

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE UNA POBLACIÓN  
F<sub>7</sub> DE CRUZAS INTERESPECÍFICAS DEL GÉNERO *Chenopodium* EN  
CONDICIONES DE LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**CLAUDIA FIORELLA ORTEGA MORALES**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“SELECCIÓN DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE UNA  
POBLACIÓN F<sub>7</sub> DE CRUZAS INTERESPECÍFICAS DEL GÉNERO  
*Chenopodium* EN CONDICIONES DE LA MOLINA”**

**CLAUDIA FIORELLA ORTEGA MORALES**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Jorge Jiménez Dávalos  
**PRESIDENTE**

Dra. Luz Rayda Gómez Pando  
**ASESOR**

Elizabeth Heros Aguilar Ph.D.  
**MIEMBRO**

Ing. M.Sc. Karin Coronado Matutti  
**MIEMBRO**

LIMA – PERÚ

2020

Dedicada  
A mi madre Patricia por su amor incondicional,  
y enseñarme a luchar por mis sueños.  
A mi hermano Luis Miguel por su paciencia y  
ser mi mano derecha.  
A mi abuelo, Luis, por su amor y cariño de padre.  
A mi abuelo Miguel y mi bisabuela Lala,  
mis ángeles de la guarda.

## **Agradecimientos**

Esta tesis esta hecha con mucha dedicación, perseverancia y amor a mi carrera. Y, no hubiera sido posible esta investigación sin el apoyo principal de mi asesora, la Dra. Luz Gómez Pando, quien confió en mi y me enseñó a valorar la investigación y enrumbar mi carrera al mejoramiento genético.

Doy gracias, al apoyo del Dr. Jorge Jiménez, al Ing. David Saravia, al Dr. José Carlos Lorenzo y a la Ing. Martha Ibañez, quienes me guiaron en este proceso e hicieron posible la conducción de la tesis.

Al PIPS en Cereales y Granos Nativos, y en especial agradeciendo a la Sra. Ruth Paucar y al personal de campo por su disposición y constante ayuda.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1	Importancia de la quinua	3
2.2	Origen	3
2.2.1	Origen geográfico e histórico	3
2.2.2	Origen genético	4
2.3	Clasificación taxonómica	5
2.4	Descripción morfológica	5
2.4.1	Raíz	5
2.4.2	Tallo	6
2.4.3	Hojas	6
2.4.4	Inflorescencia	7
2.4.5	Flores	7
2.4.6	Fruto	8
2.4.7	Semilla	8
2.5	Composición nutricional	8
2.6	Enfermedades claves en la quinua	9
2.6.1	Mildiu ( <i>Peronospora variabilis</i> )	9
2.6.2	Chupadera fungosa	10
2.7	Ambiente, ecología y adaptación	11
2.8	Rendimientos	13
2.9	Recurso genético	13
2.10	Caracterización	14
2.11	Descriptor	14
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	15
3.1	Lugar	15
3.2	Clima/ Temperatura	15
3.3	Materiales	16
3.3.1	Material genético	16
3.3.2	Materiales de campo	17

3.3.3	Materiales y equipos de laboratorio	17
3.4	Metodología- Evaluaciones	17
3.4.1	Diseño experimental	18
3.4.2	Población	18
3.4.3	Análisis estadístico	18
3.4.4	Evaluaciones	21
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>26</b>
4.1	Caracterización Morfológica	26
4.2	Estadística Descriptiva de los Caracteres Cuantitativos	33
4.3	Análisis de Correlación entre los Caracteres Cuantitativos de Calidad y Agronómicos	39
4.4	Análisis de Componentes Principales de los Caracteres Cuantitativos de Calidad y Agronómicos	40
4.5	Clustering Jerárquico de los Caracteres Cuantitativos y Cualitativos	43
4.6	Selección de las Accesiones con un Mejor Comportamiento	48
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>60</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro		Página
1	Contenido de macro-nutrientes y otros alimentos por 100g de peso seco	9
2	Valores promedios de datos meteorológicos en temperatura, humedad, dirección del viento y velocidad del viento, en La Molina (octubre de 2019 a enero 2020).	15
3	Estadística descriptiva para los caracteres cuantitativos de calidad y agronómicos, de 310 plantas de cruzas interspecíficas del género <i>Chenopodium</i> .	33
4	Componentes principales, de los caracteres de calidad y agronómicos, de 147 líneas de quinua derivados de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i>	40
5	Correlación entre las variables cuantitativas y los 8 principales componentes, de la evaluación de las 147 líneas de quinua derivados de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i>	41
6	Contribución de las variables cuantitativas para cada uno de los componentes principales, en la evaluación de las 147 líneas de quinua derivados de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i>	42
7a	Características cualitativas agronómicas y de calidad de los tres grupos de similitud formados a partir de la evaluación de 310 plantas derivadas de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i> .	45
7b	Características cuantitativas agronómicas y de calidad de los tres grupos de similitud formados a partir de la evaluación de 310 plantas derivadas de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i> .	47
8	Valores mínimos y máximos de caracteres agronómicos y calidad de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), de la población F <sub>7</sub> evaluada en condiciones de La Molina 2019-2020.	48
9	Valor de distancia euclidiana y caracteres agronómicos y de calidad de plantas seleccionadas en las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i> .	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Fluctuación de la temperatura y la humedad promedio mensual durante la evaluación en campo	16
2	Forma de la panoja	23
3	Índice de esporulación para determinar la susceptibilidad o resistencia al mildiu ( <i>Peronospora variabilis</i> )	24
4	Distribución de la presencia de ramificación.	26
5	Distribución del color del tallo	27
6	Distribución del color de estrías	27
7	Distribución del color de axilas	28
8	Distribución del número de dientes	29
9	Distribución del color del peciolo	29
10	Distribución del color de la lámina foliar	30
11	Distribución del color de la panoja en floración	30
12	Distribución de la forma de la panoja	31
13	Distribución de la densidad de la panoja	31
14	Distribución del color del pericarpio en fruto	32
15	Distribución del color del episperma del fruto	32
16	Histograma respecto al comportamiento de la altura de planta	34
17	Histograma respecto al comportamiento de la severidad de mildiu	35
18	Histograma respecto al comportamiento del peso de mil granos	35
19	Histograma respecto al comportamiento de la cantidad de saponinas.	36
20	Histograma respecto al comportamiento del rendimiento por planta	37
21	Histograma respecto al comportamiento del contenido de proteínas	37
22	Histograma respecto al comportamiento de días a 50% de la floración	38
23	Histograma respecto al comportamiento de días a la madurez	38
24	Resumen de la matriz de correlación de los caracteres de calidad y agronómicos, de las 147 líneas de quinua seleccionados de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i>	39
25	Distribución de las variables cuantitativas evaluadas, de las 147 líneas de quinua derivados de las cruzas interspecíficas del género <i>Chenopodium</i> , con respecto a las 2 primeras componentes principales.	43



26	Clustering jerárquico de las 310 accesiones de quinua derivadas de las cruzas interespecíficas del género <i>Chenopodium</i> con respecto a sus características de calidad y agronómicas	44
----	--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>		<b>Página</b>
1	Descriptores de quinua en el campo	68
2	Histograma y correlación de las variables cuantitativas	73
3	Lista de las 310 plantas en el grupo I formado a partir del dendograma	74
4	Lista de las 310 plantas en el grupo II formado a partir del dendograma	74
5	Lista de las 310 plantas en el grupo III formado a partir del dendograma	75

## RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano nativo de los Andes, tiene un gran valor nutricional y prospera bien en condiciones marginales especialmente en zonas con problemas de sequía y salinidad. Su introducción a ambientes nuevos y diferentes mostraron su poca tolerancia al calor y su alta susceptibilidad al mildiu (*Peronospora variabilis*), caracteres que deben ser mejorados genéticamente, entre otros medios, a través de cruzas interespecíficas con especies del género *Chenopodium*. En este estudio se caracterizaron 147 líneas avanzadas y 310 plantas seleccionadas en una población F<sub>7</sub> de cruzas de accesiones de *Chenopodium quinoa* y *Chenopodium berlandieri* en condiciones de La Molina en la costa central del Perú. La caracterización incluyó caracteres morfológicos, agronómicos y de calidad. Se observó variación en caracteres morfológicos. Para los caracteres agronómicos evaluados los rangos fueron de 1.9 a 84.8 g por planta para rendimiento, de 55 a 86 días para floración, de 105 a 130 días para maduración y de 87 a 202 cm para altura de planta. Para mildiu se encontró un rango de severidad de 0 a 80%. Entre los caracteres de calidad evaluados se identificaron para peso de mil granos un rango de 2.04 a 6.82 g, para contenido de proteína el rango fue de 10.3 a 17.9% y para contenido de saponina de granos de 0 a 2.73%. Se seleccionaron genotipos con los mejores valores de las características evaluadas.

Palabras clave: quinua, genotipos, análisis multivariado, distancia euclidiana

## ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a native grain from the Andes, has a great nutritional value and thrives well in marginal conditions especially in areas with problems of drought and salinity. Their introduction to new and different environments showed their low tolerance to heat and their high susceptibility to mildew (*Peronospora variabilis*), characters that must be genetically improved, among other means, through interspecific crosses with species of the Genus *Chenopodium*. In this study, 147 advanced lines and 310 selected plants were characterized in a Population F<sub>7</sub> of crosses of accessions of *Chenopodium quinoa* and *Chenopodium berlandieri* in conditions of La Molina on the central coast of Peru. The characterization included morphological, agronomic and quality characters. Variation in morphological characters was observed. For the agronomic characters evaluated, the ranges were from 1.9 to 84.8 g per plant for yield, from 55 to 86 days for flowering, from 105 to 130 days for maturation and from 87 to 202 m for plant height. For downy mildew, a severity range of 0 to 80% was found. Among the quality characters evaluated, a range of 2.04 to 6.82 g was identified for the weight of one thousand grains, for protein content the range was from 10.3 to 17.9% and for grain saponin content from 0 to 2.73%. Genotypes with the best values of evaluated characteristics were selected.

Keywords: quinoa, genotypes, multivariate analysis, euclidean distance

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), se originó en la región andina de América del Sur. Es reconocido a nivel global como un cultivo alternativo para combatir el hambre en zonas marginales, por la calidad de sus proteínas muy similares a las de origen animal, su buen contenido de carbohidratos, grasas y minerales tales como zinc, calcio, hierro y magnesio (FAO, 2011).

Su revaloración se inicia en la década de los ochenta, y se basa en el reconocimiento de su aporte nutritivo y agronómico. Respecto al valor nutritivo, su reconocimiento a nivel global principalmente se debe al cambio de los hábitos alimenticios de la población, que inicia una búsqueda de alimentos con alto valor proteico y de naturaleza orgánica (Danielsen & Ames, 2000). Su valor agronómico se reconoce por su capacidad de prosperar durante miles de años en condiciones marginales de la región andina, en condiciones de baja fertilidad, zonas áridas y semiáridas a gran altitud, en suelos con pH alto y climas fríos, lo cual ha hecho posible la acumulación de genes que le confieren niveles de tolerancia remarcables y la convierten en una especie alternativa para reducir los efectos del cambio climático (García *et al.*, 2018).

La declaración del Año 2013 como el AÑO INTERNACIONAL DE LA QUINUA, por la FAO, origina una gran demanda de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y sus derivados a nivel mundial. La respuesta a esta demanda determina la expansión de áreas cultivadas en la región andina y su introducción a nuevas regiones, incluyendo zonas con problemas de falta de agua y altos niveles de salinidad.

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el Perú se incrementa notablemente y se introduce su producción en zonas de costa y yunga, lográndose resultados impactantes como el incremento del rendimiento, sin embargo, al mismo tiempo se identifican factores limitantes (Danielsen *et al.*, 2000). Tal es el caso en la costa, donde existe preferencia de muchos insectos, la alta susceptibilidad a la enfermedad de mildiu originada por *Peronospora variabilis* y su baja tolerancia a temperaturas superiores a los 25 °C durante la

floración a grano pastoso suave, entre otros.

Si bien, actualmente, el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se ha reducido en la costa, es necesario considerar que es una especie alternativa para el futuro cercano. Es así que cuando en la costa haya falta de agua de riego y los suelos se encuentren altamente salinizados, esto se deberá al mal uso del agua de riego y por el cambio climático. Es importante investigar con el fin de seleccionar genotipos de quinua, para este tipo de condiciones, en el germoplasma disponible y en aquel derivado de cruzas entre especies del género *Chenopodium*.

El Programa de Investigación en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina ha evaluado una población derivada de cruzas con especies diferentes y ha seleccionado previamente material genético por su tolerancia al calor y su resistencia al mildiu en más de 9000 plantas entre las generaciones F<sub>2</sub> a F<sub>6</sub>. En la generación F<sub>7</sub> se debe iniciar la evaluación de este material genético para identificar aquel material valioso.

Considerando lo señalado anteriormente se plantea la siguiente hipótesis:

“La diversidad genética obtenida a partir de diferentes cruces de especies del género *Chenopodium*, puede generar nuevos genotipos valiosos que tengan igual o una mejor morfología de planta, valor agronómico y de calidad que las variedades comerciales de quinua.”

Por consiguiente, se trazaron los siguientes objetivos:

- Evaluar los caracteres morfológicos, agronómicos, resistencia a *Peronospora variabilis* y calidad de los genotipos obtenidos de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en la generación F<sub>7</sub>.
- Seleccionar las accesiones con mejor comportamiento a partir de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en la generación F<sub>7</sub>.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 Importancia del cultivo de la quinua**

Por su alto valor nutritivo y de adaptabilidad, la quinua ha sido denominada “Grano de Oro de los Andes”. Es un alimento completo, debido a que posee aminoácidos esenciales de alta calidad, ácidos grasos, vitaminas y minerales como el calcio e hierro (Mujica & Jacobsen, 2006). Apaza *et al.* (2013), señalan que la quinua puede adaptarse a diferentes ecosistemas, ubicados desde la zona desértica en la Costa hasta la zona Altoandina con climas secos y calurosos, es decir puede tolerar un rango de humedad desde 40 a 88% y temperaturas ubicadas entre el rango de -8 a 38°C. Además es reconocida por rendimientos aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm por su tolerancia a la sequía.

En el Perú, la quinua se siembra desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud. Su superficie cultivada y su producción se han incrementado en forma significativa; con una tasa de crecimiento promedio ponderado anual de 9.5%, del año 2007 al 2017, pasando la producción de 31.8 a 78.7 mil toneladas, y 30.4 a 61.7 mil hectáreas (MINAGRI, 2018). De acuerdo a estadísticas del año 2017, aproximadamente el 57.1 % de la superficie cosechada se encuentra localizada en Puno, seguida de Ayacucho con el 19.5%, Apurímac con el 6.2% y con los departamentos de Cuzco, Junín, Ancash, Arequipa, Cajamarca, Huancavelica, Huánuco, La Libertad, Lambayeque, Moquegua y Tacna con superficies no significativas (MINAGRI, 2018).

### **2.2 Origen**

#### **2.2.1 Origen geográfico e histórico**

Los Región Andina es uno de los centros de domesticación de las plantas, con una alta diversidad genética en diferentes sistemas agrícolas. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y sus parientes silvestres evolucionaron en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, siendo la zona entre Potosí- Bolivia y Sicuani (Cusco)- Perú, el lugar con la mayor diversidad (Mujica, 2015).

Su distribución geográfica original estuvo comprendida de los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y la distribución altitudinal desde los 0 a los 4000 metros sobre el nivel del mar, por lo que su cultivo se extiende desde la costa hasta la puna y el altiplano (Rojas, 1998; FAO, 2011).

Según indican Mujica *et al.* (2001) y la FAO (2011), la quinua posee aproximadamente una antigüedad de 7000 años, su domesticación, cultivo y conservación, fue realizado por diferentes grupos humanos principalmente las culturas: Incaica y Tiahuanacota. Este cultivo fue la principal fuente de alimentación para los antiguos pobladores peruanos, utilizando las hojas y las semillas en sus dietas. Pero, con el desarrollo de la conquista, el cultivo de la quinua fue reemplazado por cereales, tales como cebada y trigo (Mujica, 2015).

### **2.2.2. Origen genético**

Maughan *et al.* (2007) indican que *Chenopodium quinoa* presenta problemas complejos con respecto a su taxonomía; señalando que *C.album* ha sido utilizado como un “receptáculo taxonómico”, donde se generaron especies diploides, tetraploides y hexaploides. Los parientes cercanos de la quinua probablemente son *C. album*, *C. giganteum*, *C. berlandieri* subsp. *nuttalliae* y el diploide *C.pallidicaule*.

Debido a este origen complejo, Mujica (2015) sugiere la participación de dos especies diploides como origen de *Chenopodium quinoa*, por lo que se le consideraría como una especie anfídiploide con herencia disómica. Señala como probables parientes silvestres cercanos a *C. hircinum* y *C. nuttalliae*.

Bazile (2015), destaca una de sus hipótesis que sostiene que dos ancestros diploides a través de una hibridación generaron a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y que los cruces generados podrían tener como progenitor femenino a *Chenopodium standleyanum* y el progenitor masculino *Chenopodium album*. Por último, se postula que *C.berlandieri* y *C.hircinum* al ser tetraploides pudieron contribuir con genes en la evolución de la quinua a través de un largo proceso de domesticación (Jellen *et al*, 2013; Bazile, 2015).



### 2.3 Clasificación taxonómica

Con respecto a la clasificación taxonómica, la quinua pertenece al género *Chenopodium*, en donde hay diferentes plantas alimenticias, tales como: *Chenopodium pallidicaule*, especie productora de grano en Sudamérica, *Chenopodium nuttalliae* y *Chenopodium ambrosioides* L. en México, y plantas medicinales en Sudamérica tales como *Chenopodium carnosolum* y *Chenopodium ambrosioides* (FAO, 2011). Entre algunas especies silvestres podemos encontrar a *Chenopodium album*, *Chenopodium hircinum*, *Chenopodium murale*, *Chenopodium graveolens*, entre otros (Mujica *et al* 2001).

ITIS (2017) clasifica la quinua del siguiente modo:

<u>Reino:</u>	<i>Plantae</i>
<u>División:</u>	<i>Magnoliophyta</i>
<u>Clase:</u>	<i>Magnoliopsida</i>
<u>Orden:</u>	<i>Caryophyllales</i>
<u>Familia:</u>	<i>Amaranthaceae</i>
<u>Subfamilia:</u>	<i>Chenopodioideae</i>
<u>Tribu:</u>	<i>Chenopodieae</i>
<u>Género:</u>	<i>Chenopodium</i>
<u>Especie:</u>	<i>Chenopodium quinoa</i>

### 2.4 Descripción morfológica

Se considera a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como una planta herbácea anual, dicotiledónea y con una alta adaptación a diferentes pisos altitudinales, por lo que podremos ver diferente variación morfológica, comportamiento y coloración en diversas condiciones ambientales en las cuales se cultiva la quinua (Biodiversity International & FAO, 2013).

#### 2.4.1 Raíz

Se clasifica como una raíz pivotante, muy ramificada, fibrosa y de alta profundidad, pudiendo alcanzar un rango de 0.8 a 1.5 m (Gómez & Aguilar, 2016). Es así que, al poseer una raíz profunda, esta especie logra una fácil adaptación en diferentes zonas áridas y semiáridas.

### **2.4.2 Tallo**

Se caracteriza por ser de forma cilíndrica en la base, y a medida que va creciendo en altura se torna angulosa por el desarrollo de ramificaciones (Mujica & Jacobsen, 2006). El tallo en una planta joven presenta una médula suave, pero a medida que va envejeciendo, el tejido se vuelve esponjoso y seco, y queda hueco (Gómez & Aguilar, 2016). Además, puede presentar estrías de colores, las cuales pueden permitir la identificación de las distintas variedades. En las axilas de algunos tallos se observan pigmentaciones diferentes a las del tallo.

Gómez & Aguilar (2016), indican diferentes hábitos de ramificación:

- Hábito sencillo: Se presentan en zonas del altiplano y salares, poseen un solo tallo principal a partir del cual sale una inflorescencia.
- Hábito ramificado: Se presentan en su mayoría en zonas de valle y tiene dos formas de crecimiento (i) cuando el tallo principal tiene la misma altura que las ramificaciones, en consecuencia, las panojas están al mismo nivel, y (ii) cuando el tallo principal es de mayor altura que sus ramificaciones.

El hábito de ramificación se ve influenciado por el genotipo y factores como fertilización del suelo, distanciamiento entre las plantas, entre otros.

### **2.4.3 Hojas**

Las hojas están compuestas por pecíolo y lámina, y se encuentran distribuidas de manera alterna. Los pecíolos presentan acanaladuras en la parte superior y son de longitud variable, siendo los de mayor tamaño los que se originan del tallo principal, y los más cortos se originan en las ramas (Gómez & Aguilar, 2016). Las láminas poseen polimorfismo, ya que las localizadas en el tallo poseen forma triangular o romboidal, y las que están en la inflorescencia poseen forma lanceoladas o triangulares. Con respecto a la cantidad de dientes, estos pueden ser muchos o pocos en las hojas que se encuentran en el tallo. Adicionalmente, las hojas localizadas en las partes jóvenes de tallos e inflorescencias poseen una cubierta de cristales de oxalato de calcio en su superficie, siendo este componente de color púrpura, rojo o cristalino (Gómez & Eguiluz, 2011). Los cristales de oxalato de calcio se caracterizan por ser higroscópicos, ya que absorben la humedad del medio ambiente, permitiendo controlar la transpiración, mantiene la humedad en las hojas y disminuye el

efecto de la excesiva radiación, por lo tanto, estos cristales son de vital importancia para las plantas de quinua que crecen en ambientes de sequía (Apaza *et al.*, 2013). Con respecto a la coloración, los peciolos al igual que las láminas en estados juveniles, pueden mostrar diversos colores, tales como: verde, rosado, púrpura, verde púrpura, entre otros, siendo estos dependientes de los genotipos. Las láminas varían de color con respecto a su madurez, siendo de color amarillo, anaranjado, rosada, roja o púrpura, por lo que dependerá de la cantidad de betalainas presentes (Mujica *et al.*, 2001).

#### **2.4.4 Inflorescencia**

Tal como indican los autores Gallardo *et al.*, (1997), la inflorescencia es una panoja, la cual posee un eje principal y sus ramificaciones secundarias, encontrando a las flores agrupadas en glomérulos. Es así que, la diferente posición de los glomérulos y su ubicación en los ejes, permiten reconocer diferentes formas de inflorescencia como:

- Amarantiformes: la inflorescencia tiene un eje principal, a partir del cual nacen los ejes secundarios; por lo que al emerger los glomérulos posee una forma rectangular parecida a los dedos.
- Glomerulatas: posee un eje principal del cual nacen los ejes secundarios, y a partir de este último, emergen ejes glomerulares en forma esférica.
- Intermedias: su forma no es definida, puesto que sus resultados se dan a partir de la cruce de glomerulatas y amarantiformes.

Según indican Gómez & Aguilar (2016), la longitud y densidad de los ejes secundarios y terciarios, determinan si las panojas son laxas, intermedias o compactas.

#### **2.4.5 Flores**

La quinua se caracteriza por ser una planta ginomonoica, con flores, hermafroditas y pistiladas (femeninas) o androestériles (FAO, 2011). Las flores hermafroditas se ubican en el ápice del glomérulo rodeada por flores pistiladas o femeninas (Gómez & Eguiluz, 2011). Las flores hermafroditas tienen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o tres ramificaciones estigmáticas; y las flores pistiladas poseen cinco tépalos, un ovario súpero y con dos a tres ramificaciones estigmáticas (Mujica *et al.*, 2001). Cabe resaltar que las flores hermafroditas son de mayor tamaño que las pistiladas.

#### **2.4.6 Fruto**

Se describe al fruto como un aquenio, el cual está cubierto por un perigonio sepaloide. El perigonio rodea al fruto y se desprende en la madurez a medida que se trillan y se procesan los granos (Gómez & Aguilar, 2016). El fruto, compuesto de pericarpio y semilla, puede alcanzar un rango de diámetro de 1.5 a 4 mm (Mujica *et al.*, 2001). La saponina le confiere el sabor amargo al grano, y se encuentra en el pericarpio.

#### **2.4.7 Semilla**

La semilla compuesta de episperma, embrión y perisperma (FAO, 2013). El epispermo es un tejido adherido al pericarpio, se caracteriza por ser quebradiza, se desprende fácilmente, y es un sitio en el cual se puede encontrar saponina (Mujica *et al.*, 2001).

El cotiledón está constituido de dos partes y una radícula, ocupa el 30% del volumen total de la semilla (Gómez & Aguilar, 2016). El embrión es aquella parte de la semilla en la cual se puede encontrar la mayor cantidad de proteínas en un rango de 35 a 40% (Mujica *et al.*, 2001; Gallardo *et al.*, 1997). Cabe resaltar el embrión rodea el perisperma un órgano de reserva (Gómez & Eguiluz, 2011).

El perisperma es el tejido de almacenamiento, siendo constituido por almidón y otros nutrientes, representa el 60% de la superficie de la semilla (Mujica *et al.*, 2001).

Los granos de la quinua pueden presentar una variedad de colores, y esto depende de la capa en observación, tal como indican los autores Gómez & Aguilar (2016). Durante la cosecha, el color lo da el pericarpio o envoltura del fruto, y después de un proceso de escarificado para eliminar saponinas, el color lo da el epispermo o cubierta de la semilla.

### **2.5 Composición nutricional**

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un grano que posee un alto valor nutricional, debido a su aporte de carbohidratos, grasas y proteínas, compuestos esenciales para la alimentación humana (Tabla 1), siendo considerado como unos de los pocos alimentos de origen vegetal nutricionalmente completo (Cogliatti & Heter, 2016). La alta calidad nutricional se debe a su calidad proteica, ya que es rico en aminoácidos esenciales, como la

lisina y los azufrados; siendo este balance de aminoácidos deficiente en otros cereales como el trigo, cebada y soya (Mujica *et al.*, 2001).

**Tabla 1: Contenido de macro-nutrientes y otros alimentos por 100g de peso seco**

	Quinua	Frijol	Maíz	Arroz	Trigo
Energía (Kcal/100 g)	399	367	408	372	392
Proteína (g/100 g)	16.5	28.0	10.2	7.6	14.3
Grasa (g/100 g)	6.3	1.1	4.7	2.2	2.3
Total de Carbohidratos (g/100 g)	69.0	61.2	81.1	80.4	78.4

*Nota:* Adaptado de “Perspectivas y potencialidades” por Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2014, *Tendencias y perspectivas del comercio internacional de la Quinua*, p. 29, Copyright 2014, por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

## 2.6 Enfermedades claves en la quinua

Según indican Gómez & Aguilar (2016), las enfermedades claves o principales en el cultivo de quinua son:

### 2.6.1 Mildiu (*Peronospora variabilis*)

Tiene como agente causal a *Peronospora variabilis* (= *Peronospora farinosa*), siendo considerada como biótrofo, por lo que necesita de un tejido vivo para poder sobrevivir. Su estructura vegetativa está conformada por hifas, las cuales se desarrollan en los espacios intercelulares de las hojas del hospedante, permitiendo la proyección de los haustorios, siendo los que absorberán el contenido celular. Su reproducción sexual se basa en la formación de oosporas, las cuales pueden movilizarse por semillas, rastrojos y suelo contaminado, permitiendo su germinación en condiciones favorables (Cruces & Callohuari, 2016), las cuales son altas humedades relativas (mayor al 80%) y temperaturas frescas.

Se puede presentar con alta severidad en condiciones de sierra y costa; especialmente en zonas con alta humedad ambiental y temperaturas entre 18 a 25°C (Danielsen *et al.*, 2000). Los síntomas se presentan principalmente en follaje, pero también se puede presentar en tallos, ramas, inflorescencia y granos. Cuando se presenta el mildiu (*Peronospora variabilis*) en las hojas, presentando manchas cloróticas irregulares de color amarillo, rojiza o

anaranjada en el haz, y generando micelios de color gris en el envés (Danielsen & Ames, 2000).

Si la enfermedad se presenta en las etapas iniciales del desarrollo de la planta, con niveles altos de severidad, se puede perder la producción por completo; esto se debe a que el ataque del mildiu reducirá el área fotosintética, en consecuencia, afecta el desarrollo y el rendimiento. Según Gómez & Aguilar (2016), el mildiu puede provocar enanismo y defoliación prematura, generando una disminución en el rendimiento en 10 al 30%, pero en el caso que el ataque sea severo se puede provocar una pérdida total de la producción.

La FAO (2013) indica que la enfermedad está presente durante todo el ciclo de vida del cultivo, destacando sus daños y síntomas en función a su grado de severidad en las siguientes fases:

- Fases iniciales: probable pérdida total de la producción.
- Inicio de formación de panoja: se genera una atrofiación y se reduce el llenado de grano.
- Fase de grano masoso: necrosidad en el grano
- Fases después de floración y panojamiento: puede ser confundida con senescencia, debido al amarillamiento de las plantas.

### **2.6.2 Chupadera fungosa**

Originado por un complejo de hongos como *Rhizoctonia solani*, *Phythium* sp. y *Fusarium* sp., los cuales ocasionan la muerte de plántulas con hojas cotiledonales o dos pares de hojas verdaderas en proceso de establecimiento en el campo (Gómez & Aguilar, 2016). Esta enfermedad es de gran importancia en zonas bajo sistemas de riego y en la costa. Es causada por patógenos que se encuentran en el suelo, y de fácil desarrollo en suelos pesados y húmedos, zonas con mucha precipitación y suelos con alto contenido de materia orgánica. En el caso de síntomas, podemos observar que *Phythium* sp. ocasiona la pudrición de semillas en la preemergencia, y en el caso de postemergencia podemos observar la pudrición radicular en plantas recién germinadas (Agrios, 2005). En el caso de *Fusarium* sp., se presenta en la postemergencia, estrangulando el tallo de las plántulas, lo cual no permite una buena nutrición y recorrido de agua a través de la planta generando un bajo rendimiento de cada planta. Según indica la FAO (2013), cuando este agente se presenta en plantas adultas, la marchitez se presenta en la parte apical y va avanzando, generando una pudrición radicular

y volviendo más susceptibles a estas plantas infectadas al tumbado o acame por vientos fuertes. Por su parte, *Rhizoctonia solani*, se presenta en la pre emergencia generando una pudrición radicular.

## **2.7 Ambiente, ecología y adaptación**

### **Suelo**

La quinua puede crecer en una variedad de suelos, de preferencia los suelos francos, de buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y evitando los medios con encharcamiento de agua, ya que este cultivo en sus primeros estadios es susceptible a enfermedades como pudrición radicular (Mujica, *et al.*, 2001). Se prefieren los suelos de pH neutros, aunque se informa del crecimiento de la quinua en suelos con pH desde 4.5 hasta 9 (Gómez & Aguilar, 2016).

### **Clima**

La amplia variedad genética de la quinua, hace que pueda adaptarse a diferentes pisos agroecológicos, desde climas desérticos, hasta calurosos y secos (FAO, 2011). Es así que se puede encontrar a este cultivo desde los valles interandinos templados y lluviosos, hasta la ceja de selva, un lugar con un valor alto de humedad relativa, además de presentarse en la puna y cordilleras, lugares de grandes altitudes (Calla, 2012), es decir esta adaptación ha permitido que para cada clima existan diferentes ecotipos o variedades adecuadas (FAO, 2013).

### **Agua- Humedad- Precipitación**

La disponibilidad de agua en el suelo, es un factor muy importante para el desarrollo de las primeras etapas de la quinua, es decir desde su emergencia hasta las primeras cuatro hojas (Calla, 2012). La quinua es una planta C3, es así que tiene mecanismos fisiológicos que le permiten escapar de ambientes con déficit de humedad (FAO, 2013). Se informa cultivos de quinua con un rango de 300-1000 mm. Si el cultivo se realiza bajo riego en zonas áridas se requerirán sistemas de riego con una frecuencia de 2 horas cada 6 días para lograr un crecimiento normal de las plantas (Mujica *et al.*, 2001). El estrés hídrico puede afectar de manera negativa en la productividad, al influenciar en las etapas de germinación- emergencia y en el estado de crecimiento y llenado del fruto (Gómez & Aguilar, 2016). Se señala que la

quinua puede crecer sin inconvenientes con niveles de humedad relativa desde 40 al 100% (Agrobanco, 2012).

### **Temperatura**

Según señala la FAO (2013), la temperatura para el desarrollo de la quinua varía de 15 a 20°C, pero puede soportar temperaturas extremas desde -8°C hasta 38°C. Puede tolerar heladas, y temperaturas altas en fases de desarrollo vegetativo y en el desarrollo de la inflorescencia; pero el estrés causado por las temperaturas puede generar esterilidad del polen y en consecuencia disminuir el rendimiento de la producción de granos (Gómez & Aguilar, 2016). Para complementar lo señalado, durante la ramificación no hay problemas si se presentan bajas temperaturas (-4°C), pero la presencia de altas temperaturas (cortos tiempos con 35°C) puede producir aborto de flores, muerte de estigmas y estambres (Agrobanco, 2012).

### **Radiación**

Es un factor importante ya que permite conocer las horas de calor necesarias para que la planta pueda lograr un normal desarrollo del período vegetativo y productivo; siendo las zonas altoandinas en donde se presentan altos índices de radiación (Calla, 2012). Según indican Mujica *et al.* (2001), diversos estudios demuestran que a mayor radiación habrá un mejor desarrollo fotosintético, demostrando que zonas del Altiplano del Perú poseen condiciones favorables para la agricultura.

### **Fotoperíodo**

Debido a la diversidad genética de la quinua, se presentan variedades de días cortos, días largos y aquellos que son indiferentes (FAO, 2013). Según señalan Mujica *et al.* (2001), el desarrollo de este cultivo se realiza en zonas con días de 12 horas para variedades que crecen en el hemisferio sur (en los Andes) y 14 horas para variedades que se desarrollen en el hemisferio norte (zonas nórdicas europeas). Por lo tanto, el fotoperíodo, es un factor que está vinculado según al lugar de origen de las variedades de quinua, dependiendo de la altitud y latitud, es así que, se recomienda evitar las altas temperaturas y días largos ya que afectan en la producción final (Gómez & Aguilar, 2016).



## **Altitud**

Tal como indican los autores Gómez & Aguilar (2016), las regiones en las que se desarrolla la quinua son: costa (0 a 500 m.s.n.m.), yunga (500 a 2500 m.s.n.m.), sierra media- valles interandinos (2500 a 3500 m.s.n.m.) y la sierra alta o altiplano (3500 a 4000 m.s.n.m.). Las variedades de la quinua que tienen mejor comportamiento en la costa tienen corto período vegetativo en comparación con los que crecen las zonas altoandinas (Calla, 2012).

## **2.8 Rendimientos**

Según indica Mujica *et al.*, (2001), en condiciones con escasas precipitaciones y terrenos marginales con baja fertilización en el altiplano de Perú y Bolivia, los rendimientos no sobrepasan las 0.85 t/ha. Tapia (2000), indica que los rendimientos de la quinua con técnicas tradicionales están en un rango de 0.6 a 0.8 t/ha. El potencial de rendimiento de la quinua se calcula en 11 t/ha (Mujica, 1983), pero no se ha llegado a lograrlo en la práctica. Generalmente se informa que cultivo en zonas con condiciones óptimas del suelo, humedad y temperatura, tiene rendimientos de 3.5 a 6 t/ha. Tapia (2000), indica que el cultivo de quinua con tecnología moderna, uso de fertilizantes, desinfección de semilla y un manejo de malezas, se puede llegar a producir de 1.5 a 3 t/ha.

Los rendimientos dependen de la variedad, ambiente y del manejo agronómico como fertilizaciones nitrogenadas y fosfóricas, y a una aplicación correcta y oportuna de los controles culturales y fitosanitarios durante su ciclo de desarrollo (Mujica *et al.*, 2001).

## **2.9 Recurso genético**

La palabra "germoplasma" deriva de "germen" en latín significando "principio rudimental de un nuevo ser orgánico" y en griego deriva de "plasma" significando "formación" (Bonifacio *et al.*, 1982), por lo tanto, germoplasma es la materia donde se encuentra un principio que puede crecer y desarrollarse (Querol, 1988). Pero este término ha sido cada vez menos utilizado, siendo reemplazado por el término "recursos genéticos" ya que posee una definición más amplia y apropiada. Se entiende por recursos genéticos a la variación genética almacenada en los cromosomas y en otras estructuras conteniendo ADN que codifican el desarrollo de proteínas. El valor de los recursos genéticos además de su importancia en la cultura e historia de un país, reside en su efecto económico sobre la agricultura (Querol, 1988).

El germoplasma de una especie vegetal cultivada incluye los siguientes términos: cultivos nativos, cultivos mejorados, poblaciones en proceso de mejoramiento, especies silvestres relacionadas y especies cultivadas relacionadas (Sevilla & Holle, 2004). Los recursos genéticos se deben considerar patrimonio internacional y como tal su intercambio debe estar por encima de cualquier barrera política (Esquinas, 1982).

### **2.10 Caracterización**

Es la toma de los datos mayormente cualitativos para describir y por ello diferenciar accesiones o genotipos de una misma especie, aquellos caracteres de alta heredabilidad y se expresen en todos los medios ambientes (Querol, 1988), siendo un proceso que se inicia con la colección o introducción para luego finalizar con la publicación y la difusión de la información junto con la semilla para poder ser utilizada por los usuarios (Sevilla & Holle, 2004).

El objetivo principal de una caracterización es describir y conocer el valor del germoplasma, por lo que se evalúa su especificidad, la cual está definida por la identificación taxonómica, descripción morfológica, evaluación de características de valor agronómico, estimaciones de las variaciones fenotípicas y las relaciones entre características evaluadas (Sevilla & Holle, 2004). En un trabajo de caracterización morfológica las fases a abordar según González (2001) son: la elección de las O.T.U. (Unidades Taxonómicamente Operativas), elección de los caracteres, toma de datos correspondientes a cada carácter en cada O.T.U. y el análisis de resultados mediante taxonomía numérica.

### **2.11 Descriptor**

El IPGRI publica la lista de descriptores de interés en una serie de publicaciones denominadas “descriptores”, todas las especies de interés global tienen una publicación, donde figura la lista de los descriptores y la forma de medida o evaluación.

Los descriptores incluyen datos de pasaporte, caracterización, manejo y evaluación preliminar y posterior. Los datos de pasaporte proporcionan información sobre la identificación de la muestra y sobre la localización geográfica de la colección mientras los datos de caracterización registran caracteres que son altamente heredables que pueden ser fácilmente detectables a simple vista y que se expresan sin variaciones mayores en todos los ambientes (Sevilla & Holle, 2004).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Lugar

El siguiente estudio fue llevado a cabo en el PIPS en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, localizado en el distrito de La Molina, departamento de Lima; con las siguientes coordenadas geográficas:

- a. Latitud: 12° 04' 55.95" Sur
- b. Longitud: 76° 56' 21.52" Oeste
- c. Altura: 247 m.s.n.m.

#### 3.2 Clima/ Temperatura

El distrito de La Molina se caracteriza por presentar un clima templado, por lo que pertenece a la costa central. Los datos fueron proporcionados por la estación meteorológica “Alexander Von Humboldt”, ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el portal del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). El siguiente cuadro presenta los valores climáticos promedios reportados durante el estudio (octubre del 2019 a enero del 2020).

**Tabla 2: Valores promedios de datos meteorológicos en temperatura, humedad, dirección del viento y velocidad del viento en La Molina (octubre de 2019 a enero de 2020).**

Mes	Año	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
Octubre	2019	16.87	78.06	252.14	3.4
Noviembre	2019	19.08	76.98	261.53	3.64
Diciembre	2019	20.94	76.17	267.99	3.48
Enero	2020	23.23	73.46	244.54	3.68

*Nota:* Elaboración propia. Adaptado de “Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional” por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

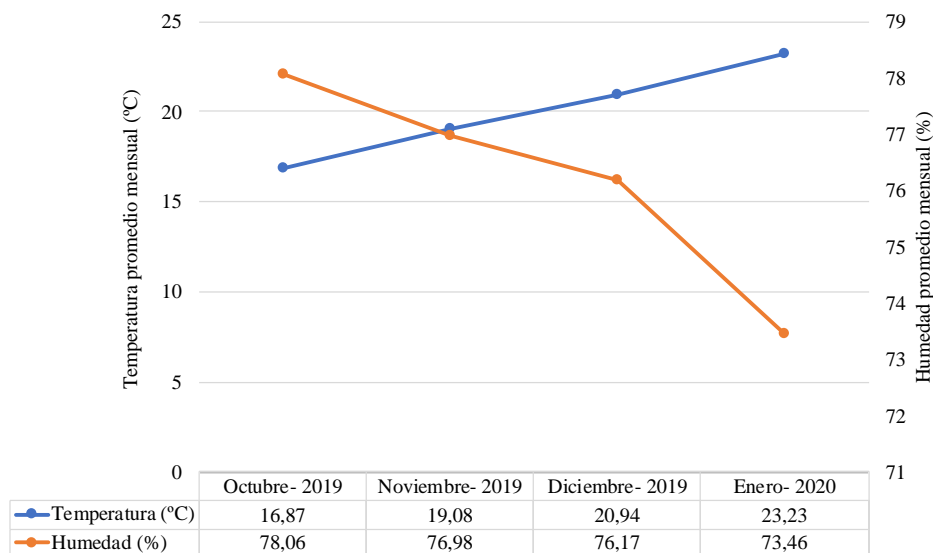


Figura 1: Fluctuación de la temperatura y la humedad promedio mensual durante la evaluación en campo.

### 3.3 Materiales

#### 3.3.1 Material genético

**Genotipos F7:** Introducido de Estados Unidos, las cruza fueron realizadas en la Brigham Young University como parte de las actividades del convenio INIA/UNALM/BYU, proporcionadas al PIPS en Cereales y Granos Nativos como semillas F<sub>2</sub>.

- R1R-7: Cruza de Real-1/BYU 937.
- xReal-1: Compuesto proveniente de la mezcla de cruza Real-1/ BYU 937, Real-1/ BYU 1301; Real-1/BYU 1314; Real-1/ 1101
- C4R-2: Co407/BYU 937.
- x0654: Compuesto proveniente de la mezcla de Real-1 (0654)/ BYU 937, Real-1 (0654)/ BYU 1301; Real-1 (0654)/BYU 1314; Real-1 (0654)/ BYU 1101
- X06R-1: Cruza de 0654/BYU 937.
- NLR-1: cruza de NL-6/Unknown.
- R1Y-5: Cruza de Real-1/BYU 1101.
- x11-54: Compuesto de 11-54 / BYU 937, 11-54 / BYU 1301; 11-54 /BYU 1314

*Chenopodium quinoa:*

Real 1, Línea 0654, Línea NL-6, Línea 11-54 y Co407

*Chenopodium sp:*

BYU 937, (Accesión de *C. berlandieri* var. *boscianum* colectada en Galveston Bay, Texas)

BYU 1301, (Accesión de *C. berlandieri* var. *boscianum*)

BYU 1314 (Accesión de *C. berlandieri* var. *Zschackei*)

BYU 1101 (accesión de *C. hircinum* colectada en Argentina)

### **3.3.2 Materiales de campo**

- Libreta de campo
- Etiquetas
- Marcadores
- Regla de 2 m
- Trilladora
- Bandejas de plástico
- Bolsas de papel

### **3.3.3 Materiales y Equipos de laboratorio**

- Balanzas de precisión
- Tubos de ensayo
- Rejillas
- Agua destilada
- Marcador
- Regla de 10cm
- Infractec 1241 Grain Analyzer
- Agitador mecánico (saponinas)
- Tabla de colores “Royal Horticultural Society” del Reino Unido

### **3.4 Metodología- Evaluaciones**

El manejo agronómico del experimento fue igual al recomendado en la “Guía de Cultivo de la Quinoa” (Gómez & Aguilar, 2016), controlando solamente las plagas.

### **3.4.1 Diseño Experimental**

El material se estudió bajo un sistema de “parcelas de observación”, sin repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de 1 metro de largo y 2 surcos, debido a la cantidad de semillas disponibles. Los surcos se encuentran separados por 0.60 m.

### **3.4.2 Población**

Se sembró 147 accesiones, al momento de la caracterización se identificaron variantes dentro de las accesiones, lo suficiente diferentes como para considerarlas como nuevos genotipos. Estas variantes, fueron identificadas y descritas en forma individual. Se caracterizaron un total de 310 plantas.

### **3.4.3 Análisis Estadístico**

Los datos a coleccionar fueron ingresados al software Rstudio. Se ingresaron 24 variables, de las cuales son 8 variables cuantitativas y 16 variables cualitativas. Se empleó un análisis multivariado de los datos. Se determinaron los siguientes parámetros:

#### **Estadística descriptiva:**

Incluye la media aritmética, rango, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV).

#### **Análisis de componentes principales (PCA):**

Se determinó los siguientes criterios:

- Seleccionar a los componentes cuyos valores propios sean mayor o iguales al 70% de la varianza total (López & Hidalgo, 1994; Franco & Hidalgo, 2003).
- Seleccionar aquellos componentes cuyo valor propio sea mayor o igual a 1 (López & Hidalgo, 1994; Franco & Hidalgo, 2003).
- Elaborar un gráfico, en donde el eje “x” esté representado por los componentes y el valor propio, y el eje “y” representado por el porcentaje de la varianza; para visualizar los principales componentes y sus comportamientos (Pla, 1986; Franco & Hidalgo, 2003).

### **Análisis de clúster**

Se define como una técnica estadística, que permite agrupar a individuos con respecto al grupo de características que los distinguen uno de otros, permitiendo así conocer la alta o baja similitud (Pérez, 2004). Se buscó clasificar un conjunto de accesiones o variables, en grupos pequeños o conglomerados con características comunes.

### **Distancia euclidiana:**

Es una medida utilizada en métodos jerárquicos para hallar las distancias o similitudes entre elementos de una muestra. Se basa en el uso del Teorema de Pitágoras, ya que tiene como finalidad hallar la distancia entre dos puntos que pertenecen a un espacio euclídeo (Pérez, 2004). Por lo tanto, es representada bajo la siguiente fórmula:

$$D_{jk} = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{jk})^2)^{1/2}$$

Donde:

$D_{jk}$ = Distancia Euclidiana entre los individuos “j” y “k”.

$X_{ij}$ = Valor del i-ésimo carácter en el individuo “j”.

$X_{jk}$ = Valor del j-ésimo carácter en el individuo “k”.

$N$  = Número de caracteres.

Los valores mínimos indican semejanza o proximidad entre los individuos ya que presentan una distancia corta (Pérez, 2004).

Las variables presentes en la caracterización poseen diferentes unidades de medida por lo que se hizo una estandarización de los valores, lo que permitió realizar una correcta comparación entre dos variables.

Se presenta una lista de las abreviaciones utilizadas para las diferentes características evaluadas de los genotipos F<sub>7</sub> de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium*:

Variables cuantitativas:

FLO	Días a 50% de la floración
MAD	Días a la madurez
H	Altura de la planta (cm)
OBS	Severidad de mildiu (%)
RDTO	Rendimiento por planta (g)
PES	Peso de 1000 granos (g)
SAP	Contenido de saponina (%)
PROT	Contenido de proteínas (%)

Variables cualitativas:

PR	Presencia de ramificaciones
CT	Color de tallo
CE	Color de estrías
CAX	Pigmentación en las axilas
FHT	Forma de la hoja del tallo
FHP	Forma de hoja de la panoja
ND	Número de dientes por hoja
BH	Borde de la hoja
CP	Color del peciolo
CLF	Color de la lámina foliar
CPF	Color de la panoja en floración
FP	Forma de la panoja
DP	Densidad de la panoja
CPE	Color de pericarpo
CEP	Color de epicarpo



### **3.4.4 Evaluaciones**

#### **3.4.4.1 Caracterización de la morfología**

Los descriptores empleados para caracterizar el cultivo de quinua fueron seleccionados por especialistas del cultivo y colectados por Bioversity International (Inicialmente llamado IBGR: International Board for Plant Genetic Resources, luego llamado IPGRI). Esta lista de descriptores tiene carácter internacional y por tanto proporciona un “lenguaje” universal para los recursos fitogenéticos (Bioversity International & FAO, 2013).

#### **Tallo**

- a) Desarrollo de ramificaciones: Ausente (0) y Presente (1)
- b) Color de: tallo, estrías, axilas pigmentadas, peciolo de hoja, lámina foliar y panoja a la floración:
  - i) (0) Blanco
  - ii) (1) Amarillo
  - iii) (2.1) Verde claro
  - iv) (2.1) Verde oscuro
  - v) (3) Rojo
  - vi) (4.1) Púrpura claro
  - vii) (4.2) Púrpura oscuro
  - viii) (5) Rojo- verde
  - ix) (6) Verde- rojo
  - x) (7) Púrpura- verde
  - xi) (8) Verde- púrpura
  - xii) (9) Amarillo- verde
  - xiii) (10) Verde- amarillo
  - xiv) (11) Rosado
  - xv) (12) Verde- rosado
  - xvi) (13) Lila
  - xvii) (14) Naranja
  - xviii) (15) Naranja- verde
- c) Presencia de estrías: estas se observarán en el tallo principal.
  - i) (0) Ausentes
  - ii) (1) Presente

## **Hoja**

Se tomaron datos solo de aquellas hojas en el medio del tallo principal, durante la floración.

### a) Forma de la hoja

- i) (1) Romboidal
- ii) (2) Triangular

### b) Margen de la hoja

- i) (1) Entero
- ii) (2) Dentado
- iii) (3) Aserrado

### c) Número de dientes en la hoja: número total de dientes por hoja, 1 por planta.

- i) (3) Dientes entre 0 y 3
- ii) (5) Dientes entre 3 y 12
- iii) (7) Dientes mayor a 12

## **Inflorescencia**

### a) Forma de hoja de la panoja

- i) (1) Lanceolada
- ii) (2) Triangular

### b) Forma de la panoja

- i) (1) Glomerulada
- ii) (2) Intermedia
- iii) (3) Amarantiforme

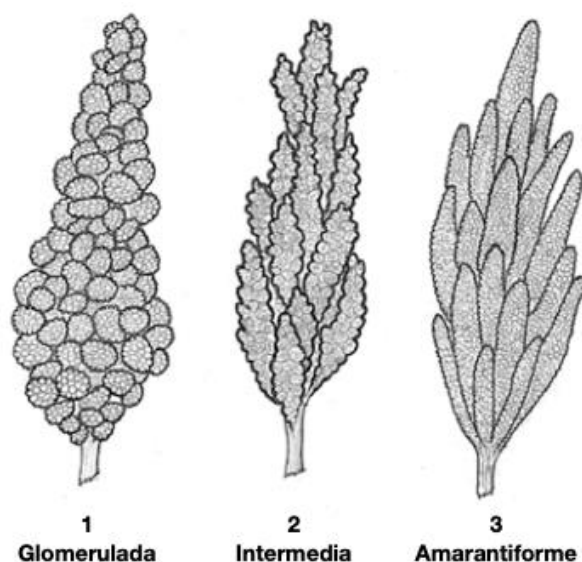


Figura 2: Forma de la panoja. Adaptado de: “Caracterización de la inflorescencia” por Bioversity International & FAO, 2013, *Descriptor para quinua (Chenopodium quinoa Willd) y parientes silvestres*, p. 36, Copyright 2013 por Bioversity International; FAO; PROINPA; INIAF; Fundación PROINPA; FIDA.

c) Densidad de la panoja

- i) (1) laxa
- ii) (2) intermedia
- iii) (3) compacta

#### 3.4.4.2 Evaluación de resistencia a la enfermedad de mildiu

Se usó la Escala de Danielsen & Ames (2000)

- A partir de cada planta seleccionada se escogen 3 hojas del nivel medio, que tengan los mayores daños de mildiu.
- Usando la Figura 2 adjunta, se evaluará el porcentaje de área afectada de cada hoja.
- Se escogerá el mayor valor, como aquel que represente la severidad del mildiu.

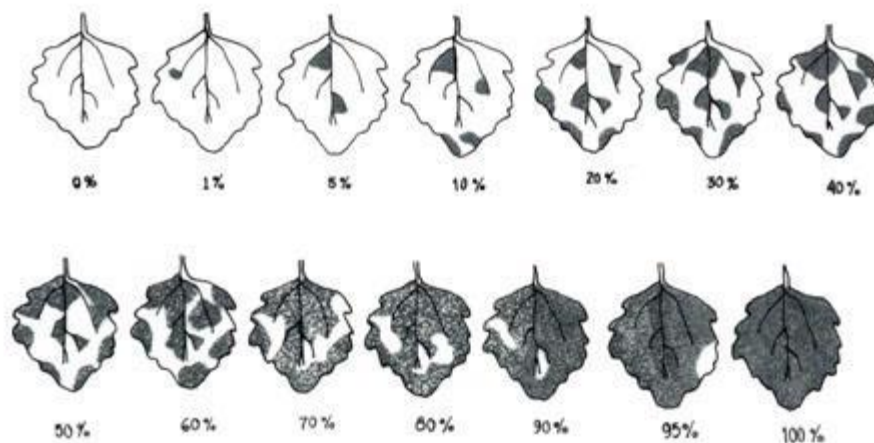


Figura 3: Índice de esporulación para determinar la susceptibilidad o resistencia al mildiú (*Peronospora variabilis*). Adaptado de “Evaluación del Mildiú en Campo” por Danielsen, S. & Ames, T., 2000, *El Mildiú de la Quinua en la Zona Andina, Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno*, p. 32. Copyright 2000 por Centro Internacional de la Papa (CIP); Royal Danish Ministry of Foreign Affairs; The Royal Veterinary and Agricultural University.

#### 3.4.4.3 Evaluación agronómica

a) Días a 50% de la floración

Se contó el número de días transcurridos desde la siembra hasta obtener el 50% de plantas de cada parcela con presencia de flores abiertas y anteras visibles en antesis.

b) Días a la madurez

Se contó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra con humedad adecuada hasta que el 50% de plantas de cada parcela presentarán el estado de grano pastoso rayable con la uña.

c) Altura de la planta (cm)

Se tomó la altura de planta seleccionada un día antes de iniciar la cosecha, con una regla graduada desde la base de la planta hasta el punto apical de la panoja.

d) Rendimiento por planta (g)

Se estimó el rendimiento de grano a nivel de planta individual seleccionada

#### 3.4.4.4 Evaluación en laboratorio

- a) Color del pericarpio y episperma:

Los granos fueron comparados con la tabla de colores de “Royal Horticultural Society” del Reino Unido, para seleccionar el color adecuado y apuntar el código, el cual consiste en el nombre, número y letra, que describe a cada accesión.

- b) Peso de 1000 granos

- c) Contenido de proteínas: Se empleó el Infratec 1241.

- d) Contenido de saponinas: Se pesaron 0.5 g de granos enteros, los cuales fueron puestos dentro de un tubo de ensayo. Se añadió 5 mL de agua destilada, y se taparon. Como siguiente paso se colocaron en un agitador mecánico durante 30 segundos y finalmente se midió con una regla la altura de la espuma generada por las semillas. Es así, que, para hallar la proporción de saponinas, seguiremos la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de saponinas (\%)} = \frac{(\text{altura de la espuma} - 0.29)}{3.74}$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### OBJETIVO 1.-

- Evaluación los caracteres morfológicos, agronómicos, resistencia a *Peronospora variabilis* y calidad de los genotipos obtenidos de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en la generación F<sub>7</sub>.

#### 4.1 Caracterización Morfológica:

##### Caracteres cualitativos:

##### a. Presencia de ramificación

De las 310 plantas evaluadas, 294 plantas presentaron ramificación y 16 plantas no presentaron ramificación (Figura 4).

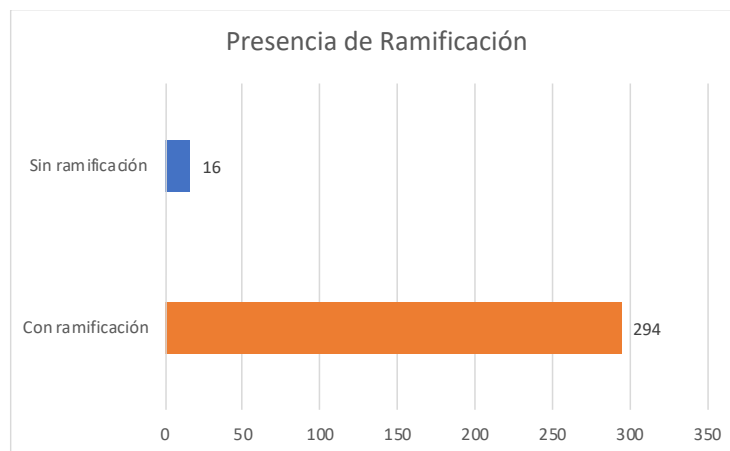


Figura 4: Distribución de la presencia de ramificación.

b. Color de tallo

El color predominante del tallo fue verde claro con 238 plantas, seguido del amarillo con 28 plantas, del color púrpura oscuro con 26 plantas, del color verde oscuro con 7 plantas, del color verde rosado con 6 plantas y finalmente del color púrpura claro con 3 plantas (Figura 5).

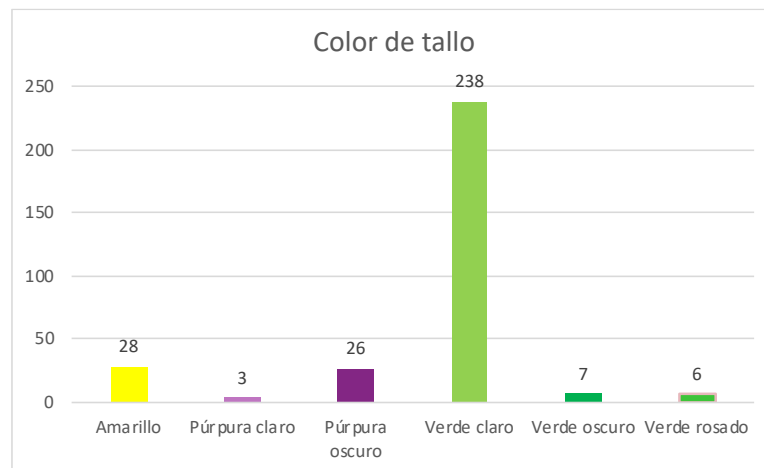


Figura 5: Distribución del color del tallo

c. Color de estrías

El color predominante de estrías fue el verde oscuro con 254 plantas, seguido del verde rosado con 12 plantas, del color verde púrpura en 11 plantas, del color verde claro en 6 plantas, del color rosado en 5 plantas, del color púrpura verde en 4 plantas y finalmente de color púrpura oscuro en 3 plantas (Figura 6).

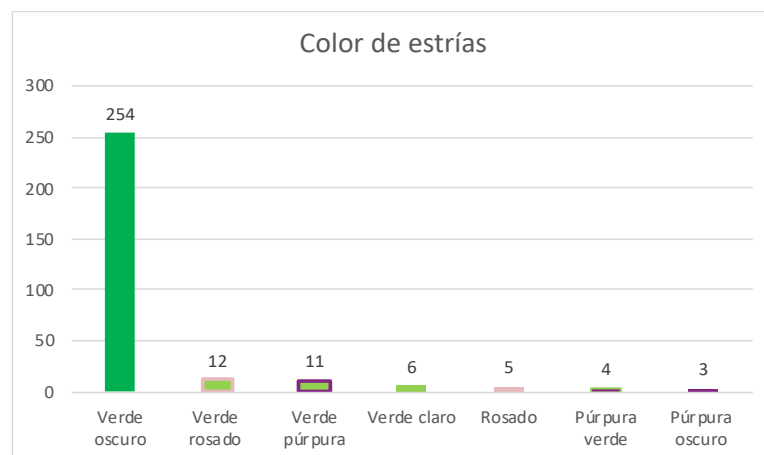
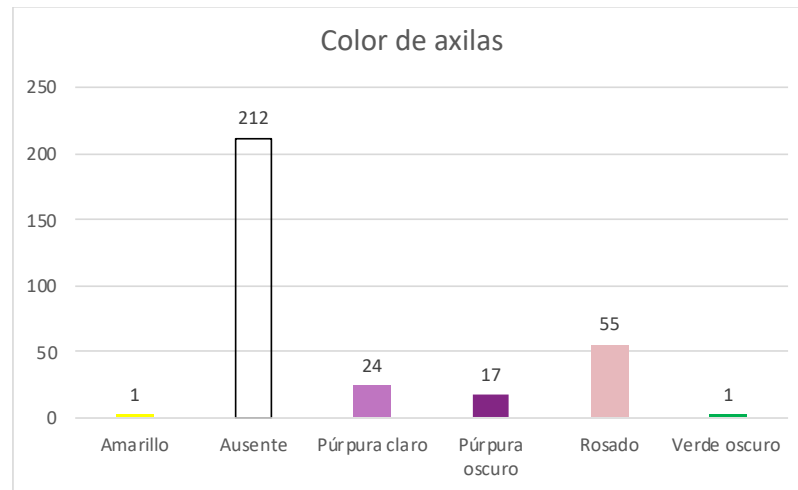


Figura 6: Distribución del color de estrías

d. Color de axilas

Los tallos con ausencia de axilas coloreadas fueron predominantes con 212 plantas, seguido del grupo con axilas de color rosado con 55 plantas, del grupo con axilas de color púrpura claro con 24 plantas, del grupo con axilas de color púrpura oscuro con 17 plantas, una planta con axila de color verde oscuro y finalmente una planta con axila de color amarillo (*Figura 7*).



*Figura 7:* Distribución del color de axilas

e. Forma de la hoja del tallo

Todas las plantas evaluadas presentaron hojas romboidales

f. Forma de la hoja de la panoja.

Todas las plantas evaluadas presentaron hojas lanceoladas.

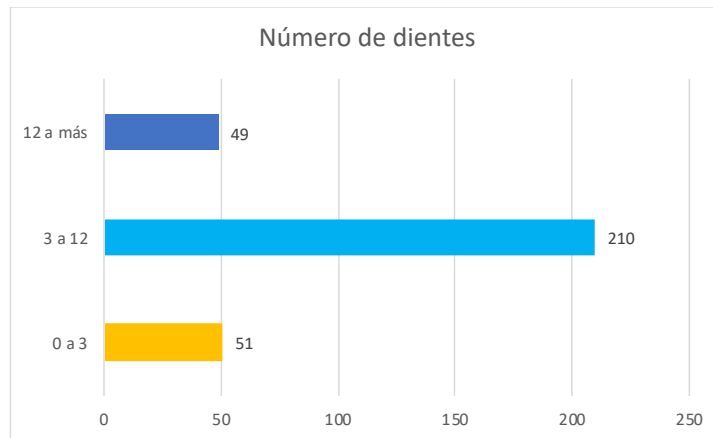
g. Borde de hoja

Todas las plantas evaluadas presentaron hojas con bordes dentados.



h. Número de dientes

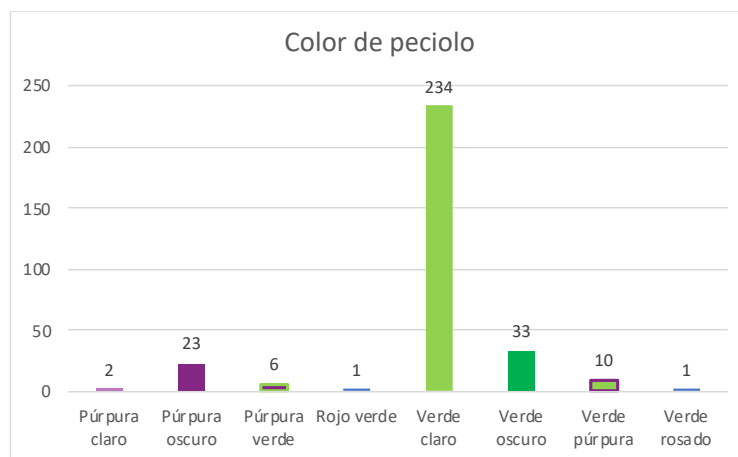
Predominaron las hojas de 3-12 dientes en 210 plantas, seguido de hojas con menos de 3 dientes en 51 plantas y finalmente con hojas con más de 12 dientes en 49 plantas (*Figura 8*).



*Figura 8:* Distribución del número de dientes

i. Color de peciolo

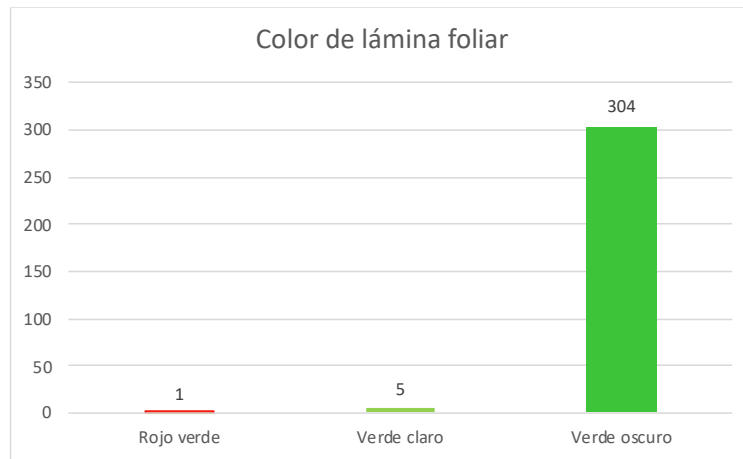
Se identificaron 234 plantas con hojas con peciolo de color verde claro, 33 plantas con color verde oscuro, 23 plantas con color púrpura oscuro, 10 plantas con color verde púrpura, 6 plantas con color púrpura verde, 2 plantas con color púrpura claro, 1 planta con color rojo verde y 1 planta con color verde rosado (*Figura 9*).



*Figura 9:* Distribución del color del peciolo

j. Color de la lámina foliar

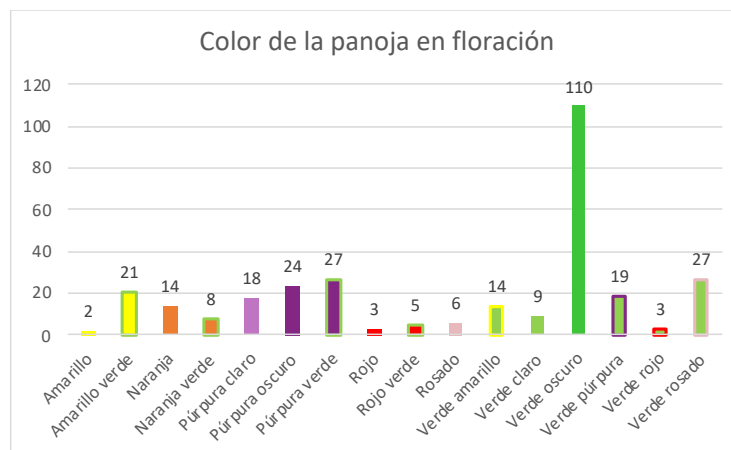
Se observaron 304 plantas con láminas de hojas de color verde oscuro, 5 plantas de color verde claro y 1 planta de color rojo verde (*Figura 10*).



*Figura 10:* Distribución del color de la lámina foliar

k. Color de panoja en floración

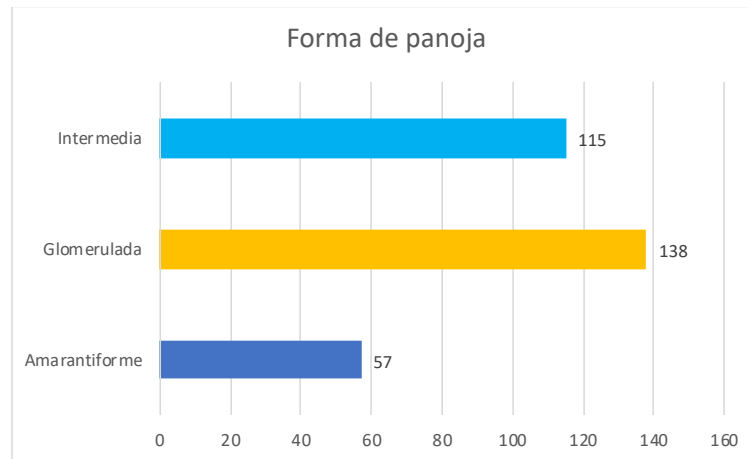
Se identificaron 110 plantas de panojas color verde oscuro, 27 de color verde rosado, 24 de color púrpura oscuro, 21 de color amarillo verde, 19 de color verde púrpura, 18 de color púrpura claro, 14 de color verde amarillo, 14 de color naranja, 9 de color verde claro, 8 de color naranja verde, 6 de color rosado, 5 de color rojo verde, 3 de color rojo, 3 de color verde rojo y por último 2 de color amarillo (*Figura 11*).



*Figura 11:* Distribución del color de la panoja en floración

### l. Forma de panoja

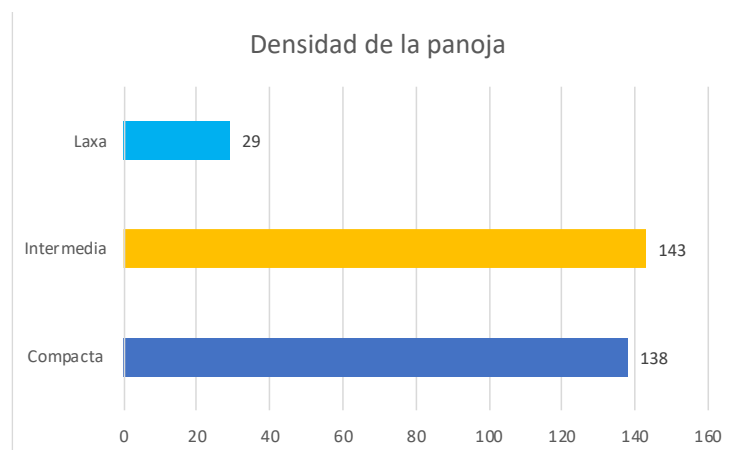
La forma predominante de panoja fue glomerulada en 138 plantas, seguido de la forma intermedia en 115 plantas y por último la forma amarantiforme en 57 plantas (*Figura 12*).



*Figura 12:* Distribución de la forma de la panoja

### m. Densidad de panoja

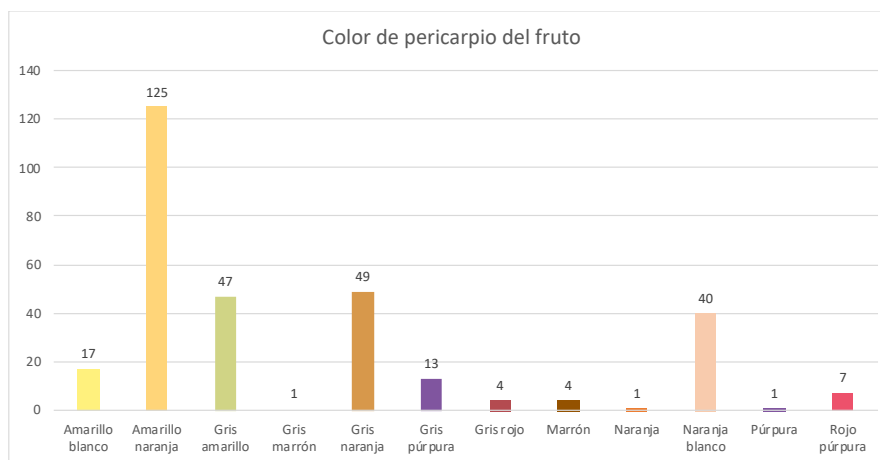
Se observaron 143 plantas con panoja de densidad intermedia, 138 con panoja de densidad compacta y 29 con panoja de densidad laxa (*Figura 13*).



*Figura 13:* Distribución de la densidad de la panoja

n. Color de pericarpio del fruto

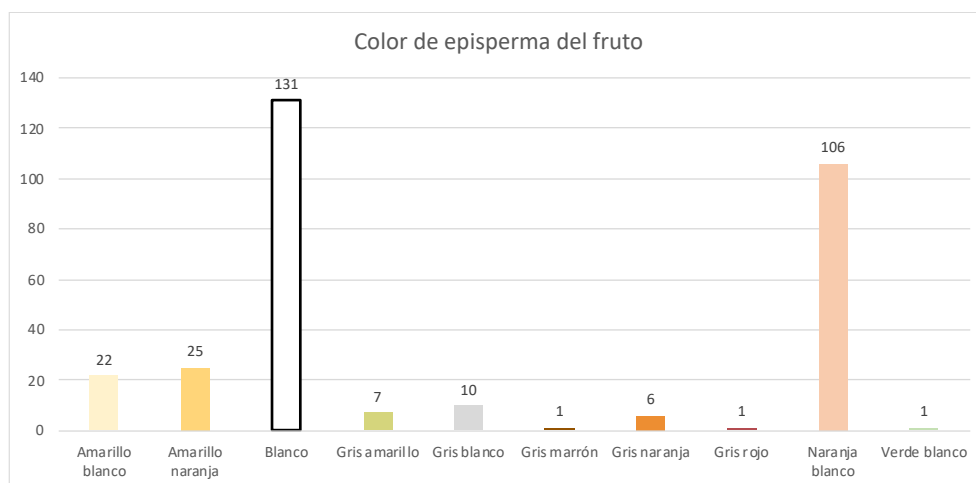
Se identificaron 125 con frutos con pericarpio de color amarillo naranja, 49 con color gris naranja, 47 con color gris amarillo, 40 con color naranja blanco, 17 con color amarillo blanco, 13 con color gris púrpura, 7 con color rojo púrpura, 4 plantas de color gris rojo, 4 con color marrón, 1 con color gris marrón, 1 con color naranja y 1 planta de color púrpura (*Figura 14*).



*Figura 14:* Distribución del color del pericarpio en fruto

o. Color de episperma del fruto

Se observaron 131 plantas con episperma de color blanco, 106 con color naranja blanco, 25 con color amarillo naranja, 22 con color amarillo blanco, 10 con color gris blanco, 7 con color gris amarillo, 6 con color gris naranja, 1 con color gris marrón, 1 con color gris rojo y 1 con color verde blanco (*Figura 15*).



*Figura 15:* Distribución del color del episperma del fruto

## Caracterización agronómica y de calidad

### 4.2 Estadística Descriptiva de los Caracteres Cuantitativos

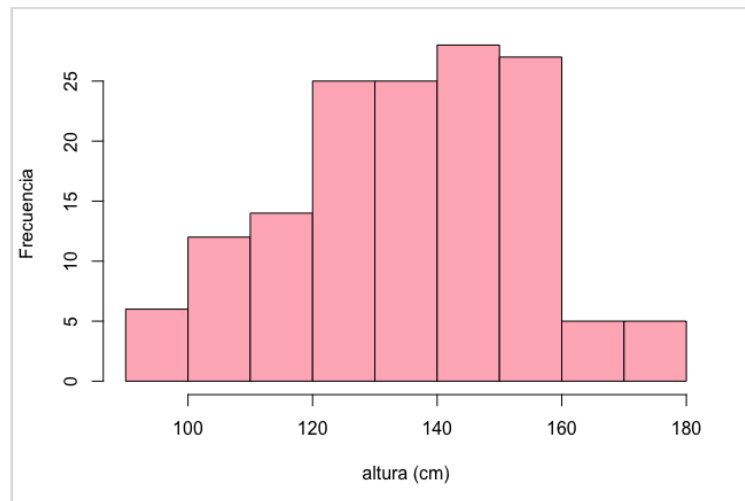
En la Tabla 3, se presentan ocho variables cuantitativas evaluadas en 310 plantas seleccionadas. Se aprecia que existe una alta variación para las variables de “porcentaje de severidad de mildiu”, “rendimiento por planta” y “contenido de saponina”, presentando los coeficientes de variación más altos, 53.25%, 46.07% y 33.76%, respectivamente. Por otra parte, las variables “días a 50% de la floración” y “días a la madurez” presentan los valores más bajos de CV, iguales a 7.16% y 6.93%, respectivamente.

**Tabla 3: Estadística descriptiva de caracteres cuantitativos de calidad y agronómicos, de 310 plantas de cruza interspecíficas del género *Chenopodium*.**

	H	OBS	PES	SAP	PROT	RDTO	FLO	MAD
N	310	310	310	310	310	310	310	310
Media	135.86	30.29	4.45	1.28	14.09	25.18	67.21	118.16
Máximo	202	80	6.82	2.73	17.9	84.8	86	130
Mínimo	87	0	2.04	0	10.30	1.9	55	105
Desviación estándar (S <sup>2</sup> )	21.41	16.13	0.77	0.43	1.28	11.60	4.81	8.19
Coefficiente de variación	15.76%	53.25%	17.18%	33.76%	9.05%	46.07%	7.16%	6.93%

*Nota:* H = Altura de la planta (cm); OBS = Severidad de mildiu (%); PES = Peso de mil granos (g); SAP = Contenido de saponina (%); PROT = Contenido de proteínas (%); RDTO = Rendimiento por planta (g); FLO = Días a 50% de la floración; MAD = Días a la madurez. Fuente de elaboración propia.

La variable “altura de planta”, presenta un CV de 15.8%, una media de 135.8 cm y datos ubicados en un rango de 87 - 202 cm (*Figura 16*). Los resultados obtenidos fueron muy cercanos a los obtenidos por Torres (2000), en quinua proveniente de Europa y América del Sur, con altura de planta en un rango de 40 a 200 cm.



*Figura 16:* Histograma respecto al comportamiento de la altura de planta

Con respecto a porcentaje de severidad de mildiu (*Peronospora variabilis*), se observa un CV de 53.3%. Se encontró valores en un rango de 0 – 80% de severidad. La mayor proporción de la población, mostró síntomas de mildiu en un rango de 20 – 30% del área foliar, y una menor proporción de plantas con valores altos de 60 – 80% (*Figura 17*). *Peronospora variabilis* se vio favorecida por los niveles de humedad de 73 – 79 % y las temperaturas de 16 – 23°C, prevalentes durante el periodo del experimento.

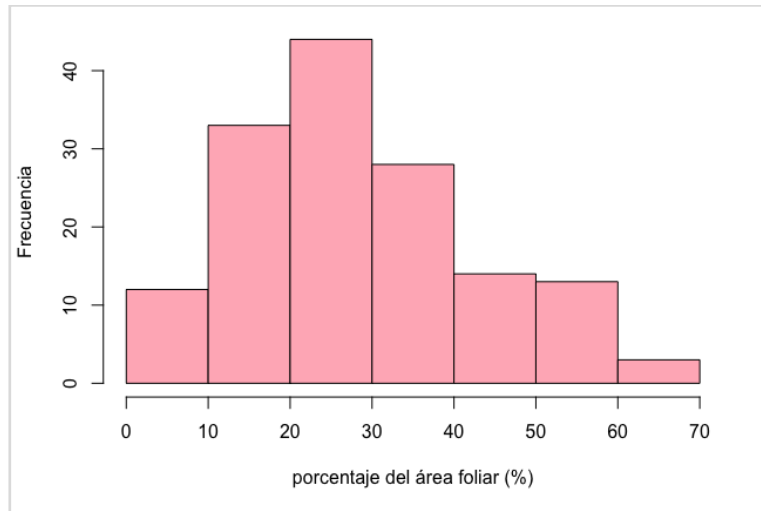


Figura 17: Histograma respecto al comportamiento de la severidad de mildiu

En cuanto al “peso de mil granos” se lograron valores en un rango de 2.04 – 6.82 g, con un CV igual a 17.19% y una media de 4.45 g. La mayor cantidad de genotipos se hallaron comprendidos en un rango de 4 – 5 g (Figura 18). Los valores hallados se encuentran dentro del rango reportado en el “Catálogo de variedades de quinuas comerciales en el Perú”, donde se informa que para el peso de mil granos los valores se encuentran en un rango de 1.8 a 4.2 g (Apaza *et al.*, 2013).

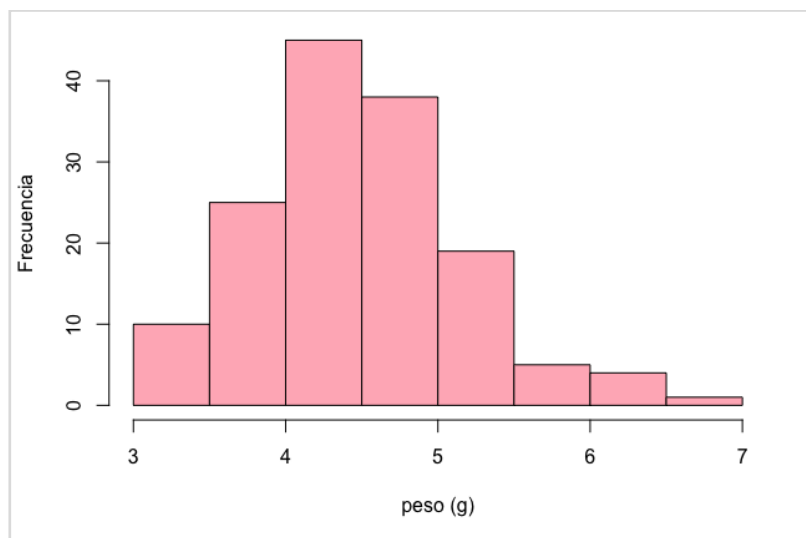
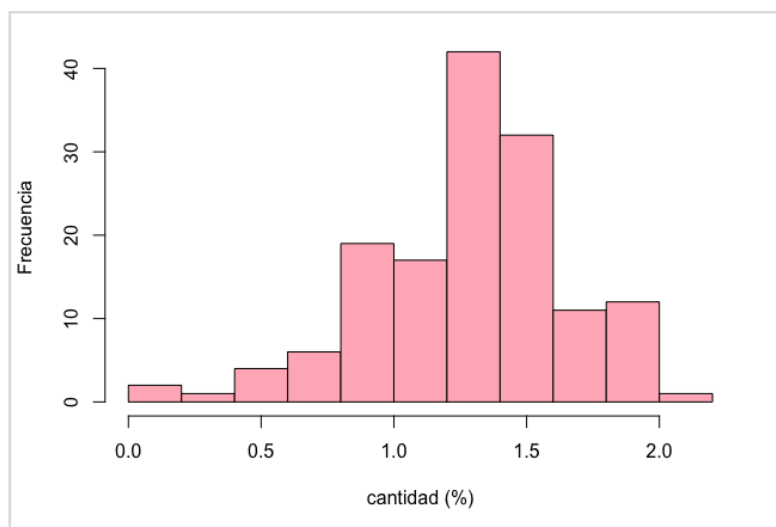


Figura 18: Histograma respecto al comportamiento del peso de mil granos

El “contenido de saponinas”, presenta valores en un rango de 0 a 2.73% y una media de 0.432%. El valor de la CV fue 33.8%, indican datos heterogéneos. La mayor cantidad de plantas se encontraron comprendidas en el rango de 1.0 a 1.5% (*Figura 19*). La FAO (2011), señala un rango promedio de saponina de 0.1 a 5%. Quispe (2015) clasifica a la quinua como dulce cuando posee un contenido <0.11%, semi dulce de 0.12 – 0.5% y amarga >0.6%; indicando así que la mayoría de quinuas evaluadas eran de sabor amargo.



*Figura 19:* Histograma respecto al comportamiento de la cantidad de saponinas.

El “rendimiento por planta” presenta un CV de 46.1%. La media tiene un valor de 25.18 g y la mayor parte de los genotipos evaluados están comprendidos dentro de un rango de 1.90 - 84.80 g (*Figura 20*). Apaza *et al* (2013), señalan que las variedades comerciales de quinua en el Perú, pueden alcanzar un rendimiento por planta de 27.2 a 97g, por lo que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de la literatura citada.



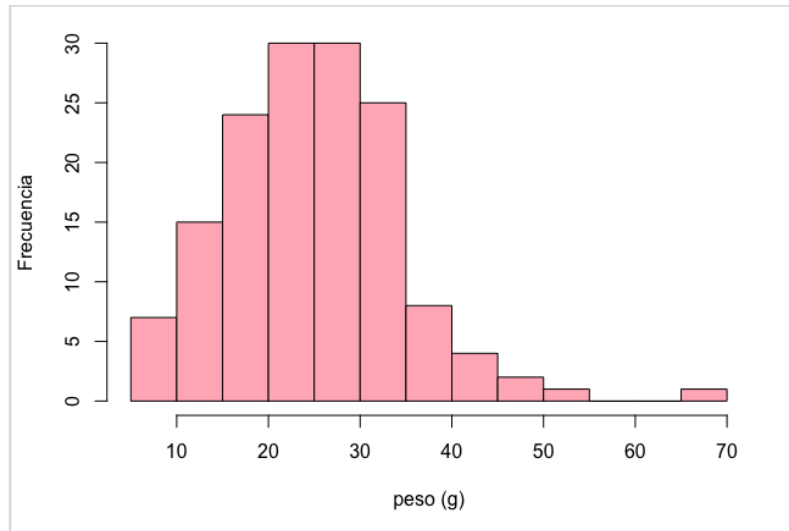


Figura 20: Histograma respecto al comportamiento del rendimiento por planta

La variable “contenido de proteínas” presenta una media de 14.09% y los datos se encuentran dentro de un rango de 10.30 - 17.90%. La mayor parte de los genotipos evaluados están en el rango de 13 – 15% (Figura 21). La FAO (2011) señala que el contenido de proteína puede estar dentro de un rango de 12 - 16.9% y, Gómez & Aguilar (2016) indican un rango de 14 – 22%; los valores observados en el experimento se encuentran dentro de los rangos señalados.

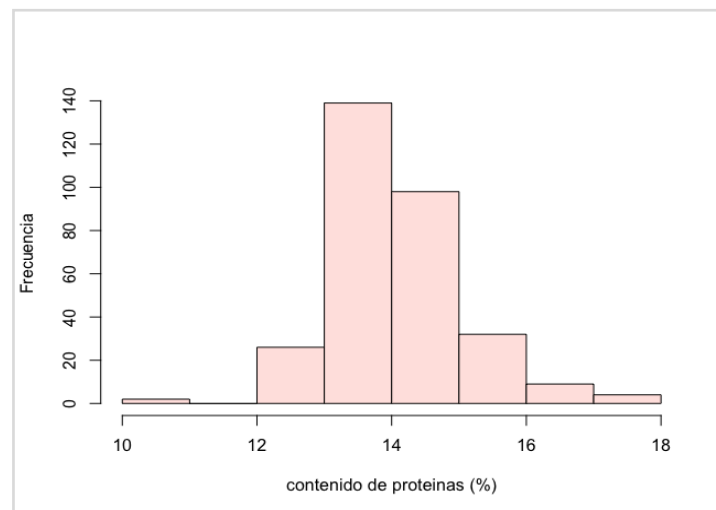
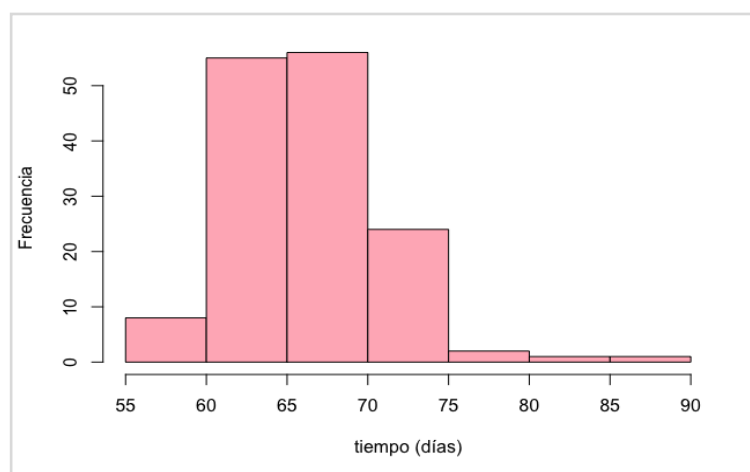


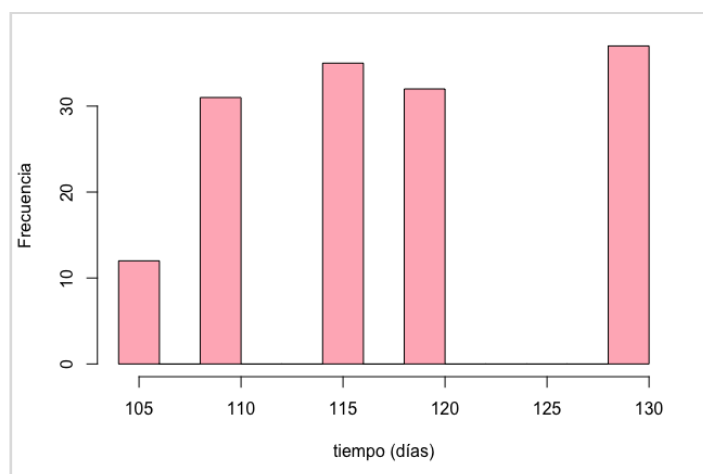
Figura 21: Histograma respecto al comportamiento del contenido de proteínas

Respecto a los “días a 50% de la floración” se obtuvo un CV igual a 7.16%, y el rango de los valores fueron de 55-86 días, con una media de 67.21 días (*Figura 22*). El SENAMHI & MINAGRI (2016), indican un rango de días para floración de 75 – 100 días, y Quillatupa (2009) señala que el rango de días a 50% de la floración para condiciones de La Molina es de 61.25 a 76.88 días.



*Figura 22:* Histograma respecto al comportamiento de días a 50% de la floración

La variable “días a la madurez” obtuvo un CV igual a 6.93%, el rango de los datos fue de 105-130 días (*Figura 23*) con una media de 118.16 días. SENAMHI & MINAGRI (2016) informan para quinua un rango de maduración entre 160 – 180 días, y Mendoza (2013) señala que en condiciones de La Molina la madurez se alcanzó a los 133 días.



*Figura 23:* Histograma respecto al comportamiento de días a la madurez

### 4.3 Análisis de Correlación de los Caracteres Cuantitativos de Calidad y Agronómicos.

En la Figura 24, se presentan las correlaciones existentes entre las 8 variables cuantitativas analizadas.

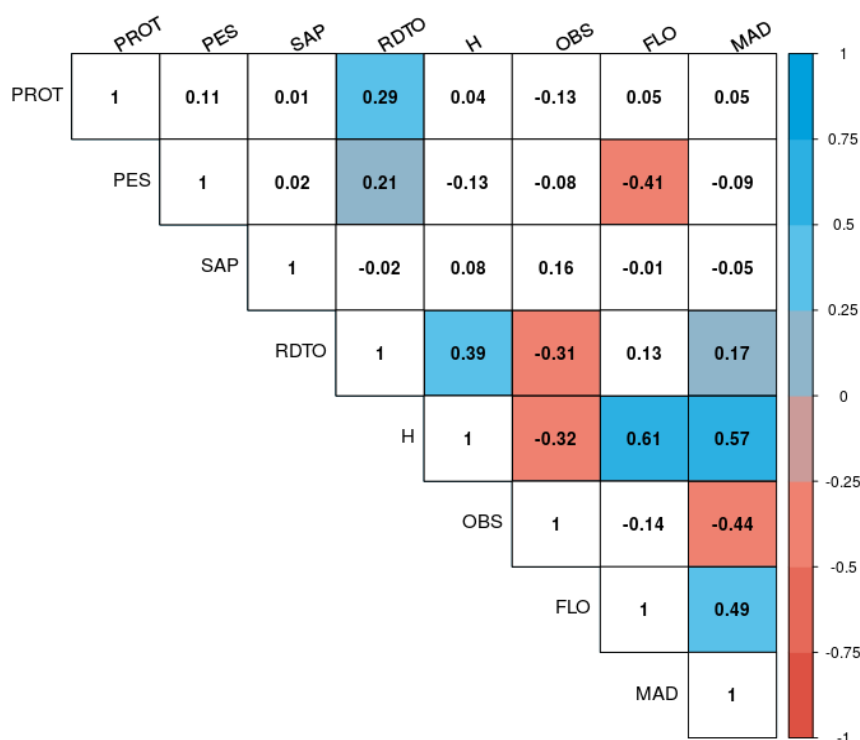


Figura 24: Resumen de la matriz de correlación de los caracteres de calidad y agronómicos, de 147 líneas de quinua seleccionados de las cruza interespecíficas del género *Chenopodium*. PROT = Contenido de proteínas (%); PES = Peso de mil granos (g); SAP = Contenido de saponinas (%); RDTO = Rendimiento por planta (g); H = altura de planta (cm); OBS = Severidad de mildiu (%); FLO = Días a 50% de la floración; MAD = Días a la madurez.

Dentro de los valores que muestra la matriz de correlación, se destacan a continuación, aquellos valores significativos tales como: Correlación positiva ( $r=0.49$ ) entre días a la madurez y días a 50% de la floración. Altura de planta con correlaciones positivas con días a la floración y días a la madurez ( $r=0.61$  y  $r=0.57$ , respectivamente), y negativas ( $r= -0.32$ ) con severidad de mildiu. Esto indica que mientras la planta tenga un ciclo fenológico precoz, desarrollará un menor tamaño, y una mayor susceptibilidad al mildiu. Además, la severidad de mildiu presenta una correlación negativa ( $r= -0.44$ ) con los días a la madurez.

El peso de mil granos presenta una correlación negativa ( $r = -0.41$ ) con días a 50% de la floración. Esto explica que a medida que sea menor el peso de mil granos, mayor será la duración de la fenología de la quinua, es decir, tardía. Gabriel *et al.* (2012) afirman que las accesiones evaluadas a condiciones de Valle fueron tardías, de mayor tamaño y con menor peso de 100 semillas.

Rendimiento por planta con correlación positiva con altura de planta, y negativa con severidad de mildiu ( $r = 0.39$  y  $r = -0.31$ , respectivamente). Podemos indicar que a medida que la planta es más alta, habrá un mayor rendimiento por planta, esto fue afirmado por Rojas (2003), quien indica que los índices de cosecha se hacen menores a medida que las fases fenológicas son más tardías y con un mayor desarrollo de altura. Además, se indica un incremento del rendimiento por planta con una menor severidad por mildiu, Torres (2019) afirma que un buen potencial de rendimiento está asociado al mecanismo de tolerancia al mildiu, debido a una resistencia horizontal.

#### 4.4 Análisis de Componentes Principales de los Caracteres Cuantitativos de Calidad y Agronómicos.

Estos análisis se realizaron con la información recopilada para las 147 líneas avanzadas con mayor uniformidad de plantas.

**Tabla 4: Componentes principales, de los caracteres de calidad y agronómicos de 147 líneas de quinua derivados de las cruza interespecíficas del género *Chenopodium***

Componentes Principales	Valores propios	Proporción de la varianza	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
Primero	2.402	30.024	30.024
Segundo	1.440	18.002	48.026
Tercer	1.089	13.610	61.636
Cuarto	0.951	11.888	73.524
Quinto	0.746	9.330	82.853
Sexto	0.644	8.044	90.897
Séptimo	0.395	4.937	95.835
Octavo	0.333	4.165	100

*Nota:* Las celdas sombreadas corresponden a la selección de los componentes principales con mayor contribución. Fuente de elaboración propia

En la Tabla 4, se observa que de los 8 componentes principales los de mayor contribución fueron los primeros cuatro componentes que explican el 73.5% de la varianza total. El primer componente tiene un valor propio de 2.42, el segundo valor propio de 1.44, el tercero 1.089 y el cuarto 0.951.

En la Tabla 5 se pueden apreciar los valores de correlación (“r”) entre los componentes principales y las variables evaluadas. Para el primer componente existe una correlación alta positiva con las variables: altura de planta (0.827), días a la madurez (0.788) y días a 50% de la floración (0.727); para el segundo componente existe una correlación alta y positiva con las variables: peso de 1000 granos (0.746) y rendimiento por planta (0.554); para el tercer componente una correlación alta positiva con la variable contenido de saponina (0.905) y una correlación baja positiva con la variable severidad de mildiu (0.327), y por último, para el cuarto componente se observa una correlación alta positiva con la variable contenido de proteína (0.825) y una correlación alta negativa con la variable peso de mil granos (-0.328).

**Tabla 5: Correlación entre las variables cuantitativas y los 8 principales componentes, de la evaluación de las 147 líneas de quinua derivados de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium***

Variable	Componentes Principales							
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo
PROT	0.177	0.435	-0.055	0.825	-0.291	0.077	-0.013	-0.068
PES	-0.192	0.746	0.144	-0.328	-0.087	0.488	-0.160	0.084
SAP	-0.025	-0.093	0.905	-0.038	-0.362	-0.191	-0.008	0.049
RDTO	0.475	0.554	0.258	0.100	0.532	-0.218	0.164	0.182
H	0.827	-0.046	0.240	-0.079	0.190	0.148	-0.117	-0.423
OBS	-0.537	-0.406	0.327	0.290	0.311	0.460	0.219	-0.003
FLO	0.727	-0.457	0.014	0.155	0.047	0.193	-0.311	0.318
MAD	0.788	-0.060	-0.122	-0.192	-0.324	0.210	0.429	0.077

*Nota:* Las celdas sombreadas representan los valores máximos de la correlación entre los componentes principales y las variables evaluadas. PROT = Contenido de proteínas (%); PES = Peso de mil granos (g); SAP = Contenido de saponinas (%); RDTO = Rendimiento por planta (g); H = altura de planta (cm); OBS = Severidad de mildiu (%); FLO = Días a 50% de la floración; MAD = Días a la madurez. Fuente de elaboración propia.

En la Tabla 6, se presentan las variables con mayor o menor relación con los componentes principales que aportaron más en la varianza total. Para el primer componente principal, el mayor aporte proviene de las variables altura de planta (28.45%), días a la madurez (25.21%)

y días a 50% de la floración (25.21%). Esto nos indica que a medida que las plantas tardías registrarán mayor altura de planta.

El segundo componente principal tuvo mayores contribuciones de peso de mil granos (38.61%) y rendimiento por planta (21.30%), para el tercer componente principal las mayores contribuciones provienen del contenido de saponina (75.23%) y severidad de mildiu (9.81%) y, por último, para el cuarto componente principal contribuyen más el contenido de proteína (71.61%) y el peso de mil granos (11.31%). Rojas (1998), señaló que las variables de fenológicas tienen mayor importancia que las variables morfológicas.

**Tabla 6: Contribución de las variables cuantitativas para cada uno de los componentes principales, en la evaluación de las 147 líneas de quinua derivados de las cruza interespecíficas del género *Chenopodium***

Variable	Componentes Principales							
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo
PROT	1.311	13.244	0.274	71.613	11.322	0.917	0.046	1.373
PES	1.542	38.613	1.908	11.306	1.019	37.056	6.458	2.098
SAP	0.026	0.601	75.230	0.154	17.590	5.651	0.015	0.734
RDTO	9.396	21.297	6.119	1.044	37.947	7.406	6.828	9.963
H	28.450	0.145	5.276	0.659	4.852	3.388	3.461	53.770
OBS	12.025	11.422	9.809	8.829	12.923	31.890	12.100	0.003
FLO	22.034	14.530	0.018	2.522	0.300	5.813	24.296	30.287
MAD	25.214	0.249	1.367	3.874	14.047	6.880	46.598	1.771

*Nota:* Las celdas sombreadas representan los valores máximos de la correlación entre los componentes principales y las variables evaluadas. PROT = Contenido de proteínas (%); PES = Peso de mil granos (g); SAP = Contenido de saponinas (%); RDTO = Rendimiento por planta (g); H = altura de planta (cm); OBS = Severidad de mildiu (%); FLO = Días a 50% de la floración; MAD = Días a la madurez. Fuente de elaboración propia.

En la Figura 25 se observa la distribución de las variables en los cuadrantes. El sentido de dirección de las flechas indica el crecimiento de los valores de cada una de las variables cuantitativas, y el tamaño de estos mismos indica el rango de datos. Las variables de rendimiento por planta y contenido de proteínas se encuentran en el primer cuadrante por un comportamiento similar en sus correlaciones. Por otra parte, las variables contenido de saponinas y severidad de mildiu, en el tercer cuadrante muestran una distribución opuesta a contenido de proteína y rendimiento por planta. La variable rendimiento por planta posee una relación inversa con la variable severidad de mildiu, y la variable contenido de proteínas posee una relación inversa con la variable contenido de saponinas.

En el segundo cuadrante podemos visualizar peso de mil granos. En el cuarto cuadrante se encuentra altura de planta, días a la madurez y días a 50% de la floración. Las variables altura de planta y días a la madurez muestran una distribución similar.

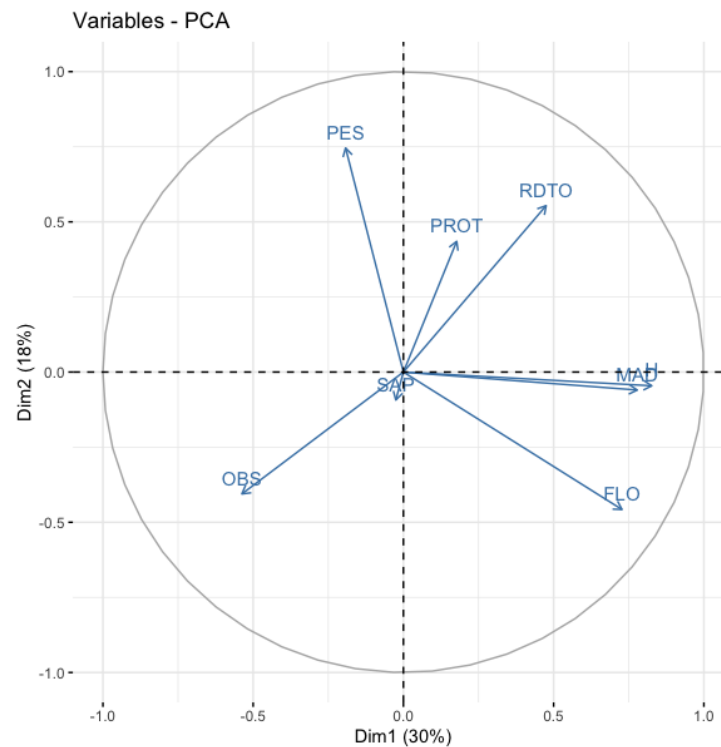
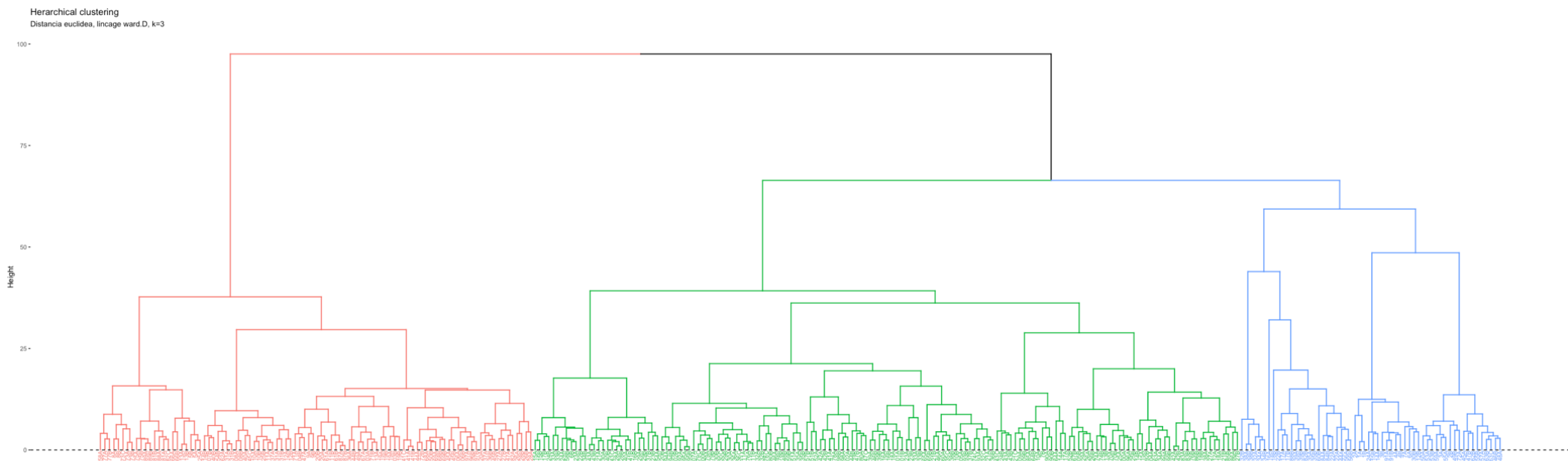


Figura 25: Distribución de las variables cuantitativas evaluadas, de las 147 líneas de quinua derivados de las cruza interespecíficas del género *Chenopodium*, con respecto a las 2 primeras componentes principales. PROT = Contenido de proteínas (%), PES = Peso de mil granos (g), SAP = Contenido de saponinas (%), RDTO = Rendimiento por planta (g), H = altura de planta (cm), OBS = Severidad de mildiu (%), FLO = Días a 50% de la floración, MAD = Días a la madurez.

#### 4.5 Clustering Jerárquico de los caracteres cuantitativos y cualitativo

Para este estudio se consideraron las 310 plantas caracterizadas en la población F<sub>7</sub> (incluye plantas individuales y las 147 líneas avanzadas) conformada por 147 líneas avanzadas. El empleo del software Rstudio, con el coeficiente de distancia aproximada de 55 estableció tres grupos diferentes. Estos grupos se representan en la Figura 26 y se describen en la Tabla 7a y 7b.



*Figura 26:* Clustering jerárquico de las 310 plantas de quinua derivadas de las cruza interespecíficas del género *Chenopodium* con respecto a sus características de calidad y agronómicas. Los colores indican la formación de tres agrupaciones debido a caracteres similares. En el eje x se puede apreciar el ordenamiento de las accesiones, identificados por un número y una letra, siendo este primer componente el número de la parcela y el segundo componente indica la planta seleccionada de dicha parcela.



**Tabla 7a: Características cualitativas agronómicas y de calidad de los tres grupos de similitud formados a partir de la evaluación de 310 plantas derivadas de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium*.**

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Cualitativas	96 plantas seleccionadas	156 plantas seleccionadas	58 plantas seleccionadas
Presencia de ramificaciones (PR)	El 100% presenta ramificaciones.	El 100% de las plantas presentan ramificaciones.	El 72.4% presenta ramificaciones, y el 27.6% no las presenta.
Color de tallo (CT)	El 78.1% presenta tallos de color verde claro, el 19.8% tiene un color ausente, el 1% presenta color de tallos verde oscuro y el 1% presente color púrpura oscuro.	El 82.1% presenta tallos de color verde claro, 10.3% púrpura oscuro, 3.2% verde oscuro, 3.2% amarillo y 1.3% púrpura claro.	El 60.3% representa tallos de color verde claro, 15.5% púrpura oscuro, 10.3% verde rosado, 6.9% amarillo, 5.2% púrpura claro y 1.7% verde oscuro.
Color de estrías (CE)	Está representado en su mayoría, 77.1% por el color verde oscuro, seguido por el 13.5% por el color verde rosado, 6.3% verde púrpura, 2.1% rosado y por último el 1% por verde claro.	El 85.3% presenta estrías de color verde oscuro, 7.1% verde rosado, 1.9% rosado, 1.9% verde púrpura, 1.9% púrpura verde, 1.3% verde claro y por último 0.6% púrpura oscuro.	La mayoría de las plantas están representadas por un 81% con estrías de color verde oscuro, seguido por 5.2% de color verde claro, 5.2% verde rosado, 3.4% verde púrpura, 3.4% púrpura oscuro y 1.7% púrpura verde.
Color de axilas (CAx)	El 68.8% está representado por un color ausente, 26% es rosado, 2.1% púrpura claro, 2.1% púrpura oscuro y el 1% verde oscuro.	El 70.5% está representado por axilas sin color, 17.3% posee color rosado, 7.1% púrpura claro y 5.1% púrpura oscuro.	El 62.1% presenta axilas sin color, seguido por un 19% con axilas de color púrpura claro, 12.1% púrpura oscuro, 5.2% rosado y 1.7% amarillo.
Número de dientes por hoja (ND)	El 67.7% posee de 3 a 12 dientes por hoja, 26% poseen menos de 3 dientes por hoja y el 6.3% tienen más de 12 dientes por hoja.	El 68.6% representan a plantas con 3 a 12 dientes, 21.2% son hojas con más de 12 dientes y el 10.3% son hojas con menos de 3 dientes.	El 65.5% está representado por hojas que poseen entre 3 y 12 dientes, 17.2% tienen menos de 3 dientes y el 17.2%, restante, posee más de 12 dientes.
Color de peciolo (CP)	El 88.5% poseen peciolo de color verde claro, 9.4% verde oscuro y 2.1% púrpura oscuro.	El 76.3% poseen un peciolo de color verde claro, 12.2% peciolo púrpura oscuro, 9.6% verde oscuro, 1.3% púrpura claro y el 0.6% peciolo de color púrpura verde.	El 51.7% está representado por peciolo de color verde claro, 17.2% verde púrpura, 15.5% verde oscuro, 8.6% púrpura verde, 3.4% púrpura oscuro, 1.7% verde rosado, y 1.7% rojo verde.
Color de la lámina foliar (CLF)	El 99% representa un color verde oscuro y el 1% verde claro.	El 98.1% está representado por láminas foliares de color verde oscuro y el 1.9% de color verde claro.	El 96.6% presenta láminas foliares de color verde oscuro, 1.7% verde claro y 1.7% rojo verde.
Color de panoja en floración (CPF)	El 17.7% posee una panoja verde rosado, 14.6% naranja, 9.4% verde amarillo, 9.4% amarillo verde, 7.3% naranja verde, 7.3% verde púrpura, 7.3% púrpura verde, 6.3% rosado, 5.2% púrpura claro, 3.1% rojo verde, 3.1% verde roja, 3.1% verde claro, 2.1% verde oscuro, 2.1% rojo, 1% púrpura oscuro y 1% amarillo.	El 56.4% poseen panoja de color verde oscuro, 9% púrpura oscuro, 7.7% púrpura verde, 6.4% amarillo verde, 5.8% verde púrpura, 4.5% verde rosado, 3.2% púrpura claro, 2.6% verde amarillo, 2.6% verde claro, 0.6% amarillo, 0.6% rojo y 0.6% naranja verde.	El 34.5% presenta panojas de color verde oscuro, 15.5% púrpura oscuro, 13.8% púrpura verde, 13.8% púrpura claro, 5.2% verde púrpura, 5.2% verde rosado, 3.4% verde claro, 3.4% rojo verde, 3.4% amarillo verde, y 1.7% verde amarillo.

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Cualitativas	96 plantas seleccionadas	156 plantas seleccionadas	58 plantas seleccionadas
Forma de panoja (FP)	El 70.8% está representado por panojas glomerulada, 26% intermedia y 3.1% amarantiforme.	El 45.5% presenta panojas intermedias, 29.5% amarantiforme y el 25% glomerulada.	El 53.4% representa a las panojas con forma glomerulada, 32.8% intermedias y 13.8% amarantiforme.
Densidad de panoja (DP)	El 66.7% posee una panoja compacta, 24% intermedia y el 9.4% laxa.	El 60.3% posee panojas de densidad intermedia, 30.8% posee panojas compactas y el 9% son laxas.	El 44.8% representa a las panojas de densidad intermedia, 44.8% compactas y 10.3% laxas.
Color de pericarpo (CPE)	El 26.04% está representado por el color amarillo naranja, 23.96% gris amarillo, 19.79% gris naranja, 19.79% naranja blanco, 4.17% amarillo blanco, 2.08% gris púrpura, 1.04% gris rojo, 1.04% marrón, 1.04% naranja, 1.04% rojo púrpura.	El 49.36% representa al color amarillo naranja, 12.18% gris naranja, 12.18% naranja blanco, 11.54% gris amarillo, 6.41% amarillo blanco, 3.21% gris púrpura, 2.56% rojo púrpura, 0.64% gris marrón, 0.64% gris rojo, 0.64% marrón y 0.64% púrpura.	El 39.66% posee color amarillo naranja, 18.97% gris naranja, 12.07% gris púrpura, 10.34% gris amarillo, 5.17% amarillo blanco, 3.45% gris rojo, 3.45% marrón, 3.45% naranja blanco y 3.45% rojo púrpura.
Color de episperma (CEP)	El 40.63% representa a semillas de color blanco, 36.46% naranja blanco, 9.38% amarillo blanco, 4.17% gris amarillo, 4.17% gris blanco, 3.13% gris naranja, 1.04% amarillo naranja y 1.04% verde blanco.	El 47.44% representa al color blanco, 38.46% naranja blanco, 6.41% amarillo blanco, 2.56% gris blanco, 1.92% gris amarillo, 1.28% amarillo naranja, 1.28% gris naranja y 0.64% gris marrón.	El 37.93% posee color amarillo naranja, 31.03% blanco, 18.97% naranja blanco, 5.17% amarillo blanco, 3.45% gris blanco, 1.72% gris naranja y 1.72% gris rojo.

*Nota:* Según el comportamiento de cada variable, el porcentaje indica la proporción de accesiones pertenecientes a cada variación, basados en un total de 310 individuos evaluados. Fuente de elaboración propia.

**Tabla 7b: Características cuantitativas agronómicas y de calidad de los tres grupos de similitud formados a partir de la evaluación de 310 plantas derivadas de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium*.**

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Cuantitativas	96 plantas seleccionadas	156 plantas seleccionadas	58 plantas seleccionadas
Cantidad de proteínas (PROT)	Se encuentra en un rango de 12.4-16.4%, con una media de 13.93%.	Se encuentran en un rango de 12.5- 17.8%, presentando una media de 14.33%.	Se encuentra en un rango de 10 a 17.9%, teniendo como media al valor de 13.69%.
Peso de mil granos (PES)	Se encuentra dentro de un rango de 3.2586-6.6242 g, con una media de 4.6786g.	Se encuentra en un rango de 2.0418 – 6.6969 g, con una media de 4.268 g.	Se encuentra dentro de un rango de 2.4598 a 6.8172 g, con un valor de media 4.576g.
Contenido de saponinas (SAP)	Sus valores están en un rango de 0-2.25%, con una media de 1.19%.	Los valores se encuentran de 0 a 2.46% de saponinas, con una media de 1.30%.	Se encuentra en un rango de 0.46 a 2.73%, con una media de 1.38%.
Rendimiento por planta (RDTO)	Está en un rango de 1.9-53.6g, y una media de 24.67g.	Presenta un rendimiento de 2.8 – 84.8 g, con una media de 26.82 g.	Valores dentro de un rango de 6.6 a 48.7 g, con una media de 21.57g.
Altura de planta (H)	Los valores van de 87-157 cm, y una media de 119.88cm.	Presenta valores de 105- 202 cm, con una media de 146.14 cm.	Los valores están en un rango de 92 a 186 cm, con una media de 134.67 cm.
Severidad de mildiu (OBS)	El mildiu se puede observar desde 0 a 80%, con una media de 34.06%.	El mildiu tiene una severidad del 1- 70%, con una media de 27.73%.	Los valores se encuentran dentro de un rango de 5 a 80%, con una media de 30.94%.
Días a 50% de la floración (FLO)	Los datos van de 55 a 70 días, presentando una media de 63.5 días.	Los días al 50% de la floración se encuentran en un rango de 55 a 86 días, con una media de 69.7 días.	Los días al 50% de la floración están dentro de un rango de 55 a 74 días, con una media de 66.57 días.
Días a la madurez (MAD)	Los valores van de 105 a 130 días, y una media de 113.2 días.	Los valores están en un rango de 105 a 130 días, con una media de 121.31 días.	Los valores van de 105 a 130 días, con una media de 117.76 días.

*Nota:* Según el comportamiento de cada variable, el porcentaje indica la proporción de accesiones pertenecientes a cada variación, basados en un total de 310 individuos evaluados. Fuente de elaboración propia.

El dendograma mostró tres grupos que se distinguen claramente en base a las características cuantitativas y cualitativas evaluadas. Las variables color de episperma, color de pericarpo, color de panoja en floración, color de peciolo, color de axilas, color de estrías y color de tallo, presentan un amplio rango de variabilidad.

Torres (2019) obtuvo tres grupos distinguibles en la población F3 a partir de cruzamientos entre especies del género *Chenopodium* a condiciones de La Molina, lo cual confirma lo hallado en la presente investigación.

## OBJETIVO 2.-

- Selección las accesiones con mejor comportamiento a partir de las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en la generación F<sub>7</sub>.

### 4.6 Selección de las accesiones con mejor comportamiento

El objetivo fundamental fue identificar plantas con la mayor cantidad de caracteres favorables morfológicos, fisiológicos, resistencia al mildiu y calidad deseables para una nueva variedad de quinua, considerando los requerimientos de los agricultores, la industria y el consumidor. En la Tabla 8 se señalan los valores máximos o mínimos deseados por el mejorador de plantas, considerando la naturaleza de cada característica y los rangos observados en la población F<sub>7</sub> evaluada y en las condiciones en las que se cultivaron.

**Tabla 8: Valores mínimos y máximos de caracteres agronómicos y calidad de quinua (*Chenopodium quinoa*), de la población F<sub>7</sub> evaluada en condiciones de La Molina 2019-2020.**

Criterio del experto	RDTO	FLO	MAD	H	PROT	PES	OBS	SAP
Valores	Máximo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Máximo	Máximo	Mínimo	Mínimo
	84.8	55	105	87	17.9	6.8172	4	0

*Nota:* PROT = Contenido de proteínas (%), PES = Peso de mil granos (g), SAP = Contenido de saponinas (%), RDTO = Rendimiento por planta (g), H = altura de planta (cm), OBS = Severidad de mildiu (%), FLO = Días a 50% de la floración, MAD = Días a la madurez. Fuente de elaboración propia.

En la Tabla 9, se aprecian los valores de la distancia euclidiana, la que varía de 0.9324 a 1.2059, siendo las distancias de menor valor aquellas que identifican a las plantas con los valores más cercanos a los buscados por el mejorador en esta población. 61 plantas seleccionadas presentan más de dos caracteres dentro de los rangos requeridos y representan el 18.91% superior. De estas sobresalen 38 diferentes plantas, las cuales tienen rendimiento por planta de 14.9 a 54.7 g, floración entre 57 a 72 días, maduración entre 105 a 120 días, altura de planta entre 87 a 163 cm, severidad de mildiu de 5 a 60%, contenido de proteínas de 12.4 a 16.4%, peso de mil granos de 3.81 a 6.41 g, contenido de saponinas en el grano de 0 a 1.69% de saponinas. Destacan las plantas con más de cinco caracteres deseables juntos: 49A(218X11.54-8L F7LM19A), 129A(91X0654.1-14G F7LM19A), 98A(165RIR7.2-12U F7LM19A). Sin embargo, es importante considerar las plantas con rendimientos más altos como: 74 X0654.1-9P F7LM19A, 427 RIY.5.C-11M F7LM19A y

428 RIY.5.C-11MF7LM19A, con los valores de 84.8 g, 70.8 g y 61.2 g, respectivamente, las cuales podrían ser cultivadas con metodologías apropiadas de cultivo incluyendo el control químico del mildiu en ciertos sistemas de producción o como progenitores en los programas de mejoramiento.

**Tabla 9: Valor de distancia euclidiana y caracteres agronómicos y de calidad de plantas seleccionadas en las cruzas interespecíficas del género *Chenopodium*.**

Valor de la distancia euclidiana	Orden ascendente de la distancia euclidiana	Parcela	Material genético (genotipo)	Origen POQ-F7 LM19A	FLO	MAD	H	OBS	RDTO	PROT	PES	SAP
0.9324	1	128B	91 X0654.1-14F F7LM19A	14F	61	115	104	10	25.9	15.6	5.15	0.00
0.9744	2	82B	1079 C4R.2-4H F7LM19A	4H	62	115	118	20	33.6	13.7	5.58	0.94
0.9761	3	114A	1078 C4R.2-4G F7LM19A	4G	61	110	125	20	23.3	14.9	6.31	0.99
0.9840	4	88B	1079 C4R.2-4J F7LM19A	4J	65	110	116	40	36.7	13.6	6.34	0.99
0.9865	5	114B	1078 C4R.2-4G F7LM19A	4G	61	110	117	30	31.8	15.9	6.37	1.45
0.9989	6	45B	1079 C4R.2-4L F7LM19A	4L	65	110	107	30	29.1	13.6	5.83	1.07
1.0186	7	128A	91 X0654.1-14F F7LM19A	14F	61	115	104	20	29.5	14.1	4.27	0.00
1.0233	8	11B	93 X0654.1 -2A F7LM19A	2A	65	115	116	30	34.5	13.2	4.92	0.24
1.0279	9	88A	1078 C4R.2-4J F7LM19A	4J	65	110	130	30	33.2	14.1	6.33	1.26
1.0312	10	82A	1078 C4R.2-4H F7LM19A	4H	62	115	117	20	20	13.7	6.03	0.59
1.0346	11	82C	1080 C4R.2-4H F7LM19A	4H	62	115	103	10	20.7	13.8	5.81	1.02
1.0453	12	45A	1078 C4R.2-4L F7LM19A	4L	65	110	121	30	22.4	14.4	6.41	0.99
1.0475	13	34A	845 06R.1-6A F7LM19A	6A	57	115	120	40	38.4	14.6	5.13	1.07
1.0593	14	62B	438 RIY.5-5G F7LM19A	5G	63	110	134	5	26	15	5.57	1.37
1.0648	15	81A	91 X0654.1-14FF F7LM19A	14FF	63	120	118	20	31	13.6	5.85	0.72
1.0650	16	10B	846 06R.1-6B F7LM19A	6B	61	110	119	30	20.8	14.4	5.33	0.99
1.0654	17	35A	845 06R.1-6E F7LM19A	6E	65	110	121	10	18.4	13.5	5.62	0.99
1.0707	18	31A	36 XREAL.2-1E F7LM19A	1E	61	105	106	40	39.2	13.6	4.90	1.58
1.0708	19	35B	846 06R.1-6E F7LM19A	6E	65	110	122	15	24.4	14.1	5.53	1.34
1.0740	20	145B	427 RIY.5.C-11CC F7LM19A	11CC	65	110	114	20	32.7	16.3	4.23	1.26

Valor de la distancia euclidiana	Orden ascendente de la distancia euclidiana	Parcela	Material genético (genotipo)	Origen POQ-F7 LM19A	FLO	MAD	H	OBS	RDTO	PROT	PES	SAP
1.0743	21	25B	74 X0654.1-9L F7LM19A	9L	57	115	110	20	28.3	13.6	5.14	1.39
1.0772	22	27A	92 X0654.1-2H F7LM19A	2H	57	120	120	20	36.6	13.3	5.28	1.10
1.0858	23	62A	437 RIY.5-5G F7LM19A	5G	63	110	106	30	28	15	4.84	1.39
1.0871	24	108A	91 X0654.1-14C F7LM19A	14C	61	115	101	30	22.8	14.5	4.70	0.67
1.0935	25	37A	36 XREAL.2-1F F7LM19A	1F	65	115	145	30	53.6	14.3	5.70	1.55
1.0947	26	38A	1078 C4R.2-4K F7LM19A	4K	57	105	92	50	26.2	15.5	5.77	1.39
1.0958	27	140A	73 X0654.1-9B F7LM19A	9B	61	110	136	30	31.1	15.3	4.42	0.99
1.1056	28	34B	846 06R.1-6A F7LM19A	7a	57	115	100	40	25.6	14.6	5.45	1.21
1.1100	29	42A	174 X11.54-10R F7LM19A	10R	70	115	145	20	54.5	15.1	4.54	1.07
1.1158	30	44B	93 X0654.1-2C F7LM19A	2C	65	115	137	10	36.9	12.8	5.47	1.47
1.1163	31	137A	218 X11.54-8X F7LM19A	8X	63	115	121	20	27.8	14.2	4.35	0.89
1.1178	32	145C	427 RIY.5.C-11CC F7LM19A	11CC	65	110	124	20	26.6	15.3	3.81	0.59
1.1264	33	145A	427 RIY.5.C-11CC F7LM19A	11CC	65	110	113	30	21.6	15.6	4.54	0.99
1.1287	34	75A	437 RIY.5-5A F7LM19A	5A	63	110	101	30	24.3	12.6	4.45	1.13
1.1310	35	66A	1078 C4R.2-4F F7LM19A	4F	61	105	87	50	16.8	16.4	5.24	0.80
1.1323	36	98A	165 RIR7.2-12U F7LM19A	12U	72	110	163	20	54.7	16.4	4.56	0.86
1.1341	37	75B	438 RIY.5-5A F7LM19A	5A	63	110	94	40	21.1	12.4	4.54	0.54
1.1414	38	140B	73 X0654.1-9B F7LM19A	9B	61	110	132	20	37.7	15.7	4.17	1.69
1.1521	39	44A	92 X0654.1-2C F7LM19A	2C	65	115	116	20	21.9	13.3	4.87	1.05
1.1532	40	39B	846 06R.1-6C F7LM19A	6C	57	110	112	20	15.3	13.4	4.70	1.31
1.1556	41	36B	428 RIY.5-C-11BB F7LM19A	11BB	65	115	134	20	35.5	13.9	4.65	1.37
1.1560	42	89A	437 RIY.5-5D F7LM19A	5D	65	110	110	30	25.8	13.5	4.49	1.31
1.1567	43	129A	91 X0654.1-14G F7LM19A	14G	65	120	149	20	47.7	15.5	5.47	1.34
1.1568	44	131B	36 XREAL.2-1C F7LM19A	1C	63	110	131	20	28.6	14.2	4.60	1.55

Valor de la distancia euclidiana	Orden ascendente de la distancia euclidiana	Parcela	Material genético (genotipo)	Origen POQ-F7 LM19A	FLO	MAD	H	OBS	RDTO	PROT	PES	SAP
1.1575	45	26A	91 X0654.1-14K F7LM19A	14K	57	105	110	50	19.8	13.9	4.36	0.06
1.1630	46	31B	37 XREAL.2-1E F7LM19A	1E	61	105	109	50	36	13.1	4.73	1.50
1.1631	47	49A	218 X11.54-8L F7LM19A	8L	65	115	146	20	46.5	14.1	4.33	1.37
1.1634	48	11A	92 X0654.1-2A F7LM19A	2A	65	115	112	30	22.9	13.6	5.08	1.15
1.1660	49	26B	92 X0654.1-14K F7LM19A	14K	57	105	129	40	14.9	13.5	4.55	0.06
1.1664	50	36A	427 RIY.5-C-11BB F7LM19A	11BB	65	115	137	10	36.5	13.8	4.82	1.58
1.1693	51	131A	36 XREAL.2-1C F7LM19A	1C	63	110	114	10	18.4	14.1	4.42	1.39
1.1708	52	10A	845 06R.1-6B F7LM19A	6B	61	110	124	40	19.2	13.9	5.00	1.04
1.1724	53	66B	1079 C4R.2-4F FLM19A	4F	61	105	96	60	34.6	14.6	5.34	1.47
1.1789	54	70A	427 RIY.5.C-11W F7LM19A	11W	68	105	140	30	39.3	14.4	4.23	1.37
1.1793	55	108B	92 X0654.1-14C F7LM19A	14C	61	115	103	30	15.8	14.1	4.58	0.86
1.1807	56	32A	845 06R.1-6D F7LM19A	6D	63	115	120	30	26.1	14.3	4.87	1.39
1.1813	57	96B	36 XREAL.2-1A F7LM19A	1A	65	110	125	30	27.9	14.4	4.15	1.23
1.1964	58	61B	93 X0654.1-2G F7LM19A	2G	65	115	141	40	38	13.2	5.03	1.21
1.1983	59	12A	36 XREAL.2-1D F7LM19A	1D	61	105	113	40	16.9	13.3	5.07	1.37
1.2038	60	32B	846 06R.1-6D F7LM19A	6D	63	115	124	30	23.2	13.9	4.97	1.37
1.2059	61	71A	91 X0654.1-14D F7LM19A	14D	65	120	144	20	32.1	12.7	4.62	0.00

*Nota:* PROT = Contenido de proteínas (%), PES = Peso de mil granos (g), SAP = Contenido de saponinas (%), RDTO = Rendimiento por planta (g), H = altura de planta (cm), OBS = Severidad de mildiu (%), FLO = Días a 50% de la floración, MAD = Días a la madurez. Fuente de elaboración propia



La evaluación de 147 líneas avanzadas y las 310 plantas seleccionadas en este material genético en la generación F7 muestra primero que las cruzas generaron diversidad genética resultado de la combinación de las características de los parentales y la generación de material valioso con las características similares o mayores a las reportadas en estudios similares de caracterización en genotipos de quinua y de cruzas entre especies del género *Chenopodium*.

Con respecto a la diversidad generada, los resultados mostraron que las variables cualitativas evaluadas y sin variación, fueron: forma romboidal de la hoja del tallo, forma lanceolada en las hojas de la panoja, y el borde de hoja dentado. Por otro lado, las características morfológicas con mayor variación fueron: presencia de ramificación, tallo de color verde claro, estrías de color verde oscuro, ausencia de color en axilas, hojas con 3 a 12 dientes, hojas con peciolo de color verde claro y la lámina foliar de color verde oscuro. Respecto a la morfología de la panoja, las características más frecuentes fueron: color verde oscuro en floración de la panoja, forma glomerulada en panojas y densidad intermedia de las panojas. Benlhabib *et al.* (2016) señalan la existencia de alta variación en caracteres como color de semillas, hojas, tallos e inflorescencias, tipo de panoja, diámetro de semillas, altura de planta, longitud de panícula, madurez, rendimiento en una población derivada de cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en condiciones de Marruecos y con el dendograma basado en UPGMA usando el programa PAST V.2.16 identificó tres grupos. De igual modo Torres (2019) estudió la misma población derivada de cruzas interespecíficas del género *Chenopodium* en la generación F<sub>3</sub> y reporta variación en el tallo, colores de estrías del tallo, color de hojas, inflorescencias y tipos de inflorescencia, y el agrupamiento del material estudiado en tres grupos definidos.

Considerando los caracteres agronómicos como rendimiento, ciclo de vida y altura de planta los resultados muestran valores reportados en quinua y estos valores en algunos casos son superiores indicando una valiosa mejora de los mismos productos de la recombinación de los genes de los parentales que los originaron. Para rendimiento se encontró un rango de 1.9 a 84.8 g/planta, valor superior al reportado en la generación F<sub>3</sub> para este material genético de 0.003 a 50.4 g por plantas que muestra la eficiencia en la identificación de plantas con mayor potencial de rendimiento en las generaciones F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub> y F<sub>6</sub> de las cuales se derivaron las plantas estudiadas en esta investigación.

Mujica *et al.* (2001) reportan valores de rendimiento por planta de 46.5, 47.7 y 54.7 g y considera al rendimiento por planta, como una de las principales características para seleccionar el material promisorio. Morales *et al.* (2019) en la evaluación de una colección de quinuas del INIA Carillanca a 174 m.s.n.m. determinó valores de rendimiento de 11.25 a 74.95 g por panoja, con una media de 29.90 g. Torres *et al.* (2000) reportan rendimientos de 2.0 a 112.0 g por panoja en la caracterización de diecinueve cultivares de quinua provenientes de Europa y América del Sur.

Otra característica importante es la duración del ciclo de vida que influye en la época de siembra y la introducción del cultivo de la quinua a diferentes ambientes y sistemas de cultivo y actualmente se requieren variedades precoces con 120 días aproximadamente para siembras en la costa peruana. Para días a la floración y maduración, el material estudiado tuvo un rango de floración y maduración entre 55 a 86 días y 105 a 130 días, respectivamente de toda la población F<sub>7</sub>. En el 18.61% superior de la población, se seleccionaron aquellas plantas entre 57 a 72 días al 50% de la floración y 105 a 120 días a la madurez, considerando como material promisorio a los genotipos 49A(218X11.54-8L F7LM19A), 129A(91X0654.1-14G F7LM19A) y 98A(165RIR7.2-12U F7LM19A), siendo de comportamiento precoz. En un estudio realizado a condiciones de La Molina, Torres (2019) en la generación F<sub>3</sub> de estas mismas cruas interespecíficas del género *Chenopodium* indica un grupo con 40 a 45 días de floración y de 70 a 80 días de maduración. Además, Benlhabib *et al.* (2016) a partir de un estudio con cruas interespecíficas del género *Chenopodium*, reportó un valor promedio de 148 días a la madurez identificando 5 grupos precoces. En 19 cultivares de quinua provenientes de Europa y América del Sur, Torres *et al.* (2000) observó un rango de floración de 86 a 117 días; y clasifica como precoces a las que maduraron o cumplieron su ciclo a los 138 a 148 días y como tardías a aquellas que lograron su madurez de 204 a 216 días. Morales *et al.* (2019) en un estudio de caracterización, llevado a cabo en INIA Carillanca durante el periodo 2015/2016, encontraron para floración un rango de 86.70 a 104.55 días. Allende (2017) en un estudio de caracterización con material seleccionado de quinua por INIA Perú y material colectado por agricultores en condiciones de La Molina, determinó un rango de 56 a 72 días, y de 97 a 140 días para floración y maduración, respectivamente.

La altura de planta es una característica también muy importante al estar relacionado con el grado de tolerancia al acame de la quinua y en algunos casos con los tipos tardíos y arbustivos, en la actualidad se requieren plantas de menor altura ya que son más manejables en agricultura intensiva y mecanizada (Mina, 2014). En el material F<sub>7</sub> evaluado las alturas de plantas se encontraron dentro de un rango de 87 a 202 cm, y de las cuales se seleccionaron 61 plantas con una altura de 87 a 163 cm. Torres (2019), en la caracterización de la generación F<sub>3</sub> en condiciones de La Molina, reporta un rango de altura de 40 a 60 cm para plantas precoces y de más de 180 cm para las plantas calificadas como tardías. Morales *et al.* (2019) en la evaluación de una colección de quinua del INIA Carillanca en condiciones del Sur de Chile, observaron valores de altura de 52 a 183 cm, señalando que altura de planta es una variable dependiente del genotipo, condición ambiental y fertilidad del suelo. En la caracterización del germoplasma nativo de quinua del Noroeste Argentino, Curti (2009) observó que la altura de planta varió de 23.2 a 181 cm, señalando que las plantas tomaron mayor tiempo para la floración. Costa (2014) señala que las accesiones con mayores alturas, presentan un ciclo de madurez tardío o intermedio, y que las plantas de menor altura son de ciclo más corto.

La enfermedad de mildiu (*Peronospora variabilis*) es la más importante debido a los daños severos que causa en los cultivos de quinua, obligando a la aplicación de fungicidas que elevan los costos de producción, contamina el producto y el ambiente, por ello la necesidad de identificar plantas con resistencia a esta enfermedad. En el material genético F<sub>7</sub> evaluado, se observó un rango de 0 a 80%. Torres (2019) al analizar esta población en la generación F<sub>3</sub>, reporta una severidad entre 0 a 100%. Sin embargo, en ambas generaciones los rendimientos más altos de granos se encontraron en poblaciones entre 5 al 60% para la F<sub>7</sub> y de 40 a 60% para la F<sub>3</sub>. En un estudio de caracterización de colecciones de quinua del Banco de Germoplasma del INIAP en Ecuador, Tapia *et al.* (2015) reportan un porcentaje de severidad de mildiu en el Grupo 1 en un rango de 5 a 28%. La evaluación de líneas F<sub>5</sub> de quinua en condiciones de Pichincha, Ecuador, identificó genotipos con valores promedio de 37 a 53% de severidad de mildiu (Mina, 2014). Gabriel *et al.* (2012), indican que las plantas resistentes al mildiu son generalmente altas y tardías, y por otro lado las plantas susceptibles son de menor tamaño y precoces. Danielsen & Munk (2004) indican que la población de plantas precoces es más susceptible a mildiu que aquellas con comportamiento tardío.

Los caracteres de calidad son muy importantes y deben ser considerados al seleccionar genotipos en las poblaciones desarrolladas en los programas de mejora. El peso de mil granos, es una característica relacionada con el tamaño y la calidad de granos, un factor muy importante en la determinación del uso y el precio de la quinua. En la presente investigación los valores de esta característica variaron de 2.04 a 6.82 g en las plantas F<sub>7</sub> estudiadas. Mina (2014) en la evaluación de 14 líneas F<sub>5</sub> de quinua encuentra valores de 0.28 g a 0.33 g de peso por cada cien semillas. Morales *et al.* (2019) en el estudio llevado a cabo en INIA Carillanca, reportan valores de 1.80 a 3.30 g de peso en mil semillas. Es importante señalar que Barnett (2005) y Quispe (2015) observaron que los mayores contenidos de proteína se encontraban en granos pequeños y menores contenidos de proteína en granos grandes.

La proteína es una de las características de calidad más importantes y que determinan el valor nutritivo de la quinua y el contenido de aminoácidos. En la población F<sub>7</sub> en estudio, el contenido de proteínas tuvo un rango de 10.3 a 17.9%, valores dentro de los rangos reportados para quinua por diversos estudios. Los contenidos proteicos hallados en la evaluación de la generación F<sub>7</sub>, indican que están dentro del rango reportado por la FAO (2011), quienes señalan valores entre 13.81 a 21.9%, el cual depende de la variedad.

En la evaluación de 555 accesiones bolivianas, llevado a cabo por Rojas *et al.* (2016) se observó valores de 10.21 a 18.39%. Mina (2014) evalúa una generación F<sub>5</sub> a condiciones de Santa Catalina, Ecuador e informa para proteína de granos valores de 14.41 a 14.72%. En la evaluación de líneas mutantes de quinua var. Pasankalla a condiciones de La Molina, Quispe (2015) observó valores desde 9.92 a 13.37%.

El contenido de saponinas del grano es una característica importante considerando que confiere un sabor amargo a la quinua y requiere de un proceso industrial simple para eliminarlo con un costo adicional. Se busca que el material seleccionado sea de sabor dulce, es decir que tenga valores bajos de saponinas, debido a que no se necesitaría de un proceso de escarificación intensivo, ya que se considera como un proceso costoso y de grandes pérdidas de agua (FAO, 2011). En la generación F<sub>7</sub> se encontró un rango de 0 a 2.73%. En un estudio de las colecciones de quinua del banco de germoplasma del INIAP – Ecuador, Tapia *et al.* (2015) indican que dentro de los cuatro clusters hallados, el grupo tres fue el que presentó las menores cantidades de saponinas con un promedio de 3.10%. Respecto a la

evaluación agronómica de la línea F<sub>5</sub> de quinua en condiciones de la serranía de Pichincha, Ecuador, Mina (2014) encontró valores de 0.01 a 0.14% asociadas a quinuas dulces y semidulces. En la evaluación de seis genotipos seleccionados por sus caracteres agronómicos y el material testigo variedad comercial Regalona Baer, en condiciones del sur de Chile, en Región La Araucanía, Valenzuela & Seguel (2019) encontraron valores de 0.24 a 0.51% de contenido de saponinas, además indicando que el contenido ideal de saponinas debe ser menor a 0.12%. Quispe (2015) analizó líneas mutantes de quinua en la variedad Pasankalla en condiciones de la Costa Central, La Molina, hallando contenidos de saponinas desde 0 a 1.2%.

## V. CONCLUSIONES

### **OBJETIVO 1.-**

La caracterización de plantas dentro de la población derivada de las cruas interespecíficas del género *Chenopodium* mostró una gran variación en caracteres cualitativos morfológicos, identificando diversos colores de panoja, tallos, estrías, axilas del tallo, hojas y fruto.

La evaluación de los caracteres cuantitativos agronómicos permitió observar variación significativa para caracteres como: floración (55 a 86 días), maduración (105 a 130 días), altura de planta (87 a 202 cm), rendimiento por planta (1.9 a 84.8 g) y severidad para la enfermedad de mildiu causada por *Peronospora variabilis* (0 a 80%). De igual modo se observó variación para el peso de mil granos (2.04 a 6.82 g), contenido de proteína de grano (10.3 a 17.9%) y contenido de saponina de los granos (0 –2.73).

### **OBJETIVO 2.-**

Se identificaron 47 plantas con más de tres características deseables juntas. Se identificaron genotipos valiosos precoces, con menor altura de planta, mejor resistencia al mildiu, mejor peso de mil granos, un menor contenido de saponinas, mejor contenido de proteínas y rendimiento por planta.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable realizar estudios más detallados y en otras localidades que permitan brindar mayor información de la susceptibilidad frente al mildiu y otras enfermedades para validar la información obtenida en el presente estudio.
- Iniciar un programa de autofecundación de los genotipos y obtener líneas puras para evaluar el rendimiento, componentes de rendimiento y calidad en diferentes ambientes.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. (2005). Plant Pathology (5<sup>th</sup> edition). Florida, United States of America: Elsevier Academic Press, Department of plant pathology- University of Florida

Agrobanco (2012). Requerimientos agroclimáticos de la quinua. Revista Técnica Agropecuaria. (7): 6-8. Recuperado de: [https://www.agrobanco.com.pe/pdf\\_cpc/RevistaAGROPECUARIA7.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdf_cpc/RevistaAGROPECUARIA7.pdf)

Allende, M. (2017). Caracterización morfológica y molecular de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para estimar variabilidad genética. (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/922>

Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de la Quinua [versión PDF]. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3583s.pdf>

Apaza, V.; Cáceres, G.; Estrada, R.; Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. [versión en PDF]. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>

Bazile, D. (2015). Dinámica de la expansión mundial de la quinua, Revista Tierra Adentro [Edición especial], 1 (108): 18 – 21. Recuperado de: [https://agritrop.cirad.fr/578608/1/Bazile-2015\\_TAD\\_Dinamica%20Expansion%20Mundial%20Quinoa.pdf](https://agritrop.cirad.fr/578608/1/Bazile-2015_TAD_Dinamica%20Expansion%20Mundial%20Quinoa.pdf)

Barnett, A.M. (2005) Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo riego por goteo. (Tesis de titulación). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.



Benhabib, O.; Boujartani, N.; Maughan, P.J.; Jacobsen SE.; Jellen, EN (2016) Elevated Genetic Diversity in a F2V6 Population of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) developed through an Inter-ecotype Cross. Front. Plant Science. 7:1222. doi: 10.3389/fpls.2016.01222

Bioversity International & FAO (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y parientes silvestres. Roma, Italia: Bioversity International; INIAF; Fundación PROINPA; FAO; FIDA. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/aq658s/aq658s.pdf>

Bonifacio A.; Mujica, A.; Alvarez, A.; Roca, W. (2001). En Mujica, A.; Jacobsen S.; Izquierdo, J.; Marathe, J. (Eds.), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Recuperado de: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap7.htm#1](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap7.htm#1)

Calla, J. (2012). Guía Técnica: Manejo agronómico del cultivo de la quinua. Ayacucho, Perú: Agrobanco.

Cogliatti, M. & Heter, D. (2016). Perspectivas de producción de quinua en la región agrícola del centro de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires- Facultad de Agronomía.

Costa, S. (2014). Variabilidad genética de *Chenopodium quinoa* Willd. en el Noroeste Argentino y su relación con la dispersión de la especie. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina.

Cruces, L. & Callohuari, Y. (2016). Guía de identificación y control de las plagas que afectan a la quinua en la zona andina. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5519s.pdf>

Curti, R. N. (2009). Caracterización y evaluación del germoplasma nativo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Noroeste Argentino en base a atributos morfológicos y agronómicos. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Danielsen, S. & Ames, T. (2000). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina, Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Lima, Perú: International Potato Center, Royal Danish Ministry of Foreign Affairs & The Royal Veterinary and Agricultural University.

Danielsen, S.; Jacobsen, S.; Mujica, A. (2000). Susceptibilidad al mildiu (*Peronospora farinosa*) y pérdida de rendimiento en ocho cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) (p. 58-59). Resumen II Congreso Internacional de Agricultura en Zonas Áridas. Iquique, Chile.

Danielsen, S. & Munk, L. (2004). Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. *Crop Protection*. 23:219-228.

Esquinas, J. (1982). Los recursos fitogenéticos: una inversión segura para el futuro (tercera edición). Madrid, España: Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, FAO.

Franco, T. & Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Gabriel, J.; Luna, N.; Vargas, A.; Magne, J.; Angulo, A.; La Torre, J.; Bonifacio, A. (2012). Quinoa de Valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): Fuente Valiosa de Resistencia Genética al Mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). *Journal of the Selva Andina Research Society*. 3(2): 27-44.

Gallardo, M.; González, A.; Ponessa, G. (1997). Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd (Quinoa). *Chenopodiaceae*. 39 (1): 71-75.

García, M.; Plazas, N.; Carvajal, D.; Ferreira, S.; Parra, J. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en relación con el suelo y el clima: Una revisión. *Informador técnico*. 82 (2): 241-243. doi: <http://doi.org/10.23850/22565035.1451>

Gómez, L. & Aguilar, E. (2016). Guía del cultivo de la quinua (2º edición). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina y FAO.

Gómez, L. & Eguiluz, A. (2011). Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) [Versión PDF ]. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/catalogo-banco-germoplasma-quinua>

González, A. (2001). Conservación y caracterización de recursos fitogénicos. Villdolid, España: Ediciones Monte Casino.

Gordon, A. (2011). Sistemas de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su efecto en el rendimiento y calidad en condiciones de verano en la Molina. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1436>

ITIS (Integrated Taxonomic Information System) (2017). Recuperado de: <http://www.itis.gov>

Jellen, R.; Maughan, P.; Fuentes, F.; Kolano, B. (2013). Chapter 1.1 Botany, phylogeny and evolution. En FAO & CIRAD. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. (p.12-21). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4042e.pdf>

López, J. & Hidalgo, M. (1994). Análisis de Componentes Principales y Análisis Factorial. En: Ato, M. & López, J. (Ed.). Fundamentos de estadística con Systat (p. 457 – 503). México: Addison Wesley Iberoamericana.

Manjarres, E. & Morrillo, A. (s.f.). Caracterización morfoagronómica y molecular de una colección de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del departamento de Boyacá-Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Recuperado de: <http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/recursos-geneticos/caracterizaci%C3%B3n-morfoagron%C3%B3mica-y-molecular-de-quinua-colombia.pdf?sfvrsn=2>

Maughan, P.; Bonifacio, A.; Coleman, C.; Jellen, E.; Stevens, M.; Fairbanks, D. (2007). Chapter 9 Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: Kole, C. (Ed.). Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants (p. 147-149). doi: 10.1007/978-3-540-34516-9\_9

Mendoza, V. (2013). Comparativo de Accesiones de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de Costa Central. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1778>

Mina, D. (2014). Evaluación agronómica de líneas F5 de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), en dos localidades de la serranía, Ecuador. (Tesis de grado, Universidad Central de Ecuador). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2560>

Ministerio de Agricultura y Riego (2018). Manejo agronómico, Prácticas de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectivas de granos andinos [versión PDF]. Lima, Perú. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/2019/manejo\\_granos\\_andinos19.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2019/manejo_granos_andinos19.pdf)

Morales, A.; Seguel, A.; Díaz, L. (2019). Caracterización de Germoplasma de Quinoa del Sur de Chile. Capítulo 1. En Díaz, J. (Ed.) Quinoa del Sur de Chile, Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor. (p. 8-23). Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/libros/NR41932.pdf>

Mujica, A. (1983). Selección de variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Chapingo, Mexico. (Tesis de Maestría). Colegios de Postgraduados, Centro de Genética.

Mujica, A. (2015). El origen de la quinoa y la historia de su domesticación. Revista Tierra Adentro. (108): 15-17. Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR40344.pdf>

Mujica, A. & Jacobsen, S. (2006). La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. En Moraes, M; Ølgaard, B.; Kvist, L.; Borchsenius, F.; Balslev, H. Botánica económica de los Andes Centrales (p. 449-457). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Mujica, A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J. (2001) Capítulo VII: Resistencia a factores adversos de la quinoa. En Mujica, A.; Jacobsen S.; Izquierdo, J.; Marathee, J. (Eds.), Quinoa

(*Chenopodium quinoa* Willd.) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Recuperado de: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap7.htm#1](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap7.htm#1)

Néstor, R. (2009). Caracterización y evaluación del germoplasma nativo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Noroeste Argentino en base a atributos morfológicos y agronómicos. (Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires). doi: 10.13140/RG.2.1.1386.5842

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Bolivia: FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). (2013). Quinoa, 2013 Año Internacional de la Quinoa- Un futuro sembrado hace miles de años. [Publicación en línea]. Recuperado de: [http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/es/?no\\_mobile=1](http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/es/?no_mobile=1)

Pérez, C. (2004). Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Madrid, España: Editorial Pearson Educación S.A.

Pla, L. (1986). Análisis multivariado: Método de componentes principales. Washington D.C., Estados Unidos de América: Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Querol, D. (1988). Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Lima, Perú: Editorial Industrial gráfica S.A.

Quillatupa, R. (2009). Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de La Molina. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2534>

Quispe, L. (2015). Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de Costa central. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/922>

Rojas, W. (1998). Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados (Tesis de maestría inédita). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia - Chile.

Rojas, W.; Vargas, A.; Pinto, M. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. RIIARn 3(2): 114-124.

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

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú & Ministerio de Agricultura y Riego (Eds.) (Junio 2016). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de Quinoa [Ficha Técnica N°10]. Recuperado de:

<https://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/236>

Sevilla, R. & Holle, M. (2004). Consulta rápida. Recursos genéticos vegetales. Lima, Perú: Luis León Asociados S.R.L.

Tapia, M. (2000). Agronomía de los cultivos andinos. En: Tapia, M. (Ed). Cultivos andinos subexplotados y aporte en la alimentación (2° ed.). Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/home10.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/home10.htm)

Tapia, C.; Peralta, E.; Mazón, N. (2015). Colecciones de núcleo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Banco de Germoplasma del INIAP, Ecuador. Revista de Investigación, Docencia y Proyección Social- AXIOMA. 13(2): 5-9. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication.net/publication/282292418>

Torres, J.; Vargas, H.; Corredor, G.; Reyes, L. (2000). Caracterización morfoagronómica de diecinueve cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Revista Agronomía Colombiana* (17): 60-68.

Torres, J.M. (2019). Caracterización de poblaciones F<sub>3</sub> provenientes de cruzamientos entre especies del género *Chenopodium* en condiciones de La Molina (Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bistream/handle/UNALM3885>

Valenzuela, S. & Seguel, I. (2019) Caracterización Nutricional de la Colección de Quinoa del Sur de Chile. En Díaz, J. (Ed.) *Quinoa del Sur de Chile, Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor*. (2): 26-34.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Descriptores de quinua en el campo

#### *Color del tallo (CT):*



Amarillo (1)

Verde oscuro (2,2)

Verde rosado (12)



Púrpura oscuro (4,2)

Verde claro (2,1)

Púrpura claro (4,1)

#### *Color de estrías (CE):*



Verde oscuro (2,2)

Verde claro (2,1)

Rosado (11)





Verde rosado (12)

Verde púrpura (8)

*Color de axilas (CAx):*



Púrpura oscuro (4,2)

Ausente (0)

Púrpura claro (4,1).

Rosado (11)

*Forma de hoja del tallo (FHT) y Borde de hoja (BH):*



Romboidal (1) y Dentada (2)

*Forma de hoja de la panoja (FHP):*



Lanceolada (1)

*Número de dientes (ND):*



>12 dientes (7)      3 a 12 dientes (5)      0 a 3 dientes (3)

*Color del peciolo (CP):*



Púrpura claro (4,1)    Rojo verde (5)    Verde claro (2,1)    Verdeoscuro (2,2)



Verde púrpura (8)    Púrpura oscuro (4,2)

*Color de la lámina foliar (CLF):*



Verde claro (2,1) Rojo verde (5) Verde oscuro (2,2)

*Color de panoja en floración (CPF):*



Amarillo (1)

Verde claro (2,1)

Verde oscuro (2,2)

Rojo (3)



Púrpura claro (4,1)

Púrpura oscuro (4,2)

Rojo verde (5)

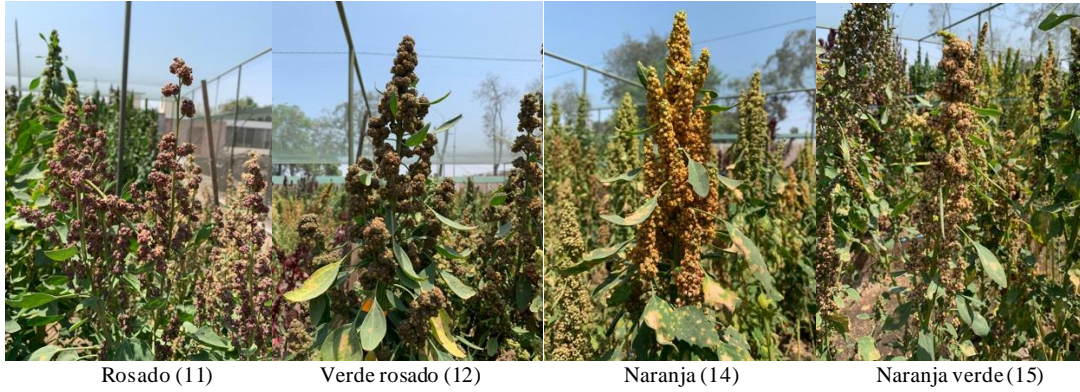
Verde rojo (6)



Púrpura verde (7)

Amarillo verde (9)

Verde amarillo (10)



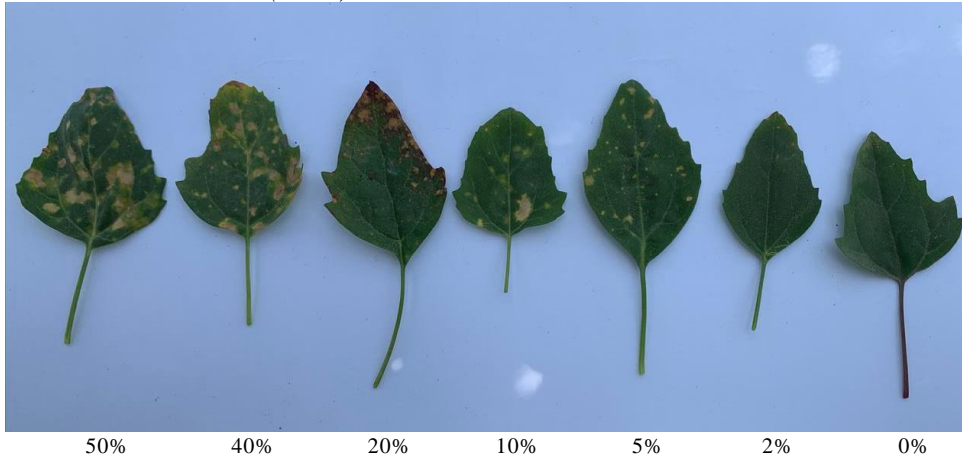
*Forma de panoja (FP):*



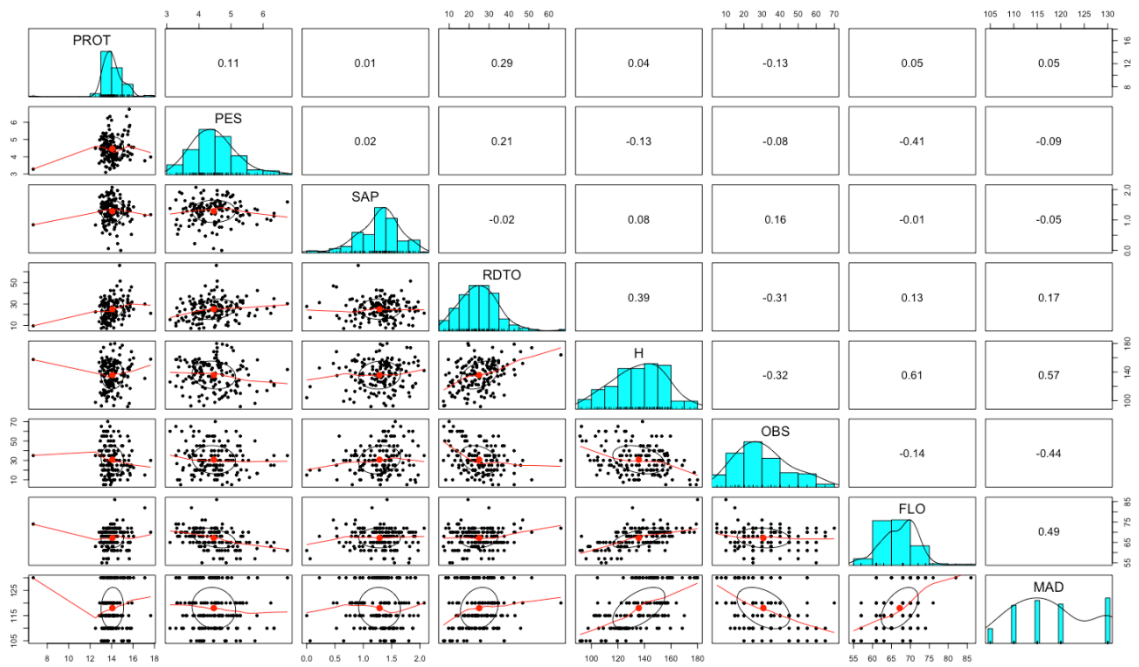
*Densidad de panoja (DP):*



Severidad de mildiu (OBS):



Anexo 2: Histograma y correlación de las variables cuantitativas



**Anexo 3:** Lista de las 310 plantas en el grupo I formado a partir del dendograma.

Individuos del grupo I					
5A	20A	47A	71B	89A	119B
5B	20B	49A	72B	89B	120A
8A	25A	50B	73A	96B	128A
8B	25B	54B	73B	97A	128B
9A	26A	58A	73C	97B	131A
9B	26B	61A	75A	103A	131B
10A	27A	61B	75B	103B	137A
10B	27B	62A	77A	104B	140A
11A	31A	66A	77B	106A	140B
11B	31B	66B	81A	106B	141A
12A	36A	67A	81B	107B	141B
12B	36B	68A	82A	108A	141C
13A	37A	68B	82C	108B	145A
13B	44A	69A	87A	113A	145B
19A	44B	69B	87B	114B	145C
19B	45B	71A	88A	119A	147A

**Anexo 4:** Lista de las 310 plantas en el grupo II formado a partir del dendograma.

Individuos del grupo II					
6B	40B	70B	94A	113B	132C
7B	41A	74A	94B	115A	133A
14A	41B	74B	95A	115B	133B
14B	42A	74C	95B	116A	134A
15A	42B	76A	96A	116B	134B
16B	43A	76B	98A	118A	135A
17A	43B	78A	98B	118B	135B
17B	43C	78B	99A	120B	135C
18A	46A	78C	99B	121A	136A
21A	48B	79A	100A	121B	136B
21B	51A	79B	100B	123A	136C
21C	51B	79C	101A	123B	137B
22B	52A	80A	101B	124B	138A
23A	52B	80B	102A	125A	138B
23B	54A	83A	102B	125B	139A
24A	57B	83B	104A	126A	139B
24B	58B	85A	105A	126B	142A
28A	59B	85B	105B	127A	142B
28B	60A	86A	107A	127B	143A
29A	63A	86B	109A	129A	143B
29B	64A	90A	109B	129B	143C
30A	64B	90B	110A	130A	144B
33A	65A	92A	110B	130B	146A
33B	65B	92B	111A	130C	146B
37B	67B	93A	111B	132A	147B
40A	70A	93B	112A	132B	147C

**Anexo 5:** Lista de las 310 plantas en el grupo III formado a partir del dendograma.

Individuos del grupo III					
1A	15B	35B	50A	62B	112B
1B	16A	38A	53A	63B	114A
2A	18B	38B	53B	63C	117A
2B	22A	39A	55A	72A	117B
3A	30B	39B	55B	82B	122A
3B	32A	45A	56A	84A	122B
4A	32B	46B	56B	84B	124A
4B	34A	47B	57A	88B	
6A	34B	48A	59A	91A	144A
7A	35A	49B	60B	91B	