 NS
Variedad	10	0,03	2,6E-03	56,48	<0,0001 **
Error	30	4,7E-04	1,6E-05		
Total	43	0,03			
CV	3,86				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

En el cuadro 13 de análisis de varianza del peso de grano caído por dehiscencia se puede observar que existe diferencia altamente significativa entre las variedades, en

cuanto los bloques se puede observar que no existe diferencia, el coeficiente de variabilidad es de 3,86 % lo que significa que hay buen manejo de las unidades experimentales.



Figura 19: Prueba Duncan al 5 %, para el peso de grano caído por dehiscencia

En la prueba Duncan al 5 % de probabilidad (figura 19), para el peso de grano caído por dehiscencia, representado por el grano caído al ser sometido a golpe manual, se observa seis grupos diferenciados. Donde el primer grupo lo conforma la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con un promedio de peso de grano caído de 0.15 g, siendo la variedad que más pérdida de grano presenta, la variedad V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) que se encuentra en el tercer grupo presenta regular pérdida de grano por dehiscencia con promedio de 0.10 g, en el último grupo se encuentra la V0 (Jacha Grano) con un promedio de 0.04 g, que presenta una ligera pérdida de grano por dehiscencia, esta es la variedad que menor pérdida de grano presentó.

Mamani *et al.* (2013), señalan que las plantas de quinua silvestre al llegar a su madurez, sus granos pueden llegar a caer con facilidad, puede ser ocasionado por

factores climáticos. Por su parte Mujica & Jacobsen (2006), indican que los frutos de las especies silvestres presentan gran dehiscencia.

La dehiscencia es un carácter propio de las especies silvestres, para el presente trabajo realizado en ambiente invernadero, se tomó en cuenta el promedio de planta por bolsa - maceta, sin embargo se observó diferencias al interior de estas, lo cual indicaría el grado de domesticación o la categoría de escape que presentan estas muestras.

6.11. Índice de cosecha

Con los datos obtenidos, para el índice de cosecha se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 14: Análisis de varianza del índice de cosecha de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	0,03	0,01	4,07	0,0154 NS
Variedad	10	0,33	0,03	15,68	<0,0001 **
Error	30	0,06	2,1E-03		
Total	43	0,42			
CV	12,83				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

Se puede observar en el cuadro 14 de análisis de varianza que no existe diferencia significativa entre los bloques, en cuanto a las variedades podemos observar que si existe diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación es de 12.83% lo que indica que hubo un manejo aceptable de las unidades experimentales.

Realizada la prueba Duncan al 5 %, para el índice de cosecha se encontraron tres grupos (figura 20).

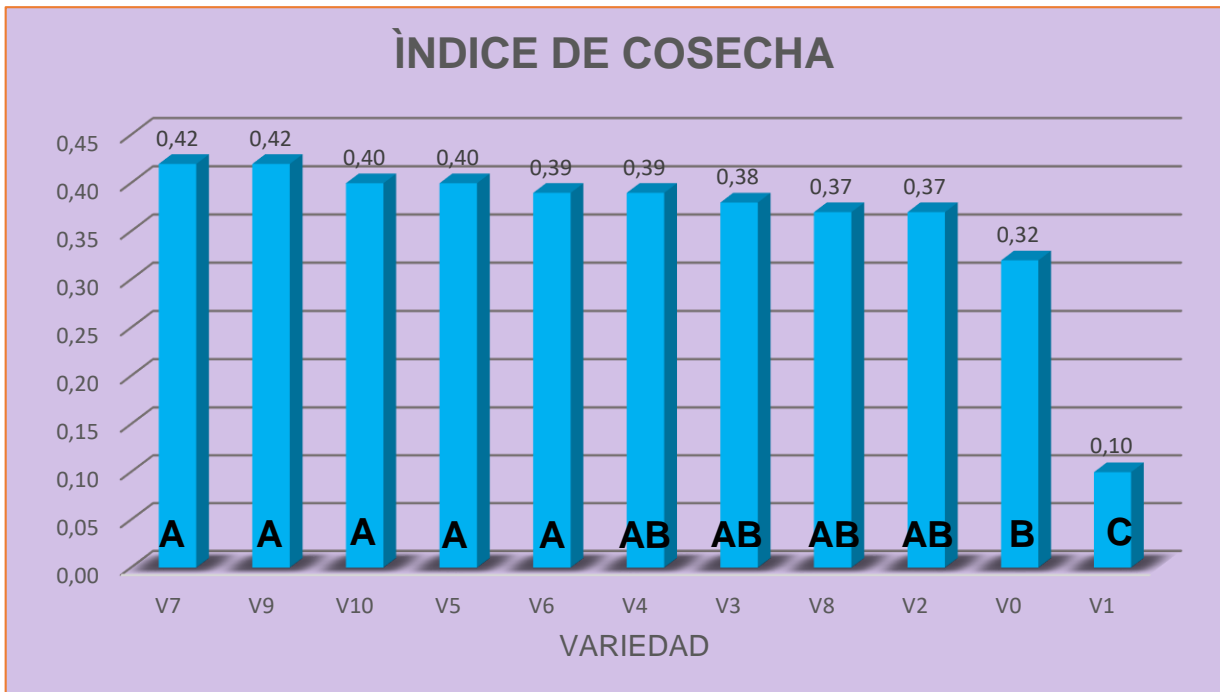


Figura 20: Prueba Duncan al 5 %, para el índice de cosecha

En la figura 20, se muestra los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % de probabilidad, para el índice de cosecha, donde se forma tres grupos, las variedades con mayor índice de cosecha son las V7 (Ajara Tarachullpa verde 2018) y V9 (Ajara Ayamaya 2) ambos con 0.42, esto significa que el 42% es grano y 58% es broza, el último grupo lo conforma la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con 0.10, esto significa que el 10% es grano y el 90% es broza, esta es la variedad que presentó menor índice de cosecha en comparación a las demás variedades.

Para el índice de cosecha Mujica *et al.* (2001) mencionan, que la quinua cultivada alcanza un índice de 0.21 a 0.45 datos tomados en campo.

Por otra parte en estudios realizados por Bonifacio y Saravia (2006), en diferentes genotipos de quinua en condiciones de campo, para el genotipo de la Ayara, el índice de cosecha fue de 0,35.

Cabe mencionar que bajo condiciones de invernadero, las plantas han permanecido con hojas a diferencia de campo donde las hojas caducas se desprenden. Esta puede ser una explicación al bajo índice de cosecha. Obtenido en el presente trabajo ya que algunas muestras de quinua silvestre, oscilan entre 0.10 a 0.42.

6.12. Diámetro de grano

Se realizó el siguiente análisis de varianza con los datos registrados.

Cuadro 15: Análisis de varianza del diámetro de grano en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	0,01	2,4E-03	1,16	0,3415 NS
Variedad	10	4,04	0,40	197,79	<0,0001 **
Error	30	0,06	2,0E-03		
Total	43	4,10			
CV	2,74				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

El análisis de varianza (cuadro 15), muestra que las diferencias observadas entre bloques no son significativas, en cuanto a las variedades con relación al diámetro de grano es altamente significativo, el coeficiente de variación es de 2.74 %.

En la figura 21, se presentan los resultados de la prueba Duncan al 5 %, para el diámetro de grano de las diferentes variedades.

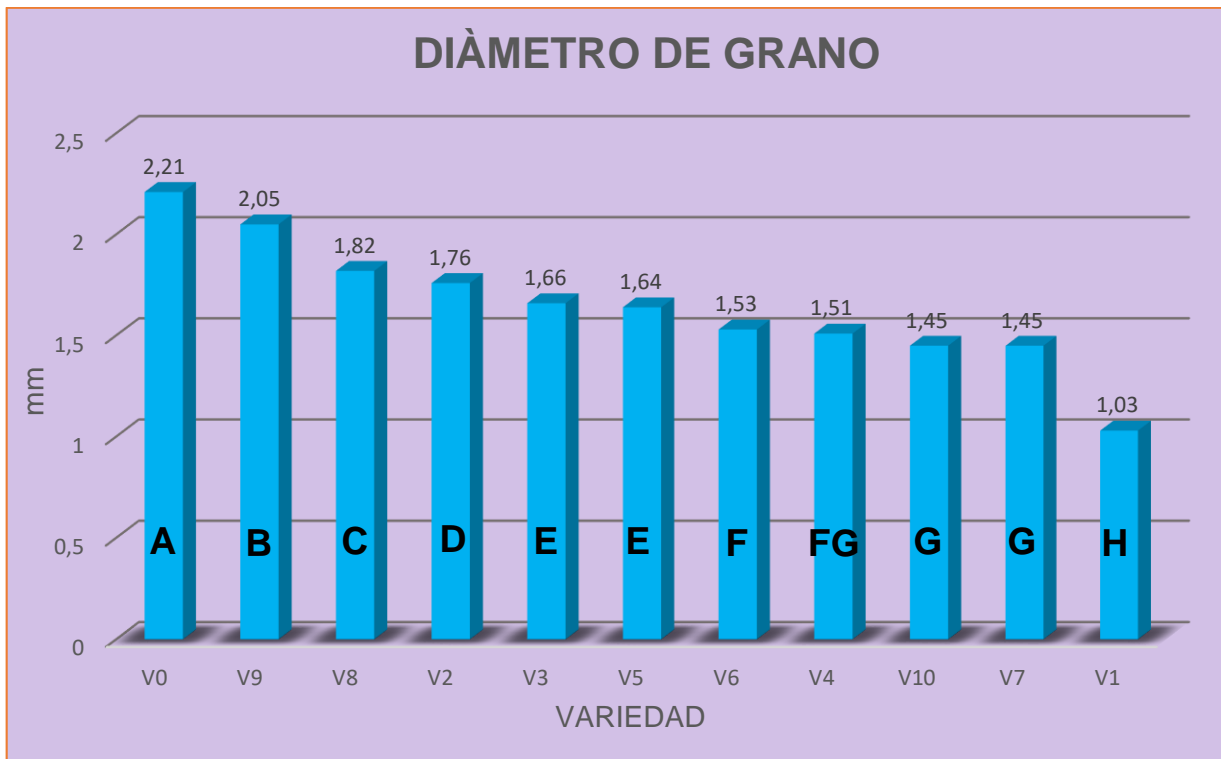


Figura 21: Prueba Duncan al 5 %, para el diámetro de grano

Los resultados de la prueba Duncan al 5 % (figura 21) para el diámetro de grano, muestra ocho grupos. El primer grupo lo conforma la V0 (Jacha Grano), con un promedio de diámetro de grano de 2.21 mm, superando a las demás variedades, seguido de la V9 (Ajara Ayamaya 2) que se encuentra en el segundo grupo con un promedio de diámetro de grano de 2.05 mm, en el último grupo se encuentra la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con un promedio de diámetro de grano de 1.03 mm, siendo esta la variedad que menor diámetro de grano tuvo en comparación a las demás variedades.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, el diámetro de grano de las diferentes variedades se encuentran en rangos aceptables para las variedades silvestres, aunque es evidente que la variedad V9 (Ajara de Ayamaya 2) se asemeja al diámetro de grano del testigo V0 (Jacha Grano) que es la variedad comercial.

Fernández y Sahonero (2013) cita a Bonifacio *et al.* (1997), que indican que el diámetro del grano es un carácter cuantitativo, que puede ser afectada por el efecto ambiental.

Reynaga *et al.* (2011), en su trabajo de investigación, en el análisis físico del grano menciona que los granos de color tienen 25 % de grano mediano, aunque este valor es mayor para la variedad Ajara. Por su parte Bonifacio y Saravia (2006), evaluaron genotipos de quinua en función al tamaño de grano, registrando para la variedad Ayara 1,92 mm de diámetro de grano.

6.13. Espesor de grano

Con los datos registrados se realizó el siguiente análisis de varianza, que se presenta en el cuadro 16.

Cuadro 16: Análisis de varianza del espesor de grano en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	2,6E-03	8,6E-04	0,66	0,5860 NS
Variedad	10	0,47	0,05	36,10	<0,0001 **
Error	30	0,04	1,3E-03		
Total	43	0,51			
CV	4,11				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

En el cuadro 16, se puede observar que no existe diferencias significativas entre los bloques, en relación a las variedades se puede observar que existe diferencia altamente significativa. El coeficiente de variación es de 4.11 % que indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales.

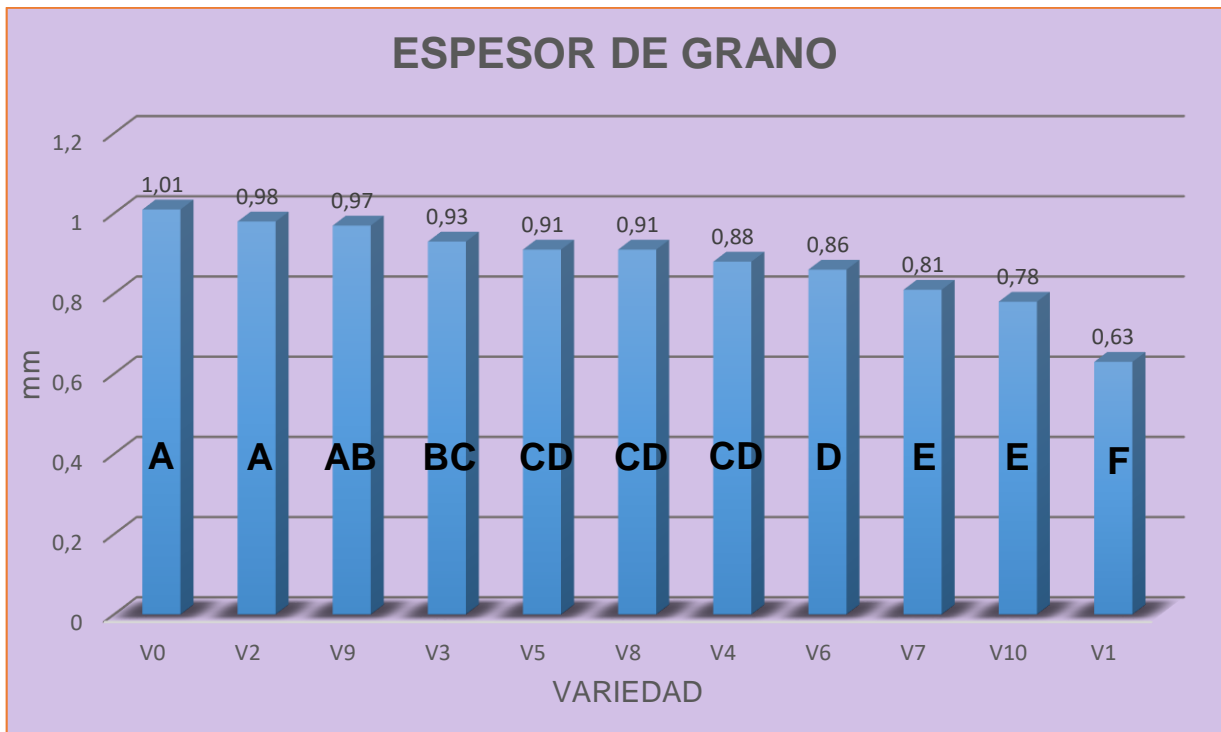


Figura 22: Prueba Duncan al 5 %, para espesor de grano

En los resultados obtenidos con la prueba Duncan al 5 % (figura 22), para el espesor de grano, observamos seis grupos. Donde el primer grupo lo conforman las variedades V0 (Jacha Grano) y V2 (escape 28-06-18) con un promedio de espesor de grano de 1.01 y 0.98 mm, en el último grupo lo conforma la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con un promedio de espesor de grano de 0.63 mm, es la variedad que mayor diferencia tiene en comparación a las demás variedades.

Fernández y Sahonero (2013), mencionan que el espesor de grano está influenciadas por diferentes factores ya sean genóticas o del medio ambiente.

Bonifacio y Saravia (2006), al evaluar diferentes genotipos de quinua en función al tamaño de grano, registraron que la variedad Ayara presenta un espesor de 1.21 mm. Reynaga *et al.* (2011) mencionan que al evaluar el espesor del grano de quinua en diferentes ecotipos, registraron en la variedad Ajara un valor de 1.273 mm en grano grande y 1.154 en grano mediano y 0.876 en grano pequeño.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo realizado en ambiente invernadero, se aproximan al espesor de grano pequeño 0.876 mm mencionado por Reynaga *et al.* (2011), ya que los datos registrados se encuentran en los rangos de 0.98 mm y 0.63 mm en la variedad silvestre, en la variedad cultivada se registró un espesor de 1.01 mm.

6.14. Peso hectolítico de grano

Para el peso hectolítico se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 17: Análisis de varianza para el peso hectolítico en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	0,98	0,33	0,80	0,5056 NS
Variedad	10	43,73	4,37	10,69	<0,0001 **
Error	30	12,27	0,41		
Total	43	56,98			
CV	0,86				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

Según los resultados del análisis de varianza que se presenta en el cuadro 17, se puede observar que no existe diferencia significativa entre los bloques, en cuanto a las variedades muestra diferencia altamente significativa. El coeficiente de variación es de 0.86 % que indica que hubo un manejo aceptable de las unidades experimentales.

En la figura 23, se pueden observar los resultados de la prueba Duncan al 5 %, para el peso hectolítico.

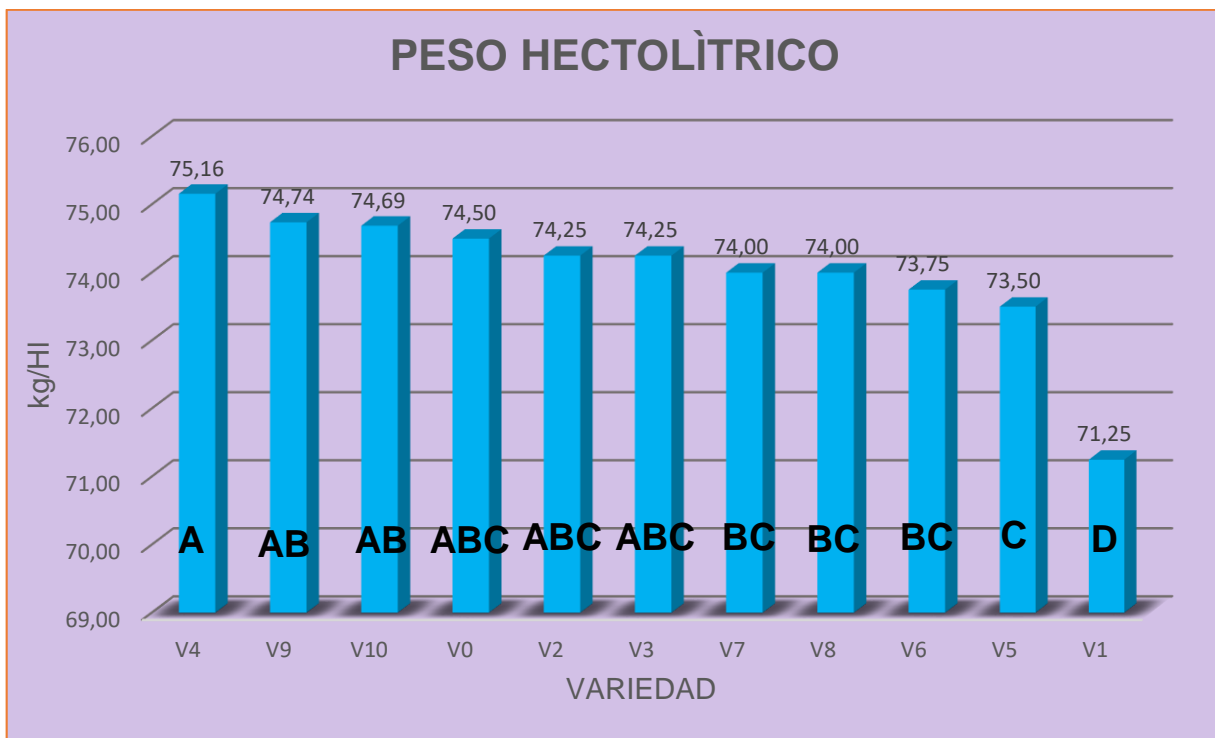


Figura 23: Prueba Duncan al 5 %, para el peso hectolítico

La prueba Duncan al 5 % para el peso hectolítico (figura 23) muestra cuatro grupos. El primer grupo lo conforma la variedad V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) con 75.16 kg/HI, presentando el valor más alto en promedio para el peso hectolítico, en segundo lugar se encuentra la V9 (Ajara Ayamaya 2) con un promedio de 74.74 kg/HI, el último grupo lo conforma la V1 (*Chenopodium sp.*) que presenta un promedio de 71.25 kg/HI, esta es la variedad que registró el valor más bajo de peso hectolítico. El peso hectolítico nos permite conocer las variedades que sobresalen en el peso de grano contenido en un volumen de 100 litros.

La Cámara Nacional de la Industria Molinera de trigo (2006), señalan que el peso hectolítico es el peso que indica la calidad física del grano, es decir que tan sano se encuentra el grano.

Bonifacio y Saravia (2006), en su investigación realizado en campo, mencionan que al evaluar diferentes genotipos relacionados en función al tamaño de grano, la variedad Ayara presenta un peso hectolítico de 69.1. Así mismo Reynaga *et al.* (2011), señalan

que al evaluar el peso hectolítrico en diferentes ecotipos de quinua, registraron que el ecotipo de la Ajara presenta un peso hectolítrico de 68,38 Kg/HLi.

Sin embargo en el presente trabajo, se registraron promedios de 75.16 kg/Hl a 71.25 kg/Hl, que están por encima a los datos mencionados por ambos autores, esto pudo deberse a que ha completado normalmente el llenado de grano en ambiente controlado (invernadero).

6.15. Viabilidad de semilla

Para la viabilidad de la semilla obtenida en condiciones de invernadero, se realizó el siguiente análisis de varianza.

Cuadro 18: Análisis de varianza de la viabilidad de semilla de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*)

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloques	3	104,00	34,67	1,03	0,3952 NS
Variedad	10	61556,91	6155,69	182,12	<0,0001 **
Error	30	1014,00	33,80		
Total	43	62674,91			
CV	12,25				

No significativo (N.S.); Altamente significativo (**)

En el cuadro 18, de acuerdo al análisis de varianza efectuado para la viabilidad de la semilla se puede observar que no existe diferencia significativa entre bloques y entre variedades se puede observar que existe diferencia altamente significativa. El coeficiente de variación es de 12.25 %.

Considerando los valores registrados en el cuadro 18, las variedades presentaron diferencias significativas, se realizó la prueba Duncan para la viabilidad de la semilla, esto se observa en la figura 24.

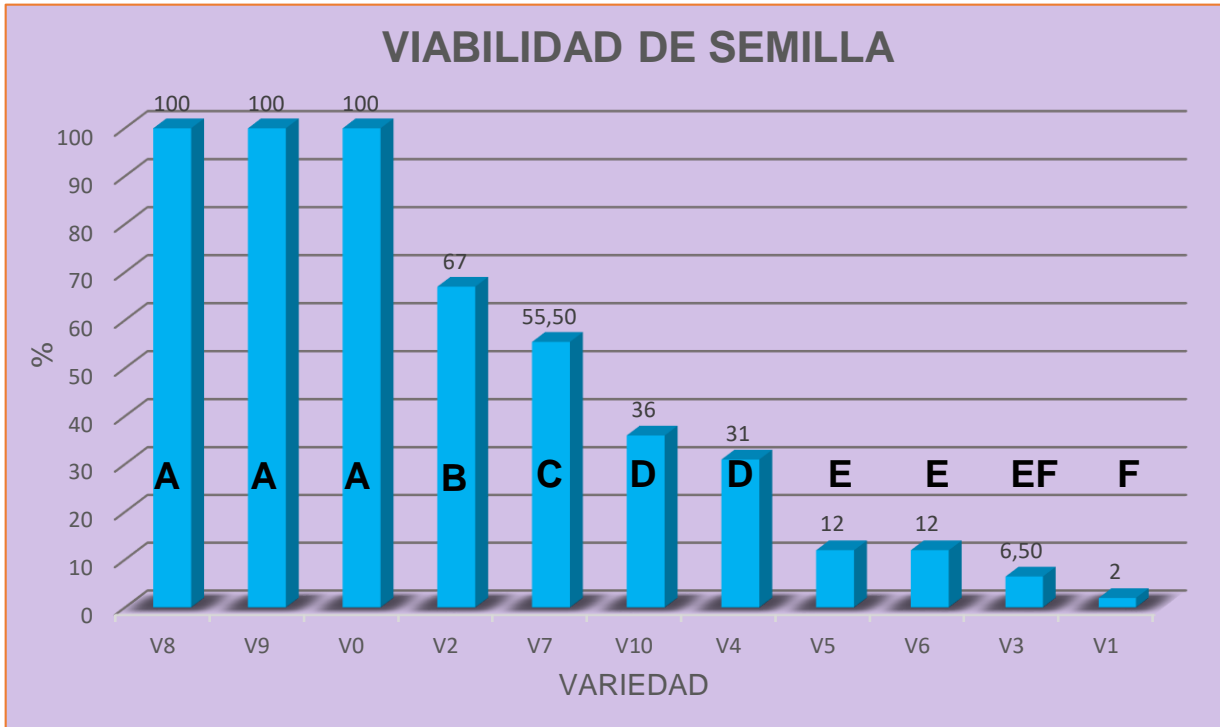


Figura 24: Prueba Duncan al 5 %, para la viabilidad de la semilla

Como se observa los resultados de la prueba Duncan al 5 % (figura 24) para la viabilidad de la semilla del grano cosechado, registra seis grupos donde el primer grupo lo conforman las variedades V8 (Ajara Ayamaya 1), V9 (Ajara Ayamaya 2) y V0 (Jacha Grano) todos con el 100 % de germinación en los siete días de observación, el último grupo lo conforma la variedad V1 (*Chenopodium sp.*) con el 2 %, siendo esta la variedad que menor porcentaje de germinación obtuvo durante los siete días de observación en comparación a las demás. La variación que existe puede deberse a las diferentes características que presenta cada variedad y la capacidad que tiene cada semilla para poder germinar.

Los resultados de viabilidad del grano cosechado en el presente trabajo reflejan que la quinua silvestre presenta variación, alcanzando porcentajes similares a la quinua cultivada hasta porcentajes muy bajos. Los bajos porcentajes de germinación reflejan

el grado de dormancia que presentan las plantas silvestres. Por otra parte, esta característica de variabilidad respecto a la germinación, puede conducir a proponer la selección según el grado de menor dormancia con fines de aprovechamiento en planes de mejoramiento e inclusive en el uso directo de estos recursos.

Para Noir & Ruiz de Riveri (1995) citado por Arenas y Heredia (2017), señalan que para que se dé el proceso de germinación entran en interacción factores internos y propios de la semilla (viabilidad y latencia).

Por otra parte Pinto y Rojas (2013), mencionan que de acuerdo a las pruebas de germinación de la gestión 1999 – 2000, obtuvieron resultados donde la quinua silvestre en diferentes accesiones registra un porcentaje de germinación del 65 % mientras que en la quinua cultivada registra un 73 % de germinación.

7. CONCLUSIÓN

En base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa spp.*) del Altiplano boliviano, se llegaron a las siguientes conclusiones.

Se observó diferencias en el número de días transcurridos para las fases fenológicas siendo algunas similares a la quinua cultivada y otras diferentes reflejando diferencias en precocidad.

La característica del rebrote se dio únicamente en la muestra perenne V1 (*Chenopodium sp.*), probando así que hay variedades de quinua silvestre que presentan ciclo plurianual.

En el hábito de crecimiento de las variedades de quinua silvestre, el 100 % presenta un hábito de crecimiento ramificado, el 90% tiene panoja laxa y el 10% intermedio, en cuanto al testigo que es una variedad cultivada presenta un hábito de crecimiento simple y su densidad de panoja es compacta. En cuanto al color del tallo presenta los colores verde, púrpura, verde con axila roja, rojo y verde plumizo. Para el color de la panoja de la misma manera existe diversidad de colores entre verde, púrpura, rojo y verde plumizo.

En el color del grano se pudo observar el color negro típico de la quinua silvestre y el color café, además se ha registrado grano de color amarillo lo cual constituye información nueva respecto al color de grano en la quinua silvestre abriendo opciones claras para el mejoramiento genético.

En las variables agronómicas se registraron diferencias entre las variedades estudiadas la mayor altura para la variedad perenne V1 (*Chenopodium sp.*), la variedad cultivada V0 (Jacha Grano) presenta mayor diámetro de tallo y mayor longitud de panoja le corresponde a la variedad silvestre anual V5 (Ajara 12 Lloco púrpura 2018), el mayor valor registrado en cuanto a la pérdida de grano por dehiscencia es para la variedad perenne V1 (*Chenopodium sp.*).

El índice de cosecha fue relativamente bajo frente a lo que se obtiene en campo, esto se atribuye a las condiciones ambientales del invernadero, donde las plantas conservaron las hojas hasta la madurez, lo cual influyó en el índice de cosecha.

Para el diámetro y espesor de grano una amplia variación registrándose valores similares a la quinua cultivada y valores bajos en la variedad perenne V1 (*Chenopodium sp.*). Para el peso hectolítrico la variedad V4 (Ajara 36 Tarachullpa Orinoca 2018) es el que presenta mayor peso hectolítrico.

La viabilidad del grano cosechado de la quinua silvestre presenta variabilidad con valores similares a la quinua cultivada V0 (Jacha Gano), pero también se registró grados variables de dormancia siendo la de muy baja viabilidad la muestra perenne V1 (*Chenopodium sp.*).

8. RECOMENDACIONES

Promover el estudio de las diferentes variedades de los parientes silvestres de quinua que tenemos en Bolivia.

Se recomienda realizar el mismo trabajo de investigación en ambiente natural (campo abierto) para la evaluación agronómica.

Estudiar con mayor profundidad a las variedades que sobresalieron en las diferentes variables estudiadas tales como el color del grano, peso hectolítrico, tamaño de grano y viabilidad de la semilla.

Tomar en cuenta a los parientes silvestres de la quinua ya que poseen características que pueden ser favorables para los programas de mejoramiento genético.

Incluir a las variedades silvestres para la elaboración de diferentes productos alimenticios artesanales e industriales ya que presentan altos valores nutricionales.

9. BIBLIOGRAFIA

ARENAS, L; HEREDIA, A. 2017. Calidad y Germinación de semillas de Quinoa *Chenopodium quinoa Willd.* Almacenadas artesanalmente por productores. Tesis de Grado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agronómica. Bogotá D.C. 65 p.

BEGUET, A; BAVERA, G. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. s.l. 6 p.

BAZILE, D; BAUDRON, F. 2014. Dinámica de Expansión Mundial del Cultivo de la Quinoa respecto a su alta Biodiversidad. Cap. 1.4. *In: Bazile, D. et al. (eds.), "Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013":* FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 49 – 64.

BONIFACIO, A; ARONI, G y VILLCA, M. 2012. Catálogo Etnobotánica de la Quinoa Real. Cochabamba. PROINPA. 123 p.

BONIFACIO, A; SARAVIA, R. 2006. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), un cultivo multipropósito para usos agroindustriales en los países andinos. *In: Mujica, A. et al. (eds.). Informe Final Proyecto Quinoa: Cultivo Multipropósito para los países andinos* Lima-Perú. s.p.

BOJANIC, A. 2011. La quinoa: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. FAO – Fundación PROINPA. 58 p.

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA MOLINERA DEL TRIGO. 2006. Informe de la calidad del Trigo (Clico Otoño-Invierno 2005/2006). Consultado el 10 de junio de 2020. Disponible en: www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Industrializacion/InformeCalidad.pdf

CALLIZAYA, I. 1994. Caracterización de las tierras de la Estación Experimental Choquenaira, según su capacidad de uso aptitud para riego. Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 168 p.

DE LUCA, N. (s.f.). Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento. Consultado el 28 de noviembre del 2019. Disponible en: <https://cursoreforestacion.files.wordpress.com/2010/05/tecnicas-y-tratamientos-pregerminativos.pdf>

FARRAS, T. (s.f.). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. Recursos Naturales. Instituto Nacional de Semillas. Revista del Plan Agropecuario. 166: 64 - 65. Consultado el 28 de noviembre del 2019. Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/Revista_on_line/Revista_166/files/assets/basic-html/page66.html

FERNÁNDEZ, M; SAHONERO, R. 2013. Estudio de la morfología y viabilidad de semilla de 8 taxones de quinua silvestre de Bolivia. *In*: Vargas, M. (eds.). Congreso Científico de la Quinua (Memoria). La Paz - Bolivia. pp. 31 - 41.

FLORES, J; MAMANI, E; PINTO, M & ROJAS, W. 2008. La quinua silvestre: Usos y potencialidades. Ficha Técnica 1. VBRFMA – PROINPA, La Paz. 4 p.

GANDARILLAS, H. 1979. Botánica. *In*: Tapia, M *et al.* (eds.). La Quinua y Kañiwa: cultivos andinos. CIID (Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo), IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). IICA. Bogotá, Colombia. pp. 20 – 44.

GÓMEZ PANDO, L; AGUILAR CASTELLANOS, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y Universidad Nacional Agraria la Molina, 2 ed. Lima - Perú, La Molina. 121 p.

HUACARA, G. 2014. Evaluación agronómica de la ajara (*Chenopodium sp.*) con la aplicación de abono orgánico en la comunidad Chuca provincia Pacajes - Altiplano central. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 118 p.

JEWSBURY, G. 2016. Catedra Botánica Taxonómica. Plantas Forrajeras. (diapositiva). FCA (Facultad de Ciencias Agropecuarias). Consultado el 05 de junio del

2020. Disponible en: www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/botaxo/wp-content/uploads/sites/14/2016/08/Forrajas.-2016.pdf

LATINRECO. 1990. Determinación del contenido de saponina en granos de quinua por el método de espuma. Consultado el 19 de agosto de 2019. Disponible en: <http://laquinua.blogspot.com/2007/06/determinacin-del-contenido-de-saponinas.html>

LIUHTO, M; MERCADO, G & ARUQUIPA, R. 2016. El cambio climático sobre la producción de quinua en el altiplano boliviano y la capacidad de adaptación de los agricultores. RIIARN (Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales), 3(2):176 – 178. Consultado el 29 de octubre de 2018. Disponible en: <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/70>

MAMANI, E; FLORES, J; PINTO, M; ROJAS, W. (2013). Estado de la conservación *in situ* de la quinua silvestre en el área circundante al Lago Titicaca, Bolivia. In: Vargas, M. (eds.). Congreso Científico de la Quinua (Memoria). Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. pp. 55 – 64.

MARCHEGANI, G. 1985. Morfofisiología de Plantas Forrajas. NZ Producciones-AACREA Cuaderno de actualización técnica 36:6 - 16.

MAMANI, E; PINTO, M & ROJAS, W. 2009. Ajara del Altiplano. pp. 131 – 134. En: VMABCC-BIOVERSITY. 2009. Libro Rojo de Parientes de Cultivos de Bolivia. Plural editores. La Paz. 344 p.

MIRANDA, R, 2010. Quinua Bolivia. APQC (Asociación de los ayllus de Productores de Quinua y Camélidos) (en línea, blog). Consultado el 29 de octubre del 2018. Disponible en: <http://laquinua.blogspot.com/2010/10/?m=1>

MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras) Y CONACOPROQ (Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua). 2009. Diagnóstico del Complejo Productivo de la Quinua. Política Nacional de la Quinua. La Paz, Bolivia. 118 p.

MUJICA, A; CANAHUA, A; SARAVIA, R. 2001. Origen y descripción de la quinua; Agronomía del cultivo de la quinua. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.):

Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. Santiago, Chile. s.p. Consultado el 25 de febrero del 2020. Disponible en: www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm

MUJICA, A & JACOBSEN, S. 2006. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *In: Moraes, M. et al. (eds.)*. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. pp. 449 – 457.

OCHOA, R. 2009. Diseños Experimentales. La Paz, Bolivia. 387 p.

ORMACHEA, E; RAMIREZ, N. 2013. Las tendencias generales de la producción de quinua en Bolivia. Propiedad colectiva de la tierra y producción agrícola capitalista: el caso de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia. La Paz, Bolivia. pp. 17 – 31. YA LO ARREGLE

PINTO, M; ROJAS, W. 2013. Descenso de la germinación de la semilla por grupos diferenciados en la colección de germoplasma de quinua de Bolivia. *In: Vargas, M. (eds.)*. Congreso Científico de la Quinua (Memoria). IICA. La Paz - Bolivia. pp. 65 - 76.

PINTO C, M. 2015. Aspectos de la fisiología del cultivo de la quínoa. Cap. 3. *In: Matus T, I. (eds.)*. El cultivo de la quínoa en Chile. Boletín N° 362. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Rengo. Chile. pp. 33 - 45.

PEREZ, A. 2005. Manejo del cultivo de quinua en la Sierra Central. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria. Serie Manual N° 1-05. Lima - Perú. 41 p.

PLANELLA, MT; LÓPEZ, ML; BRUNO, MC. 2014. La Domesticación y Distribución Prehistórica. Cap. 1.3. *In: Bazile, D. et al. (eds.)* “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”. FAO: (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 33 – 48.

REYNAGA, A; QUISPE, M; HUARACHI, A; CALDERON, I; SOTO, J, L, y TORREZ, M. 2011. Caracterización Física – Química de trece ecotipos de Quinua Real

(*Chenopodium quinoa Willd*) del Altiplano Sur de Bolivia con fines de agroindustria. Convenio UMSA, Facultad Técnica, Carrera Química Industrial- Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz-Bolivia. 98 p.

ROJAS, W; PINTO, M; SOTO, JL. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. *In: Rojas, W. et al. (eds.). Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia.* Bioversity International, Roma, Italia. pp.11 – 23.

ROJAS, W; PINTO, M; SOTO, JL; ALCOCCER, E. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. *In: Rojas, W. et al. (eds.). Granos Andinos Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia.* Bioversity International, Roma, Italia. pp. 151 - 154.

ROJAS, W; PINTO, M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. *In: Vargas, M. (eds.). Congreso Científico de la Quinua (Memoria).* Fundación PROINPA. La Paz - Bolivia. pp. 77 – 91.

ROJAS, W; RISI, J; BONIFACIO, A; GANDARILLAS, A. 2015. El cultivo de la quinua en Bolivia. Cap. 2. *In: Risi et al. (eds.). Producción y Mercado de la quinua en Bolivia.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. La Paz, Bolivia. pp. 34 – 72.

SEAMAN, G. 2011. Perennial Crops Being Developed to Produce Food with Less Environmental Impact. Eartheasy. Consultado el 5 de agosto del 2018. Disponible en: <https://learn.eartheasy.com/articles/perennial-crops-being-developed-to-produce-food-with-less-environmental-impact/>

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2014. Datos agroclimáticos de Municipio de Viacha, Provincia Ingavi, La Paz, Bolivia.

TORREZ, MO; GUSMAN A, A; CARVAJAL, R. 2002. Valor nutricional de 10 variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) del Altiplano Boliviano. La Paz,

Bolivia BIOFARBO; X: 55 – 60. Consultado el 10 de noviembre de 2018. Disponible en: <http://www.ops.org.bo/textocompleto/rnbiofa20021010.pdf>

VARELA, SA; ARANA, V. 2011. Latencia y germinación de semilla. Tratamientos pregerminativos. Grupo de Ecología Forestal, INTA EEA Bariloche. Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, INTA EEA Bariloche. Cuadernillo N°3:10

VINCENT, H; WIERSEMA, J; KELL, S; FIELDER, H; DOBBIE, S; CASTAÑEDA-ALVAREZ, NP; GUARINO, L; EASTWOOD, R; LEÓN, B; MAXTED, N. 2013. A prioritized crop wild relative inventory to help underpin global food security. *Biological Conservation* 167:265–275. Consultado 10 nov. De 2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320713002851>

VMABCC-BIOVERSITY. 2009. Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia. PLURAL Editores. La Paz. 344 p.

YZARRA TITO, WJ; LOPEZ RIO, FM. (s.f.). Fases Fenológicas de la Quinoa. Manual de observaciones fenológicas. Ministerio de Agricultura, Ministerio del Ambiente. Perú. 21 p.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba Duncan al 5 % para emergencia

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	11,45	4	0,15 A
V7	6,70	4	0,15 B
V3	6,60	4	0,15 B
V5	6,50	4	0,15 B C
V4	6,30	4	0,15 B C D
V9	6,10	4	0,15 C D
V10	6,05	4	0,15 D E
V8	5,85	4	0,15 D E
V6	5,85	4	0,15 E F
V0	5,50	4	0,15 E F
V2	5,35	4	0,15 F

Anexo 2. Prueba Duncan al 5 % para ramificación

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	45,30	4	0,15 A
V7	42,75	4	0,15 B
V10	42,75	4	0,15 B
V3	42,65	4	0,15 B
V0	39,25	4	0,15 C
V6	39,20	4	0,15 C
V4	39,10	4	0,15 C
V5	36,25	4	0,15 D
V9	36,15	4	0,15 D
V8	35,95	4	0,15 D
V2	33,45	4	0,15 E

Anexo 3. Prueba Duncan al 5 % para floración

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	80,15	4	0,75 A
V0	79,25	4	0,75 A B
V8	78,55	4	0,75 A B
V3	78,20	4	0,75 A B
V9	77,80	4	0,75 A B C
V10	77,35	4	0,75 B C D
V6	75,70	4	0,75 C D E
V5	75,50	4	0,75 D E
V7	74,80	4	0,75 E
V2	70,45	4	0,75 F
V4	70,15	4	0,75 F

Anexo 4. Prueba Duncan al 5 % para madurez fisiológica

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	151,75	4	0,78 A
V0	147,50	4	0,78 B
V7	146,75	4	0,78 B
V10	146,75	4	0,78 B
V6	146,50	4	0,78 B
V8	145,50	4	0,78 B C
V9	145,00	4	0,78 B C
V3	143,25	4	0,78 C D
V2	141,75	4	0,78 D
V5	141,25	4	0,78 D
V4	138,25	4	0,78 E

Anexo 5. Prueba Duncan al 5 % para altura de planta

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	67,05	4	1,14 A
V0	60,30	4	1,14 B
V5	56,98	4	1,14 B C
V6	55,98	4	1,14 C
V9	55,50	4	1,14 C D
V8	54,23	4	1,14 C D
V2	53,60	4	1,14 C D
V10	52,08	4	1,14 D E
V4	48,65	4	1,14 E F
V3	47,30	4	1,14 F
V7	46,28	4	1,14 F

Anexo 6. Prueba Duncan al 5 % para diámetro de tallo

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V0	0,47	4	0,01 A
V8	0,37	4	0,01 B
V5	0,37	4	0,01 B
V9	0,36	4	0,01 B
V10	0,33	4	0,01 C
V2	0,33	4	0,01 C
V1	0,33	4	0,01 C
V3	0,32	4	0,01 C
V6	0,32	4	0,01 C
V4	0,29	4	0,01 D
V7	0,29	4	0,01 D

Anexo 7. Prueba Duncan al 5 % para longitud de panoja

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V5	19,60	4	0,50 A
V6	19,38	4	0,50 A B
V1	17,93	4	0,50 B C
V3	16,59	4	0,50 C D
V2	16,16	4	0,50 D E
V10	15,99	4	0,50 D E
V4	15,33	4	0,50 D E
V9	15,01	4	0,50 D E
V8	14,65	4	0,50 E
V7	14,65	4	0,50 E
V0	9,55	4	0,50 F

Anexo 8. Prueba Duncan al 5 % para peso de grano caído por dehiscencia

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V1	0,15	4	2,0E-03 A
V3	0,12	4	2,0E-03 B
V5	0,12	4	2,0E-03 B
V2	0,11	4	2,0E-03 B
V6	0,11	4	2,0E-03 C
V4	0,10	4	2,0E-03 C
V9	0,10	4	2,0E-03 C
V8	0,10	4	2,0E-03 C
V7	0,10	4	2,0E-03 D
V10	0,08	4	2,0E-03 E
V0	0,04	4	2,0E-03 F

Anexo 9. Prueba Duncan al 5 % para índice de cosecha

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V7	0,42	4	0,02 A
V9	0,42	4	0,02 A
V10	0,40	4	0,02 A
V5	0,40	4	0,02 A
V6	0,39	4	0,02 A
V4	0,39	4	0,02 A B
V3	0,38	4	0,02 A B
V8	0,37	4	0,02 A B
V2	0,37	4	0,02 A B
V0	0,32	4	0,02 B
V1	0,10	4	0,02 C

Anexo 10. Prueba Duncan al 5 % para diámetro de grano

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V0	2,21	4	0,02 A
V9	2,05	4	0,02 B
V8	1,82	4	0,02 C
V2	1,76	4	0,02 D
V3	1,66	4	0,02 E
V5	1,64	4	0,02 E
V6	1,53	4	0,02 F
V4	1,51	4	0,02 F G
V10	1,45	4	0,02 G
V7	1,45	4	0,02 G
V1	1,03	4	0,02 H

Anexo 11. Prueba Duncan al 5 % para espesor de grano

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V0	1,01	4	0,02 A
V2	0,98	4	0,02 A
V9	0,97	4	0,02 A B
V3	0,93	4	0,02 B C
V5	0,91	4	0,02 C D
V8	0,91	4	0,02 C D
V4	0,88	4	0,02 C D
V6	0,86	4	0,02 D
V7	0,81	4	0,02 E
V10	0,78	4	0,02 E
V1	0,63	4	0,02 F

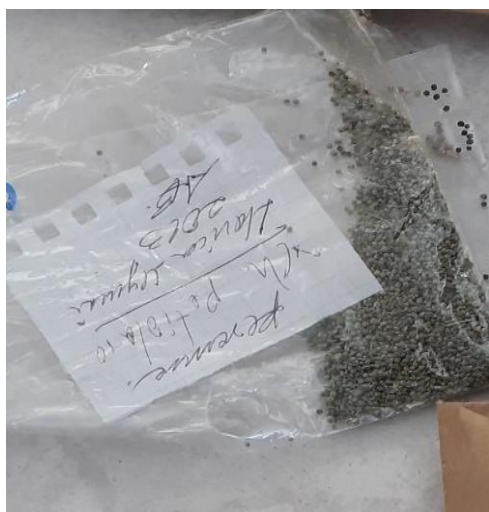
Anexo 12. Prueba Duncan al 5 % para peso hectolítrico

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V4	75,16	4	0,32 A
V9	74,74	4	0,32 A B
V10	74,69	4	0,32 A B
V0	74,50	4	0,32 A B C
V2	74,25	4	0,32 A B C
V3	74,25	4	0,32 A B C
V7	74,00	4	0,32 B C
V8	74,00	4	0,32 B C
V6	73,75	4	0,32 B C
V5	73,50	4	0,32 C
V1	71,25	4	0,32 D

Anexo 13. Prueba Duncan al 5 % para viabilidad de la semilla

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	E.E.
V8	100,00	4	2,91 A
V9	100,00	4	2,91 A
V0	100,00	4	2,91 A
V2	67,00	4	2,91 B
V7	55,50	4	2,91 C
V10	36,00	4	2,91 D
V4	31,00	4	2,91 D
V5	12,00	4	2,91 E
V6	12,00	4	2,91 E
V3	6,50	4	2,91 E F
V1	2,00	4	2,91 F

Anexo 14. Fotografías del trabajo de investigación



Material biológico utilizado



Escarificación química



Ataque de la larva *Delia platura* en etapa de cotiledón





Registro de la fases fenológicas



Medición de altura de planta, diámetro de tallo y longitud de panoja.



Toma de dato para el peso de grano caído por dehiscencia



Peso de planta y grano

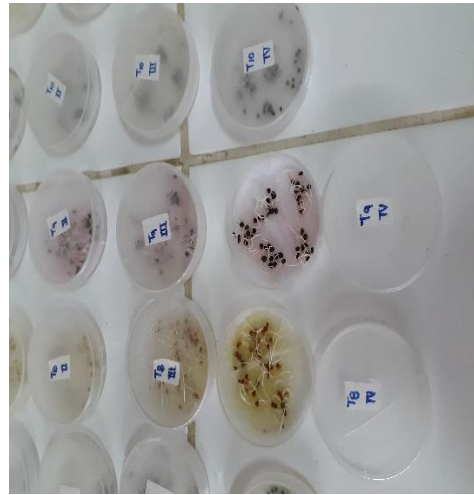
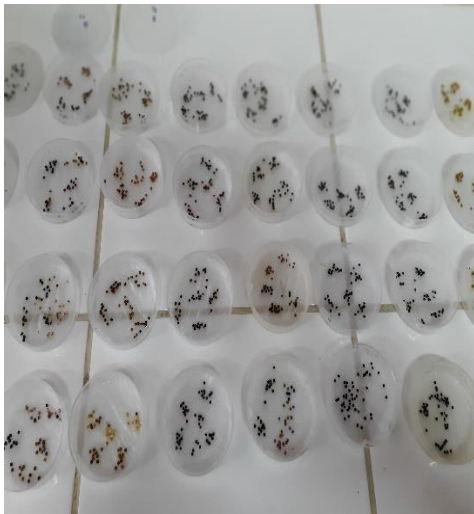
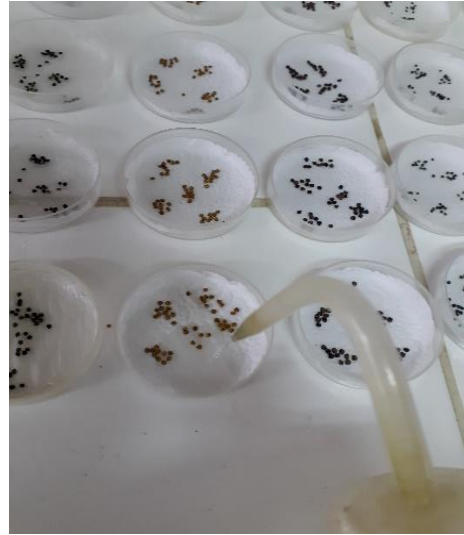




Trillado de plantas marbeteadas



Toma de datos para peso hectolítico



Prueba del porcentaje de germinación