



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE
DOSCIENTOS CUARENTA ECOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Will.) DE PANOJA ROJA, TIPO CHIMBORAZO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

DENNIS JAVIER ILBAY LLANGARÍ

**RIOBAMBA- ECUADOR
2020**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba 14 de febrero del 2020

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

El TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN certifica que: El trabajo de investigación: **“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE DOSCIENTOS CUARENTA ECOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Will.) DE PANOJA ROJA, TIPO CHIMBORAZO”** de responsabilidad del señor Dennis Javier Ilbay Llangarí, ha sido prolijamente revisado y aprobado para su presentación.

Ing. Marco Aníbal Vivar Arrieta
DIRECTOR



Ing. Victor Mario García Mora
ASESOR



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Dennis Javier Ilbay Llangari, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados obtenidos en el mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que proviene de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 14 de febrero del 2020



Dennis Javier Ilbay Llangari

160064565-7

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar a mi esposa, mi hija, mis padres y hermanos que, con esfuerzo, apoyo, comprensión permitieron cumplir mis sueños y Metas, a mis Amigos a quienes les deseo el mejor de los éxitos en la culminación de su vida académica.

Javier Ilbay

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, por haberme fortalecido en el transcurso de todo el proceso académico; a mi esposa, por haber estado conmigo en todo momento, y a mis padres y hermanos que no dudaron en darme su apoyo incondicional.

A los compañeros y amigos con los que compartí este proceso académico, y con quienes compartimos experiencias y conocimientos, a cada uno de ellos, con quienes nos animamos para no desmayar en el transcurso de esta etapa académica

A los técnicos del INIAP, del programa de leguminosas, quienes compartieron experiencias positivas durante la elaboración del trabajo de titulación; en especial al Ingeniero Nelson Mazón, que con paciencia, me instruyó y guió durante todo el ensayo de quinua.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a los Ingenieros que impartieron sus conocimientos para prepararnos como profesionales. En especial al Ingeniero Marco Vivar como director de tesis y al Mario García como Asesor , quienes me orientaron , apoyaron ,colaboraron con sus conocimientos y experiencias y permitieron culminar mi trabajo de titulación .

LISTA DE CONTENIDO

<u>LISTA DE TABLAS.....</u>	<u>vi</u>
-----------------------------	-----------

<u>LISTA DE CUADROS.....</u>	<u>vii</u>
------------------------------	------------

<u>LISTA DE GRÁFICOS.....</u>	<u>viii</u>
-------------------------------	-------------

<u>LISTA DE ANEXOS.....</u>	<u>ix</u>
-----------------------------	-----------

CAPITULO

I. TITULO.....	1
II. INTRODUCCIÓN	1
III. OBJETIVOS	4
IV. HIPÓTESIS.....	4
V. REVISIÓN DE LITERATURA	5
VI. MATERIALES Y EQUIPOS	24
VII. RESULTADOS.....	35
VIII. CONCLUSIONES	68
IX. RECOMENDACIONES	69
X. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	72
XI. ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
	Tabla 1. Contenido de nutrientes de la quinua.....	6
	Tabla 2. Clasificación taxonómica de la quinua	7
	Tabla 3. Cantidad de fertilizantes para la quinua en kg/ha	16
	Tabla 4. Merma en la etapa de cosecha y poscosecha	19
	Tabla 5. Georreferenciación de la comunidad Pulucate.....	24
	Tabla 6. Origen de los ecotipos de quinua Chimborazo	27

LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Pág
	Cuadro 1: Valor mínimo (Min), valor máximo (Max), media (M), coeficiente de variación (CV), y desviación estándar (DE), de las características agronómicas de doscientos cuarenta ecotipos de quinua tipo Chimborazo de panoja roja.....	45
	Cuadro 2: Matriz de componentes principales.	63
	Cuadro 3: Comparación de medias entre los grupos masales y cada una de las variables.	66
	Cuadro 4: Ecotipos ubicados en los grupos masales correspondientes.	67

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
	Gráfico 1: Frecuencia del diámetro del tallo principal.	36
	Gráfico 2. Frecuencia en el color principal del tallo.....	37
	Gráfico 3:Frecuencia de la presencia de estrías.	39
	Gráfico 4.Frecuencia de la presencia, ausencia, y presencia y ausencia de axilas pigmentadas.	40
	Gráfico 5: Frecuencia en la forma de panoja.....	41
	Gráfico 6: Frecuencias del color de la panoja.	43
	Gráfico 7: Clases y medias de altura de la planta.	47
	Gráfico 8: Frecuencia de la severidad de mildiu en etapa vegetativa.	48
	Gráfico 9: Frecuencia de la severidad de mildiu al inicio de la floración.	49
	Gráfico 10: Clases y medias de la longitud de la panoja.	50
	Gráfico 11: Clases y medias del diámetro de la panoja.	51
	Gráfico 12: Clases y medias de los días a la floración.	52
	Gráfico 13: Clases y medias en los días a la cosecha.	53
	Gráfico 14: Clases y medias de la longitud de semilla.	54
	Gráfico 15 Clases y medias, del rendimiento por planta.	55
	Gráfico 16: Clases y medias de la columna de espuma (saponina)	56
	Gráfico 17: Correlación entre severidad de mildiu en etapa vegetativa y severidad de mildiu al inicio de la floración.....	57
	Gráfico 18: Correlación entre días a la floración y días a la cosecha.	58
	Gráfico 19: Correlación entre diámetro del tallo principal vs longitud de panoja	59
	Gráfico 20: Correlación entre diámetro del tallo principal y la altura de la planta	60
	Gráfico 21: Correlación entre altura de la planta y longitud de panoja.	61
	Gráfico 22: Dendograma del análisis de agrupamiento.	64

LISTA DE ANEXOS

N°	Descripción	Pág
Anexo 1:	Análisis de suelo del lote ubicado en Pulucate.....	76
Anexo 2:	Presupuesto a utilizar la investigación por el estudiante.	77
Anexo 3:	Instalación del cultivo	77
Anexo 4:	Semillas de los ecotipos a estudiar.	78
Anexo 5:	Siembra realizada a chorro continuo	78
Anexo 6:	Semilla en el suelo antes de ser enterrada en el suelo.....	78
Anexo 7:	Cultivo de quinua en estado vegetativo.....	79
Anexo 8:	Cultivo de quinua en estado de floración	79
Anexo 9:	Evaluación de mildiu	79
Anexo 10:	Cultivo de quinua, en madurez fisiológica	80
Anexo 11:	Toma de datos de la longitud de la panoja.....	80
Anexo 12:	Toma de datos del diámetro de panoja	80
Anexo 13:	Toma de datos del diámetro del tallo.	81
Anexo 14:	Toma de datos de altura de planta	81
Anexo 15:	Cultivo en madurez de cosecha	81
Anexo 16:	Panojas cosechadas y almacenadas por ecotipo.	82
Anexo 17:	Almacenamiento del grano cosechado	82
Anexo 18:	Pesaje del grano cosechado por cada ecotipo	82
Anexo 19:	Midiendo el diámetro del grano.....	83
Anexo 20:	Tubos de ensayo para la efluencia de saponina.....	83
Anexo 21:	Proceso para medir la saponina de cada ecotipo	83
Anexo 22:	Semillas con diferencias en la presencia de saponina.	84
Anexo 23:	Ecotipo de quinua con alto contenido de saponina.	84
Anexo 24:	Variabilidad en el color de la panoja	84
Anexo 25:	Tabla de frecuencia de la forma principal del tallo	85

Anexo 26: Tabla de frecuencia del diámetro del tallo. principal.....	85
Anexo 27: Tabla de frecuencias del color principal del tallo.	85
Anexo 28: Tabla de frecuencia en la uniformidad y des uniformidad del color principal del tallo.	86
Anexo 29. Tabla de frecuencias de la presencia de estrías en el tallo.	86
Anexo 30. Tabla de frecuencia del color de las estrías.....	86
Anexo 31. Tabla de frecuencias de la presencia de axilas pigmentadas.	86
Anexo 32. Tabla de frecuencias de la forma de la panoja.....	87
Anexo 33. Tabla de frecuencias del color de la panoja.	87
Anexo 34. Tabla de frecuencias de la uniformidad del color de la panoja.	87
Anexo 35. Tabla de rangos y frecuencias, de los días a la floración.	88
Anexo 36. Tabla de frecuencias y rangos de la longitud de la panoja.....	88
Anexo 37. Tabla de rangos y frecuencias del diámetro de panoja.	89
Anexo 38. Tabla de rangos y frecuencias de la altura de la planta.	89
Anexo 39. Tabla de frecuencias de la severidad de mildiu en etapa vegetativa.	90
Anexo 40. Tabla de frecuencias de los días a la cosecha.....	90
Anexo 41. Tabla de frecuencias del rendimiento.....	90
Anexo 42. Tabla de frecuencias de la columna de saponina.....	91

I. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE DOS CIENTOS CUARENTA ECOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Will.) DE PANOJA ROJA TIPO CHIMBORAZO.

II. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Will), es un cultivo que ha existido en los andes desde tiempos precoloniales. Existen evidencias que muestran que la quinua fue un pilar fundamental en la alimentación de los pueblos pre hispánicos; sin embargo, con la llegada y expansión de cereales europeos fue mermando el área cultivada de la quinua. (Gómez & Aguilar, 2016)

En la actualidad la producción de quinua ha tomado fuerza tanto a nivel mundial como nacional, debido al alto valor nutricional que este grano andino posee; y su zona de cultivo se ha expandido por el mundo; en zonas Europeas, y de Sabana, cuyo rendimiento sobrepasa en ocasiones a la producción de la zona andina. (FAO, 2011)

Así como la demanda de quinua, ha ido en aumento en países europeos y en norte América, también ha crecido la demanda en el proceso de cultivo, que este sea amigable con el medio ambiente; aumentando la aceptabilidad de la quinua orgánica en el mercado extranjero. (FAO, 2011)

La producción de quinua a nivel nacional es de 1.36 Tm/ha; Chimborazo es una de las provincias que tiene los más bajos rendimientos, llegando apenas a producir 1.27 tm/ha; obtenidas bajo manejo convencional y orgánico. (Monteros, 2016).

Para la producción de quinua orgánica; las fundaciones como ERPE y Maquita Cushunchi, exigen que la semilla producida sea la denominada quinua tipo Chimborazo, debido a la aceptabilidad de esta semilla en el mercado extranjero; y porque se busca además de una certificación orgánica; una certificación de origen, con la cual se podrá elevar el precio de la semilla de quinua. (Sherwood & Jacobsen, 2002)

Sin embargo la quinua tipo Chimborazo posee una alta variabilidad genética, y se puede observar características heterogéneas en maduración y morfología de la plata, lo que causa que no se pueda cosechar toda la parcela al mismo tiempo; es decir gran parte de la producción se pierde en la parcela en la cosecha, y en pos cosecha. (Sherwood & Jacobsen, 2002)

Para encontrar ecotipos con características homogéneas, que disminuyen la desuniformidad en las parcelas de quinua, es necesario, realizar una selección masal, de esta manera se purifica un cultivar mixto y se lograría obtener características favorables para los productores de quinua. (Phoelman & Allen, 2003)

Por el método de selección masal es posible en pocos ciclos de evaluación obtener genotipos con altos niveles de homocidad para las características de interés. Es un método simple y fácil que permite obtener genotipos con características superiores de las poblaciones que manejan los agricultores y devueltos a los productores después de pocos años de selección (Sanchez, Espinoza, Zurita, & Delatorre, 2009).

Al obtener ecotipos con características uniformes, se vuelve más fácil la programación de actividades en el cultivo, ya sean estas, labores culturales, practicas agronómicas, cosecha, comercialización, y procesamiento. (FAO, 2011)

A. IMPORTANCIA

La quinua tipo Chimborazo por su variabilidad genética, causa problemas en cuanto a manejo del cultivo, cosecha y pos cosecha; esto demuestra que a pesar de que, Chimborazo es una de las provincias con mayor área sembrada de quinua, tiene rendimientos promedio relativamente bajos (500 a 1200 kg/ha) (Monteros, 2016); el rendimiento bajo se ve relacionado con las pérdidas producidas en parcela y en bodega.

Al obtener ecotipos de quinua tipo Chimborazo que tengan características morfológicas y agronómicas homogéneas, y que tengan características de precocidad; se puede disminuir las pérdidas del grano, al poder cosechar toda la parcelar al mismo tiempo, y esquivar los fenómenos climáticos que causan daño en el grano.

Por esta razón la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO mediante el proyecto de vinculación denominado “Diseño e implementación, de un proyecto de producción, transformación comercialización y promoción del uso y consumo de la quinua y sus derivados”, en conjunto con el INIAP y su programa de leguminosas y granos andinos pretende obtener grupos de semillas de quinua tipo Chimborazo, que presenten características uniformes, y que suplan las necesidades de los productores de quinua.

De esta manera se busca aumentar el rendimiento en la provincia, manteniendo la raza de quinua que es apreciada por los exportadores de quinua orgánica.

B. PROBLEMA

La variabilidad genotípica de la quinua tipo Chimborazo ha causado que el desarrollo del cultivo sea heterogéneo; por lo que causa dificultad en el manejo agronómico, labores culturales, prácticas de cosecha y post cosecha, evitando que se pueda aprovechar la producción total de la parcela sembrada y causando pérdidas económicas en los productores.

C. JUSTIFICACIÓN

Las pérdidas económicas que causan la heterogeneidad de la quinua tipo Chimborazo, han hecho necesario que se caracterice los diferentes ecotipos existentes, para poder diferenciarlos en base a características homogéneas tanto en su morfología como en su comportamiento agronómico de tal manera que se consiga seleccionar de entre los diferentes ecotipos de la raza Chimborazo, aquellos ecotipos que demuestren uniformidad en características morfológicas y agronómicas, es decir, se pueda realizar un manejo y cosecha uniforme; evitando desperdicios, puesto que en la actualidad, una gran parte de la quinua tipo Chimborazo queda en la parcela al no poder ser cosechada a causa de la heterogeneidad en la maduración del cultivo.

Dado que las empresas dedicadas a la exportación, tienen un fuerte aprecio por la quinua tipo Chimborazo, se ve la necesidad de obtener grupos de semillas que brinden beneficios a los productores de quinua, sin perder la raza Chimborazo, beneficiando tanto a las exportadoras como al productor de la quinua

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar morfológica y agronómicamente doscientos cuarenta ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Will.) de panoja roja tipo Chimborazo

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar morfológicamente los ecotipos de quinua de panoja roja tipo Chimborazo.
2. Evaluar agronómicamente los ecotipos de quinua de panoja roja tipo Chimborazo.
3. Conformar masales con características fenotípicas y fenológicas similares.

IV. HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS NULA

No existen diferencias morfológicas y/o agronómicas en los doscientos cuarenta ecotipos de quinua de panoja roja tipo Chimborazo

B. HIPÓTESIS ALTERNA

Existen diferencias morfológicas y/o agronómicas de al menos uno o más ecotipos de quinua de panoja roja tipo Chimborazo

C. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1. Variables dependientes

- a. Características agronómicas
- b. Rendimiento kg/ha

2. Variables independientes

- a. Selecciones de quinua
- b. Características morfológicas

V. REVISIÓN DE LITERATURA

A. QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo pre hispánico, cultivado por los pueblos que se acentuaron en la región interandina. Es un cultivo que se ha logrado conservar a través del tiempo pese a que en tiempos coloniales se la intentó eliminar. (Mujica, 2015)

Es un cultivo del cual se tiene, muy poca referencia histórica, se tiene muy pocos datos sobre su origen, sin embargo, se presume que su origen, fue la zona del lago Titicaca, pues en esta zona, se encuentran la mayor cantidad de variedades. (Mujica , 2015)

En el año 2017, Ecuador proyecta producir quinua en 16 mil hectáreas, ubicadas en las provincias de Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, afirmó el viceministro de Desarrollo Rural del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Jamil Ramón. (MAGAP, 2017)

De acuerdo a las estadísticas del MAGAP, el país siembra alrededor de 2 mil hectáreas de quinua al año, con una producción total de 1.400 toneladas métricas, que se acerca a un promedio de 0,70 toneladas métricas por hectárea (entre 10 y 15 quintales por hectárea), ubicándose por debajo de los promedios a nivel mundial. (MAGAP, 2017)

La quinua se ha convertido en un pilar fundamental de la soberanía alimentaria en la serranía ecuatoriana por su alto contenido nutricional, lo que garantiza una nutrición adecuada en la población por lo que el gobierno ha impulsado la siembra de este grano andino.

Según el análisis de laboratorio e investigaciones realizadas por el Departamento y Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos (USDA) en el 2013, el contenido de nutrientes de la quinua es el siguiente:

Tabla 1. Contenido de nutrientes de la quinua

COMPONENTE	SIMBOLO	VALOR POR 100 g	UNIDAD
Energía		368	Kcal
Proteína		14,12	G
Lípidos totales		6,07	G
Cenizas		2,38	G
Fibra total dietaria		7,00	G
Almidón		52,22	G
Calcio	Ca	47,00	Mg
Hierro	Fe	4,57	Mg
Magnesio	Mg	197,00	Mg
Fósforo	P	457,00	Mg
Potasio	K	563,00	Mg
Sodio	Na	5,00	Mg
Zinc	Zn	3,10	Mg
Cobre	Cu	0,59	Mg
Manganeso	Mn	2033,00	Mg
Selenio	Se	8,50	Mg

Nota: (FAO, 2019).

La producción de quinua en el Ecuador muestra bajos rendimientos en comparación con Perú y Bolivia; una de las causas es la falta de tecnología en cosecha, al no poder aprovechar el total de grano existente en la planta, debido a caída de grano al suelo, y ataque de aves e insectos al grano. (Meyhuay, 1998)

En Ecuador, después del “boom” de la quinua en el 2013, los precios han ido disminuyendo, y gran parte de la producción del 2017, se perdió en bodega, pues no se pudo vender la quinua al precio establecido; lo que causó desmotivación por parte de los productores, disminuyendo el número de productores de 3539 a 2447. (Enriquez, 2018)

Sin embargo, las fundaciones exportadoras de este grano andino, han empezado a la elaboración de subproductos de la quinua; ya que la quinua ecuatoriana, utilizada principalmente en la producción orgánica tiene características apropiadas para la industrialización, dando una ventaja frente a los diferentes países exportadores de quinua. Entre los productos que más se comercializan tanto en el mercado nacional como internacional, están las barras energéticas, galletas, snacks, entre otros, dando paso a mejorar la economía del sector mediante la transformación de la materia prima. (Enriquez, 2018)

1. Origen

Según Mujica (2015), la quinua es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. La quinua fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas

y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces.

A pesar de que no existen datos históricos para determinar el origen exacto de la quinua y su domesticación. (Mujica, 2015) manifiesta que es probable que se haya empezado la domesticación utilizando las hojas de las especies predecesoras de la quinua

Mujica, Jacobsen, & Izquierdo, (2001) manifiestan que, aunque en el origen de la quinua es difícil de determinar, por su gran variabilidad genética. Es muy probable la participación de dos especies diploides en el origen la quinua por lo cual la misma sería un anfidiplóide con herencia disómica, siendo el pariente silvestre más cercano de *Chenopodium quinoa*, el silvestre *Chenopodium berlandieri*.

2. Clasificación taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la quinua

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Amarantaceae
SUBFAMILIA	Chenopodioidea
TRIBU	Chenopodieae
GENERO	Chenopodium
ESPECIE	Quinoa
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd
NOMBRE COMÚN	Quinoa, kinua

Nota: (Huaraca 2012)

3. Variedades

a. INIAP Tunkahuan

Es una quinua de condición tardía dado que su cosecha se presenta entre los (150-210) días siendo influenciada por las condiciones climáticas y altura, el panojamiento se presenta entre (70-110) días, la panoja posee un tamaño entre (20-60) cm, la floración entre (90-130) días, esta variedad se caracteriza por tener un bajo contenido de saponina (0,06 %), es susceptible a mildiu, se adapta a áreas comprendidas entre (2400-3200) m.s.n.m, necesitando una cantidad de semilla de (12,7-16) Kg/ha, con un rendimiento promedio de 3 t/ha, el hábito de crecimiento es erecto, con ramificación. El color de la panoja es rosado con una altura de la planta entre (90-180) cm y el color del grano es blanco. (Paredes, 2019)

b. INIAP Pata de venado

INIAP (2008), indica que la variedad Pata de venado es obtenida a través de un intercambio genético de germoplasma traído desde Bolivia. Esta variedad tiene un crecimiento erecto sin presentar ramificaciones, la panoja presenta una panoja terminal, de color rosada y puede llegar a medir 30 cm en promedio; la altura de la planta está entre los (60 y 75) cm; una de las ventajas de esta variedad es que no presenta acame y el contenido de saponinas en las semillas es del (0.0)%; su semilla es de color blanco, el promedio de días a la floración es de 70 días, y los días a la cosecha están en promedio 151 días; el rendimiento de esta variedad es de 1200 kg/ha y se adapta a una altitud entre (2800 y 3800) msnm.

c. Quinoa tipo Chimborazo

Es una raza que se cultiva en varias provincias de la serranía Ecuatoriana, principalmente en Chimborazo, cantón Guamote, y en las provincias Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989)

De hábito ramificado, su altura sobrepasa los 2 m., dependiendo la zona y el manejo agronómico proporcionado. (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989)

La panoja del eje principal y las secundarias dan a la planta el aspecto de una pirámide muy puntiaguda característica, los colores pueden ser verde, púrpura y rojo. Las hojas triangulares grandes de 9 a 11 cm de largo y 9 a 10 cm de ancho, los bordes de las hojas onduladas y dentadas.

Inflorescencia suelta glomerulada de 60 a 80 cm de largo, flores sin pedicelos en los glomérulos apicales por lo que en general, estos se presentan compactos y pequeños de menos de 10 mm de diámetro. Semillas pequeñas, blancas y coloreadas de alto o bajo contenido de saponina, y es una raza tardía (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989)

4. Morfología de la planta

La quinoa es una planta anual, dicotiledónea, herbácea, puede llegar a medir entre 0,2 a 3,0 m de altura. El color es una característica con mucha variación ya que presenta colores como el verde, morado, rojo e intermedios. Los tallos pueden ser ramificados o no poseer ramificaciones, esta característica se ve influenciada por la distancia de siembra, condiciones climáticas y de su genética, el tallo es más circular en su proximidad a la raíz, y más angular en los dos tercios superiores por lo general los ecotipos o razas de quinuas con más ramificaciones se las encuentra en las zonas de Perú y Bolivia, existiendo pocas razas o ecotipos con ramificaciones abundantes en Ecuador. (FAO, 2011)

El tallo de la quinua es cilíndrico en la base y después se va tornando angular debido a la posición alterna de las hojas en las cuatro caras. Las hojas nacen primero , posteriormente desde las axilas nacen las ramas. La altura a la que llega el tallo tiene estrecha relación con la variedad o la raza a la que pertenece; existe registro de quinuas que han llegado hasta los 2 metros de altura. (Rodríguez, 2005)

El color en los tallos es muy variado dependiendo la variedad, raza, o ecotipo existen de color verde, amarillo, rosado, morado, rojo, y combinados, también se puede notar la presencia de axilas y estrías a lo largo del tallo siendo esta característica una de las formas de identificar variedades de quinua. Al madurar fisiológicamente el tallo muestra una coloración crema, amarilla o rosada a diferentes intensidades. (Gómez & Aguilar, 2016)

La hoja de la quinua está formada por lamina y peciolo; los peciolos son largos finos y presentan un canal en la parte superior, la lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada; presenta bordes dentados, aserrados o lisos, el número de dientes depende del genotipo y pueden llegar hasta 25, el tamaño y forma de las hojas varían en la parte inferior y superior; en la parte inferior son grandes y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, estas aparecen incluso en la inflorescencia siendo de un tamaño muy pequeño. (Mujica, Jacobsen, & Izquierdo, 2001).

Los colores en la hoja son muy variados pueden ser verdes, rojos, amarillos y violetas además presentan gránulos en la superficie que le dan una apariencia de estar embarradas de arenilla. Los gránulos tienen gran cantidad de oxalatos de calcio con lo que puede retener agua y evita la transpiración de las hojas. (FAO, 2011)

Aunque los colores de la hoja son muy variados el verde es un color predominante en la juventud de varias razas de quinua; ya en la madurez las hojas cambian de color a amarillas, naranjas, rosadas o púrpuras según el genotipo de la planta (Gómez & Aguilar, 2016).

La inflorescencia es una panoja que tiene una longitud variable que esta entre 30-80 cm y un diámetro de 5 a 30 cm, aunque esto dependerá de la variedad y condiciones del sitio. La panoja está ubicada en el ápice de la planta, y posee un eje principal y ejes secundarios y terciarios. (Rodríguez, 2005)

Según Gómez & Aguilar (2016) La posición de los glomérulos en la panoja indicará si esta es amarantiforme, glomerulada o intermedia

Las de tipo amarantiforme tienen la característica que sus glomérulos están insertados en el eje secundario siendo muy similares a los dedos. Si son de tipo glomerulada los glomérulos se ubican en el eje terciario y forman una apariencia redondeada. En el tipo intermedio los glomérulos

pueden ser de forma circular o rectangular De la longitud de los ejes secundarios y terciarios dependerá si la panoja es laxa, intermedia o compacta; estas características están ligadas al tamaño de grano siendo la compacta la que presentan los granos más pequeños (Gómez & Aguilar, 2016)

Las semillas de quinua tienen tres partes: epispermo, embrión y perisperma. Según (Gómez & Aguilar, 2016) El epispermo, es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30% del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados. La radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la semilla. (p10)

El color de los granos está en relación al epispermo y a las características propias de la variedad. Los colores verde, rojo y púrpura son propios de variedades que mantienen el perigonio sepaloide. Al observar el pericarpio se puede apreciar colores como: blanco, crema, rosado, naranja, púrpura, marrón, gris y negro. (Gómez & Aguilar, 2016)

5. Etapas fenológicas del cultivo

La fenología, es el estudio de los cambios visibles por los que pasa la planta en respuesta a factores ambientales (temperatura, luz, humedad, suelo) del sitio en el cual se encuentra. La fenología mide los distintos cambios por los que pasa la planta en relación al tiempo, determinando lapsos de tiempo para cada etapa fenológica. (Mujica , 2006)

Gómez & Aguilar (2016), indican que las fases fenológicas son las siguientes

a. Germinación

La germinación en las semillas de quinua puede ser bastante rápida (desde 1 día) en adelante si las condiciones de humedad y oxígeno son las adecuadas. El agua es primordial para una buena germinación y para el correcto desarrollo del cultivo. Otro de los aspectos importantes para la germinación es la temperatura del suelo. (Gómez & Aguilar, 2016)

b. Emergencia

La radícula es la primera parte en germinar, la misma se dirige hacia el fondo del suelo y forman el sistema radicular; esta es una de las etapas más críticas del cultivo ya que puede existir podredumbre radicular y ataque de pájaros o insectos; en esta etapa la semilla es muy susceptible a estrés hídrico y temperaturas del suelo. (Gómez & Aguilar, 2016)

c. Desarrollo vegetativo

Esta etapa empieza con el apareamiento del primer par de hojas verdaderas entre las hojas cotiledonales; el crecimiento de estas va en direcciones opuestas, simétricas y perpendiculares en relación a las cotiledonales que mantienen su coloración verde. (Gómez & Aguilar, 2016)

Después se observan los primordios de la tercera y cuarta hojas en el ápice de crecimiento; esto sucede antes que el primer par de hojas verdaderas haya crecido completamente, al formarse la quinta hoja verdadera se podrá observar el apareamiento de yemas axilares en la planta. (Gómez & Aguilar, 2016)

Al apareamiento de las primeras axilas se nota el desprendimiento de las hojas cotiledonales y, las hojas siguen apareando y desarrollando siguiendo el mismo patrón de simetría. La planta pierde su simetría cuando las yemas axilares empiezan a formar ramas, esto sucede a partir del apareamiento de las diez hojas verdaderas. (Gómez & Aguilar, 2016)

El apareamiento del primordio floral aparece en esta etapa y es de gran utilidad para asegurar su supervivencia frente a las malezas. En algunos genotipos el crecimiento es notoriamente más rápido en esta fase, lo que le da ventaja en la competencia de malezas. (Gómez & Aguilar, 2016)

d. Ramificación

Esta etapa empieza con la presencia de las primeras 10 hojas verdaderas y es una etapa que está en relación con el desarrollo vegetativo y el apareamiento del botón floral. (Gómez & Aguilar, 2016)

La presencia de oxalatos de calcio es muy notoria en esta etapa ya que le da un color y brillo muy notorio, la coloración propia que obtienen las hojas sirve para diferenciar algunas razas; en esta etapa se pueden utilizar las hojas para alimento de los seres humanos, debido a su abundancia foliar; sin embargo, esta es una etapa sensible debido a que la planta puede ser atacada por insectos que atacan la hoja y por enfermedades como el mildiu que causa un daño significativo en el cultivo de quinua. (Gómez & Aguilar, 2016)

e. Desarrollo del botón floral

Esta superpuesta en la fase de ramificación, y el desarrollo vegetativo y se da de una manera rápida en la planta. Es de fácil reconocimiento pues en el ápice, se observa como una estructura compacta protegida por hojas y cubierta por la pubescencia granular vesicular rica en oxalato de calcio. Es evidente cuando la planta tiene sus 5 pares de hojas verdaderas. El primordio floral se

mide desde su aparecimiento hasta que toma la forma piramidal que indica la próxima aparición de la inflorescencia. (Gómez & Aguilar, 2016)

f. Desarrollo de la inflorescencia o panoja

En esta fase se forma y se desarrolla la inflorescencia; la elongación de los primordios florales causa el aparecimiento de un eje primario, eje secundario y terciario y el desarrollo de los primordios de glomérulos y la formación de hojas típicas de la inflorescencia, tomando la forma típica de cada tipo de inflorescencia. Después se forman las flores con sus respectivas partes reproductivas. (Gómez & Aguilar, 2016)

La longitud de la inflorescencia es muy variada según Gómez y Aguilar indican que puede medir entre 15 y 70 cm de longitud, pero esto puede variar dependiendo de la capacidad genética e influenciado por el medio ambiente. (Gómez & Aguilar, 2016)

g. Floración

Empieza con la apertura de las flores. Tanto las flores hermafroditas como las pistiladas se abren al mismo tiempo, y se las puede notar a simple vista, las hermafroditas muestran anteras amarillas con un brillo intenso. En algunas variedades es común observar cómo se abre la primera flor hermafrodita del ápice del glomérulo y posterior a esta las demás flores.. (Gómez & Aguilar, 2016)

La asincronía florar es uno de los mecanismos que utiliza la planta para poder tener flores viables y asegurar la formación del fruto. Por ende la duración de floración en la panoja es bastante variable ya sea de larga o corta duración es durante esta fase en que las panojas toman un color intenso y se puede notar una defoliación en la base de la planta. (Gómez & Aguilar, 2016)

h. Antesis

La antesis se superpone a la floración. Las flores hermafroditas liberan una gran cantidad de polen, en esta fase se puede apreciar la presencia de insectos en las flores, los cuales pueden ser polinizadores; el viento cumple un papel importante en el movimiento del polen; se presume un 17 % de polinización cruzada en quinua. Los complejos *Eurysacca* y el complejo de chinches (*Liorrhysus hyalinus*, *Dagbertus nr fasciatus*, *Dagbertus sp*, *Nysius simulans*) atacan en esta fase del cultivo, y la planta es muy susceptible a temperaturas extremas. (Gómez & Aguilar, 2016)

i. Fruto, crecimiento y estado acuoso

Una vez realizada la fecundación el fruto empieza desarrollarse, y llena el espacio formado por el perigonio sepaloide. Durante esta etapa el fruto tiene en su interior una sustancia acuosa de allí el

nombre de esta fase fenológica. Se empiezan a observar los cotiledones y otras partes del fruto. La duración de este periodo es bastante variada en cada una de las razas, sin embargo se puede observar que la fase termina con la caída de las hojas que se encuentran en la base del tallo. (Gómez & Aguilar, 2016)

j. Fruto en estado lechoso

Esta fase esta superpuesta con la fase de estado acuoso. Cuando los granos han alcanzado su tamaño máximo, empiezan a recibir los fotosintatos del área foliar y de las hojas que se encuentran en la inflorescencia para empezar a formar una sustancia lechosa que reemplaza a la sustancia acuosa. (Gómez & Aguilar, 2016)

Al ir madurando el fruto se puede notar las diferencias en la coloración entre el perigonio y la inflorescencia; mientras el grano engruesa, el perigonio sepaloide se empieza a abrir dejando notar una forma de estrella en los sépalos. Esta es una etapa en la que el amarillamiento y defoliación en los dos tercios inferiores es muy notoria, quedando solo el tercio superior con follaje verde; es una etapa muy crítica debido a la necesidad de humedad, y a la susceptibilidad a temperaturas extremas y ataque del complejo *Eurysacca* y el complejo de chinches (*Liorrhysus hyalinus*, *Dagbertus nr fasciatus*, *Dagbertus sp*, *Nysius simulans*) que pueden afectar significativamente el rendimiento. (Gómez & Aguilar, 2016)

k. Fruto en estado masoso

En esta etapa del cultivo la planta alcanza su madurez fisiológica, se puede apreciar que el grano tiene un estado pastoso y tiene una humedad del 45 %. (Gómez & Aguilar, 2016)

El grano va perdiendo humedad, y el grano empieza a ser más fuerte; la humedad para que la panoja ya pueda ser cortada es del 20 % en el fruto aproximadamente. (Gómez & Aguilar, 2016)

B. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

Los requerimientos edafoclimáticos para una producción adecuada de quinua son suelo, pH del suelo, clima, agua precipitación, altura temperatura y radiación (Basantes, 2015)

1. Suelo

El suelo para el cultivo de quinua debe ser franco y con buen drenaje, el contenido en materia orgánica debe ser alto, los nutrientes que más exige el cultivo son nitrógeno y calcio; el fósforo puede ser moderado, y el requerimiento de potasio es bajo. La quinua puede adaptarse a suelos franco arenosos y arenosos, pero se debe cuidar el encharcamiento puesto a que la quinua es susceptible a un exceso de humedad. (Mujica, Canahua, & Saravia, 2001)

2. Temperatura

Basantes (2015) Indica que el cultivo de quinua necesita unas temperaturas de 9 a 16 ° C y que puede soportar heladas que van hasta los -5 ° C

3. Precipitación

De 300 a 1,000 mm. Los requerimientos varían dependiendo el país y la variedad así por ejemplo las variedades de la zona del altiplano en Perú y Bolivia tienen requerimientos bajos; mientras que las variedades del sur de Chile necesitan grandes cantidades de agua. En general la presencia de precipitaciones es necesario en la fase vegetativa e inicio de floración, y debe cesar cuando se encuentra en fases de maduración de grano y este próximo a la cosecha. (Puentestar, 2017)

4. Luz

El lugar de origen indicará las necesidades de fotoperiodo, ya que esta condición varía en cada país y localidad. Una mayor sensibilidad al fotoperiodo se nota en variedades que se han originado en el trópico, no así en las variedades del Altiplano peruano y boliviano y las variedades que son producidas a nivel del mar, que son las que han mostrado menor sensibilidad al fotoperiodo. La duración del ciclo a antesis también está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar de la zona de origen de la quinua. En variedades Ecuatorianas, es indispensable tener de 10 a 15 horas de luz para tener una correcta antesis.. (Gómez & Aguilar, 2016)

5. pH

EL pH del suelo puede estar entre 6 a 8.5 , de preferencia sembrar en suelos neutros (Puentestar, 2017)

C. **MANEJO DEL CULTIVO**

1. Selección de semillas

Para la selección de semillas es recomendable buscar variedades tengan una buena adaptación a la zona en donde se desea sembrar; de igual manera, es necesario tener en cuenta el rendimiento y las susceptibilidades a enfermedades que tenga la variedad a sembrarse; no se puede descuidar la calidad de semilla que tenga un alto nivel de pureza, el tamaño debe ser el adecuado; y la viabilidad debe ser comprobada en una prueba de germinación antes de la siembra. (Gómez & Aguilar, 2016)

2. Preparación del suelo

Es una actividad que se puede realizar con tractor o con yunta. Al hacerlo con tractor es necesario pasar el arado y la rastra una o dos veces de tal manera que el suelo quede mullido, de tal manera que la semilla pueda germinar y emerger con facilidad; el surcado puede realizarse manualmente o con maquinaria y debe ser realizado cuando se va a sembrar de manera manual. (INIAP, 1992)

3. **Siembra**

Debido a que la humedad juega un papel bastante importante en la germinación de la semilla, la época de siembra adecuada es (Noviembre - Febrero) ya que la lluvia de estos meses favorece a la germinación. (Wilca & Carrasco, 2013). La humedad recomendada para la siembra es $\frac{2}{3}$ de la capacidad de campo lo que facilitará la germinación; la cantidad a semilla varía dependiendo el sistema de siembra, y puede ir desde 3 kg/ha, hasta 10 kg/ ha; y se recomienda una distancia entre surcos de 70 cm a 1 metro, para un buen desarrollo de la planta. (Mujica, Canahua, & Saravia, 2001)

Vilca & Carrasco, (2013), indican la importancia de una selección de las semillas de mayor tamaño, y de realizar una desinfección previa a la semilla antes de la siembra.

Es importante tapar la semilla con una capa de tierra fina, para facilitar la emergencia de las plantas. (Wilca & Carrasco, 2013)

4. **Abonamiento y fertilización**

a. Abonamiento

El abonamiento está relacionado con el análisis de suelo realizado previo a la preparación del suelo y tiene una gran influencia en el cultivo pues realiza las siguientes funciones:

- 1) Favorece la retención de humedad
- 2) Mejora la estructura del suelo
- 3) Facilita la aireación del suelo
- 4) Favorece el desarrollo de microorganismos
- 5) Reduce la incidencia de enfermedades (Paredes, 2019)

b. Fertilización

La fertilización en el cultivo de quinua tiene una gran importancia; en la región sierra los suelos tienden a ser pobres en nutrientes, por lo que la necesidad de fertilizar el suelo es muy necesaria. (Gómez & Aguilar, 2016)

El pH del suelo es un factor que dificulta la absorción de nutrientes en el suelo por lo que la quinua tiende a absorber de manera efectiva los nutrientes cuando se encuentra en un rango de pH de 5.5 a 7.8; cuando el pH no está en el rango establecido se dificulta la absorción de nutrientes. (Gómez & Aguilar, 2016)

Cuando los suelos presentan una fertilidad baja es necesario aplicar 80-40-30 kg/ha de N-P-K, aplicando el 50 % de Nitrógeno y el total del Fósforo y Potasio en la siembra, el restante de nitrógeno se aplicará en la primera deshierba a los 60 días de la siembra. (Gómez & Aguilar, 2016)

Cuando los suelos poseen un fertilidad media o alta, se recomienda aplicar urea en cobertura, a los 60 días después de la siembra. (INIAP, 1992)

Tabla 3: Cantidad de fertilizantes para la quinua en kg/ha

COMPONENTE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Nitrógeno	N	70-100	Kg/ha
Fósforo	P	60-80	Kg/ha
Potasio	K	30-50	Kg/ha

Nota: (Vilca y Carrasco, 2013).

Las aplicaciones de fertilizantes varían de acuerdo a la fase fenológica en la que se encuentre el cultivo.

A la siembra es necesario que el fertilizante sea colocado antes de la siembra y cubierto por tierra de tal manera que no tenga contacto con la semilla. Se recomienda que el fertilizante aplicado tenga contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio. (Gómez & Aguilar, 2016)

Cuando el cultivo se encuentre en estado vegetativo, es necesaria una aplicación de nitrógeno, la cual se aplica en la deshierba, realizando un aporte a la quinua. (Gómez & Aguilar, 2016)

Cuando el cultivo está en floración se aplicará fertilizantes al suelo, o al follaje, dependiendo la necesidad, puesto que en algunos casos, el fertilizante puesto en el suelo es suficiente para una buena formación de grano. (Gómez & Aguilar, 2016)

5. Deshierbes, raleo y aporque

a. Deshierbe

La quinua en sus primeros estadios es muy delicada y sensible a la competencia con malezas; al no tener el espacio adecuado, su crecimiento disminuye, y en algunos casos la planta muere. Se recomienda realizar un deshierbe las primeras etapas del cultivo de tal manera que la quinua no tenga que competir por agua, luz, nutrientes, espacio, y no exista hospederos de plagas que puedan causar pérdidas en el cultivo. No se recomienda la aplicación de herbicidas, debido a la alta sensibilidad a este tipo de productos que tiene la quinua por lo que se recomienda un deshierbe manual. (Mujica et al, 2001)

b. Raleo

Es una actividad que se realiza para evitar el ahogamiento entre las plantas; se la efectúa cuando la planta tiene entre 15 y 30 cm de alto, dejando un total de 15 a 20 plantas por metro lineal; con esto se garantiza un buen desarrollo de las plantas. (Vilca & Carrasco, 2013)

c. Aporque

Es una actividad que tiene gran importancia, en especial en la zona interandina, en donde los vientos son fuertes y se puede presentar un acame, lo que repercutirá en pérdidas en la cosecha. (Mujica et al, 2001)

Esta actividad consiste en acumular tierra en la base de la planta para que esta pueda mantenerse firme y no caiga con la presencia de vientos fuertes y para que tenga la firmeza necesaria para sostener las panojas que se formarán. También se puede aprovechar el aporque para la incorporación de fertilizantes al suelo, de esta manera se obtiene un mayor enraizamiento y una buena producción. (Mujica et al, 2001)

6. Plagas y enfermedades

a. Plagas

El ataque de plagas puede causar una pérdida en la producción de entre un 8 y 40 % dependiendo la intensidad del ataque y el tipo de insecto que ataca al cultivo. (Gómez & Aguilar, 2016)

Entre los principales insectos que atacan al cultivo tenemos

1) Complejo de polillas en la inflorescencia

Entre las más importantes están: *Eurysacca melanocampta*, *Eurysacca quinoae* y *Eurysacca media* (pegador de hojas, polilla de la quinua). Estas aparecen cuando existen condiciones de sequía; las larvas de la primera generación atacan las hojas y la inflorescencia, afectando el proceso fotosintético, por consiguiente, disminuye la producción de grano; las larvas de segunda generación atacan el grano, disminuyendo la calidad del grano. (Gómez & Aguilar, 2016)

2) Complejo noctuideo

En este complejo están los insectos del genero *Agrotis*, *Copitarsia*, *Spodoptera*, *Dargida*, *Eliothis*; los cuales causan daño a nivel radicular y de cuello, cortando las plantas, y disminuyendo la población; también atacan cuando el cultivo está en fase de ramificación y en la fase de floración, y cuajado del fruto, dañando hojas, ramas, y en algunos casos el grano, lo que repercute en pérdidas en el rendimiento. (Gómez & Aguilar, 2016)

b. Enfermedades

Las principales enfermedades que encontramos son:

1) Mildiu (*Peronospora variabilis*)

Es una enfermedad que ataca en cualquier estado fenológico de la planta; produce pérdidas de hojas, y un mal desarrollo del cultivo. (Vilca & Carrasco, 2013)

2) *Ascochyta hyalospora*

Esta enfermedad se puede apreciar en las hojas jóvenes, presentando manchas negras en forma circular; su presencia puede causar pérdida de follaje. (Vilca & Carrasco, 2013)

3) Podredumbre Marrón Del Tallo (*Phoma exigua* var *foevata*)

Se aprecian lesiones de color marrón oscuro y bordes vítreos. Los picnidios del hongo se aprecian como puntos negros, y afectan principalmente al tallo y a la inflorescencia. El hongo requiere de heridas mecánicas para penetrar las plantas y se adapta bien a climas fríos. (Gómez & Aguilar, 2016)

7. Cosecha y poscosecha

En la precosecha la quinua está expuesta al ataque ornitológico, tal como se describe a continuación: Las aves ocasionan daños en los últimos períodos vegetativos de la planta (estado lechoso, pastoso y madurez fisiológica del grano). Se alimentan de los granos en la misma panoja, al mismo tiempo que ocasionen la caída de un gran número de semillas por desgrane o ruptura de los pedicelos de los glomérulos. (Meyhuay, 1998)

El ataque de aves es más notable en las variedades dulces, puesto que las mismas son más apetecidas para las aves, y su ataque puede causar pérdidas del 30 al 40 % de la producción. (Meyhuay, 1998)

Además del ataque de pájaros; es durante el proceso de cosecha y poscosecha en donde se pierden cantidades de grano detalladas en la tabla 4

Tabla 4. Merma en la etapa de cosecha y poscosecha

Actividad	Merma (%)
Ataque de aves	30-40
Corte	5-10
Transporte	1-5
Emparve	5-10
Trilla	5-8
Venteo y limpieza	13-15
Almacenamiento	-----

Nota: (Meyhuay, 1998)

La época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores como: la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura predominante. Por lo general las hojas de la planta de quinua se tornan de una coloración amarillenta o rojiza dependiendo de la variedad y en la panoja es posible ver los granos por la apertura que realiza el perigonio, característico en esta fase de madurez fisiológica. Otra manera de identificar la madurez es, golpeando suavemente la panoja con la mano, si existe caída de los granos ya se puede empezar con el corte. (FAO, 2011)

Corte manual con hoz: consiste en cortar la planta entre 10 – 15 cm del suelo, dejando el rastrojo en el mismo suelo, lo cual ayuda a la conservación del suelo. Se debe realizar el corte de la planta en el momento oportuno, o sea cuando las panojas aún resisten la pérdida de grano por manipuleo, porque cuando se sobrepasa la madurez de las plantas se incrementan las pérdidas de grano. La desventaja de este método es que no se puede practicar en suelos muy arenosos y en plantas grandes existe dificultad del corte por el grosor del tallo (FAO, 2011)

La trilla, es una de las actividades más difíciles en el cultivo de la quinua, si se la realiza de forma manual, puesto que consiste en golpear las panojas hasta que liberen todo el grano. (FAO, 2011)

Algunos agricultores utilizan lona sobre la cual también se efectúa la trilla de las plantas secas y con un palo denominado 'Hujtana' se procede al golpeado de las plantas, luego al tamizado grueso y posteriormente al venteo para la obtención del grano. El rendimiento por un jornal de trabajo es 1,5 qq/día. (FAO, 2011)

El venteo es realizado con la finalidad de eliminar basuras y rastrojos del grano, para este proceso es necesario tener un espacio adecuado en donde el viento pueda ingresar con facilidad. El rendimiento promedio de un trabajador es de 4 qq./día. (FAO, 2011)

Para mantener la calidad del producto el almacenamiento se debe efectuar en cuartos o ambientes limpios, secos y ventilados. Se recomienda que para el embolsado del grano se utilice sacos de tejido de llama (costales), bolsas de polipropileno nuevas o en buen estado. Las bolsas llenas deben estar apiladas en forma adecuada sobre una tarima de madera. (FAO, 2011)

8. Rendimiento

El rendimiento potencial de la quinua es de 11t/ha sin embargo, la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está alrededor de 6 t/ha, en promedio y con adecuadas condiciones de cultivo (suelo, humedad, clima, fertilización y labores culturales oportunas), se obtiene rendimientos de 3.5 t /ha. (Monteros, 2016)

Los valores más altos de rendimientos son obtenidos en Bolivia, puesto que posee variedades de grano grande. (Mujica, Canahua, & Saravia, 2001)

En el Ecuador el rendimiento objetivo promedio de quinua para el año 2016 fue de 1.36 toneladas por hectárea. La provincia de Pichincha fue la zona productora de mayor rendimiento (1.79 t/ha); mientras que, Tungurahua fue la de menor productividad (1.19 t/ha). Chimborazo mantiene una producción de 1.27t/ha, siendo una de las provincias con menor producción en el país. (Monteros, 2016)

D. ECOTIPO

Se conoce como ecotipo a una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, a un ambiente particular o a un ecosistema definido, con límites de tolerancia particulares, a los factores ambientales locales. La adaptación a un ecosistema o a un hábitat particular implica cambios genéticos que se establecen de acuerdo con los límites de tolerancia de las especies. (Gonzales & Rojas, 2014)

E. VARIABILIDAD GENETICA

la variabilidad genética es una medida de la tendencia de los genotipos de una población a diferenciarse, los individuos de una misma especie no son idénticos, si bien, son reconocibles como pertenecientes a la misma especie, existen muchas diferencias en su forma, función y comportamiento. en cada una de las características que podamos nombrar de un organismo existirán variaciones dentro de la especie

Los casos más evidentes de variabilidad genética de las especies son las especies domesticadas, en donde los seres humanos utilizamos la variabilidad para crear razas y variedades. Gran parte de la variación en los individuos proviene de los genes, es decir, es variabilidad genética. La variabilidad genética se origina por mutaciones, recombinaciones y alteraciones en el cariotipo (el número, forma, tamaño y ordenación interna de los cromosomas). Los procesos que dirigen o eliminan variabilidad genética son la selección natural y la deriva genética. (CONABIO, 2012)

Uno de los aspectos fundamentales de la biodiversidad es la variabilidad genética que tiene el continente americano, producto de una amplia gama de especies adaptadas en diferentes condiciones ambientales. Esta biodiversidad está asociada también a la existencia de centros de origen y diversidad de especies cultivadas, representando un papel fundamental para la seguridad alimentaria.

La Región Andina forma parte de las “Américas”, cuatro regiones del continente americano en donde ocurrieron eventos de domesticación independientes. Está conformada por un conjunto de montañas, mesetas y valles que se extiende sobre el oeste de América del Sur y presenta una amplia variabilidad ambiental. (Costa, 2014)

1. Características para la identificación de especies

a. Características morfológicas

La evaluación de caracteres morfológicos o caracteres agronómicos de tipo cuantitativo y/o cualitativo visualizada a través del fenotipo es una de las técnicas más utilizadas.

Este es uno de los procesos en donde la influencia del ambiente tiene importancia relevante para la expresión fenotípica, muchos de los caracteres se expresan en estado adulto lo que dificulta y alarga el tiempo de evaluación; además, no toda la variación genética está expresada en el fenotipo en el momento en que se mide el carácter de interés. (Costa, 2014)

b. Características moleculares

Costa 2014 dice: “*En la caracterización molecular de un individuo, la detección del polimorfismo es mediante la observación de patrones electroforéticos diferenciales resultado de diferencias en el tamaño de los fragmentos de ADN, producidos a través de diferentes tecnologías: digestión del ADN con enzimas de restricción (RFLP: Restriction Fragment Length Polimorphism) o amplificación vía PCR (en castellano: Reacción en Cadena de la Polimerasa)*”

2. Variabilidad genética en quinua

La región Andina es el lugar en donde se puede encontrar una gran cantidad de variedades de quinua, ya sean silvestres o domesticadas. Bajo este criterio, y por la amplia variabilidad en condiciones agroclimáticas podemos considerar subcentros de diversidad, y notar una alta diferenciación en el fenotipo de los cultivares de quinua. (Rojas & Pinto, 2013)

Por su amplia variedad genética se ha agrupado a la quinua en 5 grandes grupos, que engloban las diferentes variedades de quinua en América (Tapia et al, 1979)

- a. Quinuas de nivel del mar
- b. Quinuas de Valles Interandinos
- c. Quinuas de Altiplano
- d. Quinuas de Salares
- e. Quinuas de los Yungas o Ceja de Selva (Tapia et al, 1979)

La quinua Ecuatoriana esta considera en la de los valles Interandinos y tiene una alta variabilidad genética, lo que se muestra en su fenotipo. (INIAP, 2009)

3. Mejoramiento por selección masal

La selección es un proceso de mejoramiento que consiste en el aprovechamiento de la variabilidad presente en el material genético de partida. El material base para la selección puede ser una variedad tradicional, una variedad mejorada en uso, una variedad antigua, una accesión de germoplasma o una variedad comprada en el mercado. (Bonifacio, Mujica, & Alvarez, 2001)

Los investigadores al iniciar un proceso de selección colectar y conservar el germoplasma existente lo que implica preservar con cuidado la variabilidad genética y con ello reducir los riesgos de erosión genética. Conservar la variabilidad genética se vuelve una actividad necesaria,

puesto que cada raza, ecotipo, variedad, puede tener características aprovechables. (Sanchez et al, 2009)

El método de selección masales uno de los métodos más fáciles, sencillos y económicos dentro del fitomejoramiento y consiste en mezclar toda la semilla proveniente de F1 y se siembra en una parcela suficientemente grande para obtener la semilla F2. (Mina, 2013)

Una vez obtenido la semilla de la F2, se repite la acción hasta llegar a la F6, a partir de la cual se seleccionan las panojas previa evaluación, para continuar la evaluación con el método de línea. Una de los factores que pueden afectar, es el no obtener una población considerable, para repetir la siembra, por lo que se recomienda sembrar siempre en cantidades suficientes para producir semilla abundante. (Mina, 2013)

Dentro del fitomejoramiento es importante considerar la resistencia; y en la quinua la principal enfermedad es el mildiu (*Peronospora variabilis*), enfermedad de importancia económica en las zonas agroecológicas de producción del Ecuador, tanto así que los mismos agricultores buscan la manera de controlarla, puesto que su presencia a implicado pérdidas en la producción. (Mina, 2013)

VI. MATERIALES Y EQUIPOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El presente trabajo se realizará en la provincia de Chimborazo, cantón Colta, en la comunidad de Pulucate.

2. Ubicación geográfica

Tabla 5. Georreferenciación de la comunidad Pulucate

Localidad	Parroquia	Cantón	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Tipo de suelo
Pulucate	Sicalpa	Colta	3330	1824342	78696602	Franco arcilloso

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

3. Condiciones climáticas del cantón

- a. Temperatura promedio: 10,5 °C.
- b. Humedad Relativa: 73 %.
- c. Precipitación: 621 mm/año.
- d. Velocidad del viento: 2,1 m/s. (Koppen, 2018)

4. Clasificación Ecológica

Herbazal del páramo (MAE, 2012)

B. MATERIALES**1. Material de campo**

- a. Azadones
- b. Rastrillos
- c. Píolas
- d. Cinta métrica
- e. Estacas
- f. Letreros de identificación
- g. Esferográfico
- h. Libreta de apuntes
- i. Costales
- j. Oz
- k. Etiquetas

2. Material de oficina

- a. USB
- b. Hojas papel bond
- c. Calculadora
- d. Lápiz
- e. Borrador
- f. Cuaderno
- g. Esfero
- h. Internet

3. Materiales de laboratorio

- a. Tubos de ensayo
- b. Regla

4. Equipos

- a. Computadora
- b. GPS
- c. Cámara Digital
- d. Impresora
- e. Balanza analítica
- f. Calibrador

5. Insumos

- a) Semillas de quinua seleccionadas de diferentes ecotipos (Variedad Chimborazo)
- b) Agua destilada

C. METODOLOGÍA**1. Factores en estudio**

- a. Comunidad Pulucate
- b. Selecciones individuales
 - 1) Origen de los ecotipos de panoja roja
 - a) Comunidad Majipamba
 - b) Parroquia Flores
 - c) Comunidad Lupaxi Central
 - 2) Testigo: Quinua comercial tipo Chimborazo

Tabla 6. Origen de los ecotipos de quinua Chimborazo

Color de panoja	Procedencia	Cantidad
Roja	Majipamba, Colta(3320 msnm)	50
	Flores, Riobamba (3400msnm)	95
	Lupaxi Central, Colta(3480msnm)	95
	Total	240

Nota: Elaborado por Ilbay, J.(2019)

2. Diseño experimental

a. Características del diseño

Esta investigación consta de una estadística descriptiva e investigación de biodiversidad en la cual se ha implementado doscientas cuarenta unidades experimentales.

b. Análisis estadístico

El análisis se realizó con estadísticas frecuencias ($\sum_{i=1}^k n_1 + n_2 + \dots + n_k = N$), máximo, mínimo, promedio ($X = \frac{\sum X}{n}$), desviación estándar ($\sigma = \frac{\sum_i^N (X_i - X)^2}{N}$), coeficiente de variación ($Cv = \frac{\sigma}{u} * 100$) y análisis multivariados (componentes principales, análisis de agrupamiento)

3. Características de la unidad experimental

- a. Ancho: 0.7 m
- b. Longitud: 2 m
- c. Área de la unidad experimental: 1.4 m²
- d. Caminos: 1 m
- e. Distancia entre plantas: Chorro continuo
- f. Distancia entre hileras: 0.7 m
- g. Área total de la parcela: 563 m²

4. Variable en estudio

a. Forma de tallo principal(FTP)

Se registró realizando una mirada transversal al tercio inferior del tallo, a la madurez fisiológica expresada en cilíndrico o anguloso (figura 1). (Biodiversity International, 2013)

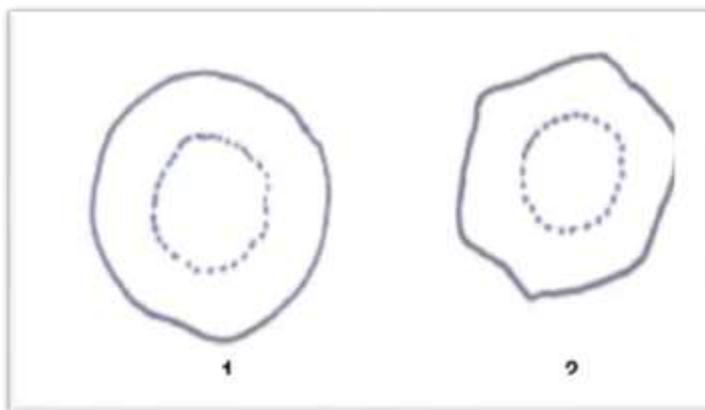


Figura 1. Forma del tallo: 1 Cilíndrico; 2. Anguloso (Biodiversity International, 2013)

b. Diámetro del tallo principal (mm)(DTP)

Se realizó midiendo en la parte media del tercio inferior de la planta en la madurez fisiológica, tomando cinco plantas al azar de cada selección sembrada. (Biodiversity International, 2013)

c. Días a la floración (DF)

Se registró los días transcurridos desde la siembra hasta que por lo menos el 50 % o más, de las plantas hayan iniciado la floración. (Biodiversity International, 2013)

d. Color de la panoja a la madurez fisiológica (CPMF)

El color de la panoja a la madurez fisiológica se registró cuando el grano estaba en estado lechoso, y se registró de acuerdo a los siguientes colores.

- 1) Blanco
- 2) Púrpura
- 3) Rojo
- 4) Rosado
- 5) Amarillo
- 6) Anaranjado
- 7) rojo y blanco
- 8) rojo y rosado
- 9) rojo y amarillo
- 10) Verde
- 11) rojo y verde
- 12) otro (especificar) (Biodiversity International, 2013)

e. Color del tallo principal (CTP)

Este dato se registró cuando el grano está en estado lechoso y se eligió entre los siguientes colores:

- 1) Verde
- 2) Amarillo
- 3) Anaranjado
- 4) Rosado
- 5) Rojo
- 6) Púrpura
- 7) Marrón
- 8) Gris
- 9) otro (especificar)

f. Presencia de axilas pigmentadas (PAP)

Este dato se registró en estado de grano lechoso de acuerdo a las siguientes opciones: 0 ausente y 1 presente. (Biodiversity International, 2013)

g. Presencia de estrías(PE)

Se registró observando el tallo principal de la planta cuando estaba en etapa de floración. (Biodiversity International, 2013), según las siguientes opciones.

0 si es ausente y 1 si están presentes.

h. Color de las estrías (CE)

Ese dato se registró observando en la parte media del tercio medio de la planta, cuando esta se encontraba en plena floración; se registró según las siguientes opciones:

- 1) Verde
- 2) Amarillo
- 3) Rojo
- 4) Púrpura (Biodiversity International, 2013)
- 5) Otro (especificar)

i. Forma de la panoja(FP)

Este dato se registró en estado de grano lechoso, y se eligió entre las siguientes opciones:

- 1) Glomerulada
- 2) Intermedia
- 3) Amarantiforme (Biodiversity International, 2013)

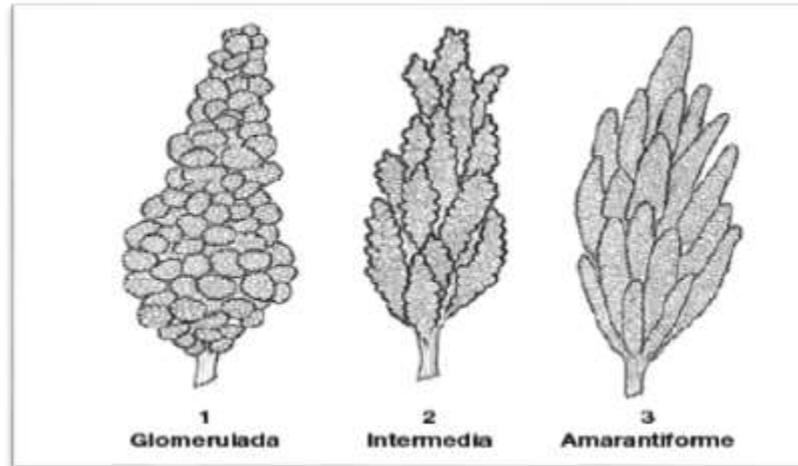


Figura 2. Forma de la panoja. (Biodiversity International, 2013)

j. Longitud de la panoja (cm) (LP)

Se registró a la madurez fisiológica. Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la panoja principal. Se midieron 5 plantas. (Biodiversity International, 2013)

k. Diámetro de la panoja (cm)(DP)

Se registró a la madurez fisiológica. Se midió en la parte media de la panoja principal. Se midieron 5 plantas al azar. (Biodiversity International, 2013)

l. Altura de la planta (cm)(AP)

Se registró la altura cuando la planta se encontraba en madurez fisiológica. Se eligió cinco plantas al azar para medirlas y se expresó en centímetros. (Biodiversity International, 2013)

m. Días a la cosecha (DC)

Se registró los días transcurridos desde la siembra hasta cuando por lo menos el 50 % de las plantas, o más, muestren signos de cosecha. (Biodiversity International, 2013)

Se cosecharon quince panojas, al azar, para poder obtener cantidad suficiente de semilla, que fue utilizada para la toma de datos y almacenada para siembras futuras.

n. Severidad de ataque de mildiu

Se realizó dos observaciones a lo largo del ciclo de cultivo; en las siguientes fases fenológicas: Panojamiento y floración; se realizó la evaluación según el criterio de (INIAP , 2009)

Tabla 3. Escala utilizada para la evaluación de ataque de mildiu (*Peronospora variabilis*)

Escala	Avance de la enfermedad
1 - 3	Primer tercio bajo de la planta (35%)
3 - 6	Segundo tercio medio (35%)
3 - 9	Último tercio de la planta (30%)

Nota: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias , 2009)

o. Rendimiento por planta (g)(RP)

Este valor se tomó después de la trilla, se registró el peso de las semillas de quince panojas cosechadas y se las promedió. (Biodiversity International, 2013)

p. Eflusión de saponina (ES)

Este dato se registró al visualizar una columna de espuma producida en tubos de ensayo de 30 ml luego de agitar 1 g de muestra en 10 ml de agua destilada. Y está expresada en cm. (Biodiversity International, 2013)

q. Diámetro del grano (DG)

Se registró el diámetro del grano midiendo 20 granos consecutivos para luego promediar la medida obtenida. (INIAP , 2009)

5. Manejo del ensayo

a. Muestreo del suelo

Se tomó las muestras de suelo del lote en donde se establecerá el ensayo, la metodología a emplear es en zigzag a una profundidad de 30 cm repitiendo este procedimiento hasta tener 20 sub muestras, las cuales se mezclaron para extraer una muestra final de 1 Kg, la cual se enviará al laboratorio de manejo de suelos y aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina”, para sus respectivos análisis.

b. Preparación del suelo.

Se realizó de forma mecanizada, realizando una arada y dos pases de rastra, con la finalidad de dejar el suelo bien mullido.

c. Elaboración de surcos

El surcado se realizó de manera manual, estableciendo un ancho entre surcos de 0.7 m y 2 m de largo. Con una separación de 1 metro destinado para los caminos

d. Siembra

Se realizó a chorro continuo utilizando una densidad de siembra de 12 kg/ha (Peralta, 2009).

e. Deshierba

Se realizó cuando las plantas muestren las 6 primeras hojas verdaderas, para evitar competencias al cultivo de quinua.

f. Aporque

Se realizó cuando el cultivo presentó el 50 % de Panojamiento, para dar soporte a la planta, disminuir el acame de las mismas, y promover la aireación a las raíces. (Calla, 2012)

g. Cosecha

Se realizó cuando el cultivo presentó signos de madurez fisiológica, identificada mediante, la vista y el tacto; esta actividad fue realizada de forma manual con una oz, para su posterior almacenamiento.

h. Secado

Se colocó el grano en gangochas al aire libre, para que la luz del sol, y el viento sequen el grano.

i. Trilla

Se realizó de forma manual, mediante el golpe a la panoja, separando así la semilla, sin lastimar el embrión. (Calla, 2012)

VII. RESULTADOS

A. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1. Forma del tallo

La forma del tallo, en su totalidad, los doscientos cuarenta ecotipos muestran un tallo cilíndrico, una característica propia de la quinua tipo Chimborazo.

Lo que demuestra la diferencia con lo dicho por Rodríguez (2005); quien indica que la forma del tallo es cilíndrica solo en la base, y se vuelve angular en la parte superior. Sin embargo, la quinua tipo Chimborazo muestra tener un tallo totalmente cilíndrico.

Sin embargo, Tapia & Fries (2007), concuerdan con lo estipulado en esta investigación pues ellos manifiestan que en general, la quinua presenta el tallo de forma cilíndrica, y que en algunas variedades este se vuelve angular, al llegar a la madurez fisiológica.

La información obtenida con respecto a la forma del tallo, también es afirmada por Basantes (2015), quien manifiesta que el tallo de la quinua es cilíndrico.

Por lo tanto, encontrar diferencias en la forma del tallo entre lo dicho por Rodríguez (2005), y la presente investigación, resulta ser muy común, puesto que la amplia variabilidad que posee la quinua, a lo largo de la región andina, así como la que variabilidad que muestra la quinua tipo Chimborazo, influyen en la morfología de la planta, mostrando que la quinua tipo Chimborazo, tiene sus particularidades en comparación con las demás existentes.

2. Diámetro del tallo

En el diámetro del tallo principal se ha establecido 7 clases para ubicar y agrupar en ellos los diferentes ecotipos del estudio realizado. (Gráfico 1)

En el gráfico 1, se puede apreciar que 85 ecotipos se ubican en el cuarto rango, el cual presenta una media de 7.7 mm, y representa el 35 % de los ecotipos estudiados.

En la clase con menor medida de diámetro (4,7 mm en promedio), se ubican 6 ecotipos, y en el de mayor rango, están ubicadas 15 ecotipos. (9,4 mm en promedio)

Según Mujica et al, (2001), indican que el diámetro esta entre 1 cm y 10 cm, dependiendo del genotipo, pero, apenas 15 ecotipos los cuales representan el 6 % del total de ecotipos estudiados, presentan un diámetro de tallo que tengan o sobrepasen los 10 mm establecidos por Mujica.

Por lo que la quinua tipo Chimborazo, presenta un rango diferente de dimensiones en el diámetro, y que el mayor número de ecotipos tienen diámetros que en promedio van desde 7.7 mm en adelante.

El testigo presenta un diámetro de 9,40 mm, esta al ser una quinua comercial, muestra tener un diámetro menor a los 10 mm, por lo que, los ecotipos estudiados, a pesar de tener diámetros menores en comparación con lo dicho por (Mujica, et al. 2001) pueden ser competitivos, a nivel local, debido a que su producción no se ve relacionada con el diámetro del tallo.

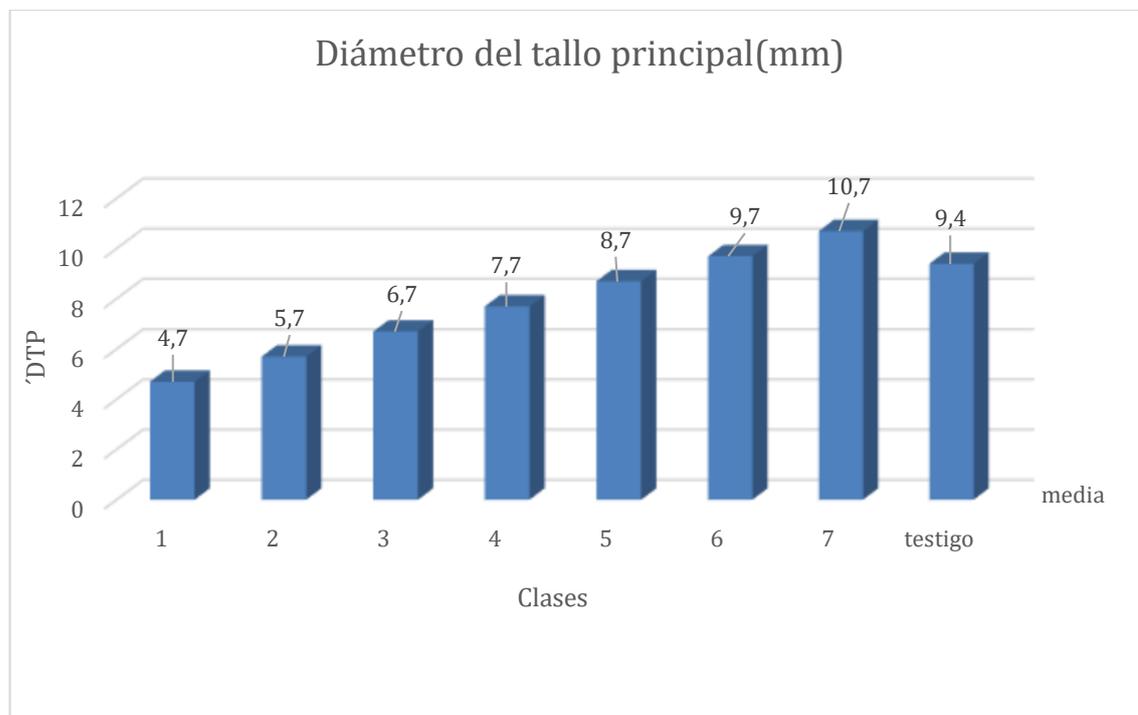


Gráfico 1: Frecuencia del diámetro del tallo principal.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

3. Color principal del tallo

En el gráfico de barras de los rangos y frecuencias del color principal del tallo (Gráfico 2), muestra los posibles colores que puede tener el tallo principal, así como la frecuencia con la que los ecotipos muestran dichos colores, y el porcentaje obtenido de los diferentes colores. La mixtura indica que el ecotipo ha mostrado diferentes colores en el tallo.

En el gráfico 2 se puede apreciar la frecuencia de los diferentes colores, obteniendo dos colores uniformes; el rojo con 101 ecotipos y que representa el 42 % de los ecotipos en el estudio de la variable, y el color amarillo con 73 ecotipos que representan el 30 % del estudio de la variable; los 65 ecotipos que presentan tallos con diferentes colores, muestran una alta heterogeneidad en el color del tallo principal.

Gómez & Aguilar (2016), indican que los colores del tallo son muy variados y no son propios de cada variedad, por lo que en un mismo tipo de quinua se puede encontrar una gran cantidad de colores en el tallo, solo ciertas razas de quinua, muestran colores característicos en el tallo; esto sustenta lo encontrado en el estudio en cuanto a los colores presentes en el color del tallo principal.

El color rojo en el tallo principal, tiene la mayor frecuencia; esto es reafirmado por (Basantes, 2015), quien propone que la quinua Chimborazo presenta en su mayoría un color de tallo rojo, sin embargo, (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989) estipularon que en la quinua tipo Chimborazo pueden encontrarse más colores, debido al origen de esta raza.

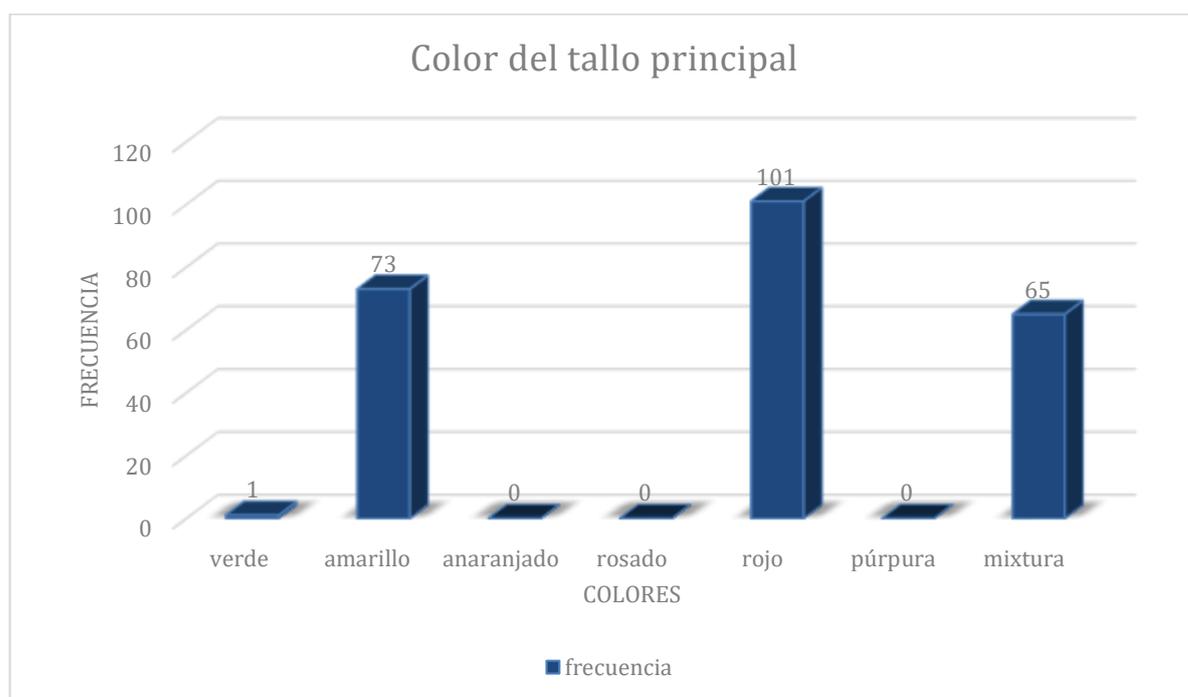


Gráfico 2. Frecuencia en el color principal del tallo.
Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

a. Uniformidad en el color del tallo

Con los datos obtenidos en el gráfico de barra de colores y frecuencias del color principal del tallo (gráfico 2) se ha podido establecer un criterio de tallos uniformes, y desuniformes en cuanto al color principal del tallo.

La frecuencia de uniformidad en el color del tallo muestra; que 175 ecotipos mantienen colores uniformes en el tallo principal, ya sea color rojo o amarillo y los otros 65 ecotipos presentan diferentes colores en el tallo, mostrando así la alta variabilidad en el fenotipo de la quinua tipo Chimborazo en cuanto a colores del tallo.

El método de selección masal, es el que se utiliza para disminuir la variabilidad fenotípica que presentan los cultivos; por ende se puede apreciar que existe una mayor uniformidad en el color, sin embargo para lograr una uniformidad total en el cultivo se debe repetir los procesos de selección masal. (Rojas & Pinto, 2013)

Se puede apreciar que el 73 % de los ecotipos estudiados presentan uniformidad, esto puede deberse a la selección previa de la semilla de quinua que fue sembrada, ya que según lo dicho por (Gómez & Aguilar, 2016); lo más común, es encontrar parcelas con quinuas de diversos colores en el tallo principal; solo se observa excepciones cuando se cultiva variedades mejoradas y homogenizadas; particularidad que no posee la quinua tipo Chimborazo en estudio.

El 28 % de ecotipos restantes, presentan una gran variedad de colores en el tallo principal, esto se puede explicar debido a la segregación de colores que se van haciendo presentes en cada generación de quinuas sembradas, esto será evidente hasta que se homogenice el color, de acuerdo a los grupos masales seleccionados posteriormente.

4. Presencia de estrías

La presencia de estrías en el tallo muestra la cantidad de ecotipos que presenten la ausencia, presencia, de estrías en el tallo.

En el gráfico 3 de la frecuencia de la presencia o ausencia de estrías; se puede notar que el 39% de los ecotipos no presentan estrías en el tallo; el 43 % de ecotipos presentan estrías en el tallo principal, y el 18 % de ecotipos tienen ausencia y presencia de estrías en los individuos del ecotipo sembrado.

La variabilidad genética mostrada en la presencia de estrías, se corrobora con lo dicho por (Rojas & Pinto, 2013) quienes dicen que existe una gran variedad de fenotipos en la quinua, aunque estas pertenezcan a una misma raza.

(Gómez & Aguilar, 2016) indican que algunas variedades de quinua han podido ser clasificadas gracias a la presencia o ausencia de estrías, sin embargo, esta cualidad, no es utilizable para agrupar a la quinua tipo Chimborazo, puesto que en los doscientos cuarenta ecotipos estudiados de la quinua en mención, se ha podido apreciar que la presencia o ausencia de estrías es una característica con mucha variabilidad.

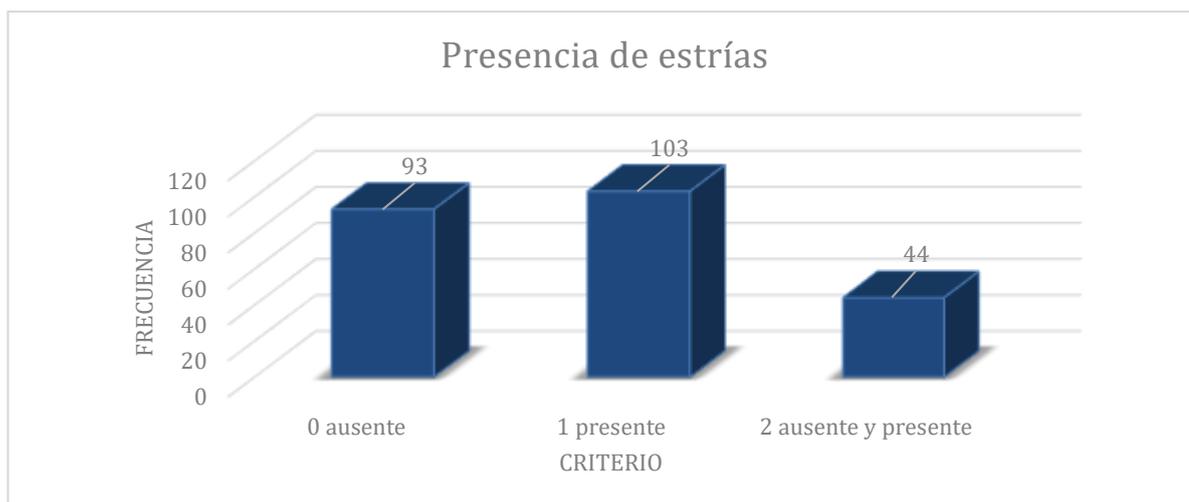


Gráfico 3. Frecuencia de la presencia de estrías.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

5. Color De Las estrías

El color de las estrías presente en 147 ecotipos es el verde, siendo el único color evidenciado en los ecotipos que han mostrado la presencia de estrías.

Al ser las estrías únicamente de color verde, se puede asociar con una característica que puede ser propia de la quinua tipo Chimborazo de panoja roja, que, aunque la presencia de estrías no suele ser obligatoria en este tipo de quinua; cuando esta presenta estrías, será el color verde el que estará presente, puesto que entre los 147 ecotipos que muestran estrías, no se evidenció otro color en las estrías que no sea el verde.

6. Presencia De axilas pigmentadas

La presencia de axilas pigmentadas en el tallo muestra la cantidad de ecotipos que presentan la ausencia o presencia, de axilas pigmentadas en el tallo.

En el gráfico 4 de la presencia de axilas pigmentadas, se puede apreciar, que el 68 % de los ecotipos estudiados muestran ausencia de axilas pigmentadas, y en contraste, solo el 1 % de los ecotipos estudiados presentan axilas pigmentadas, es decir que los ecotipos de quinua tipo Chimborazo de panoja roja que han sido estudiados, en su mayoría, carecen de axilas pigmentadas.

La ausencia y presencia de axilas pigmentadas representan el 31% de los ecotipos estudiados, esta característica es una muestra de la variabilidad fenotípica que presenta la quinua tipo Chimborazo.

Según lo dicho por Gómez y Aguilar (2016), las axilas pigmentadas, son utilizadas para identificar variedades de quinua, sin embargo, esta característica no puede utilizarse para describir a la quinua tipo Chimborazo, puesto que no presenta uniformidad entre los doscientos cuarenta ecotipos de panoja roja.

Por el contrario, el método de selección masal, nos permite homogenizar características, en este caso; al tener el 68 % de ecotipos sin presencia de axilas pigmentadas, se puede utilizar estos ecotipos para obtener semillas que tengan uniformidad en la ausencia de axilas pigmentadas, llegando así a obtener un grupo masal homogéneo en cuanto a esta característica morfológica.

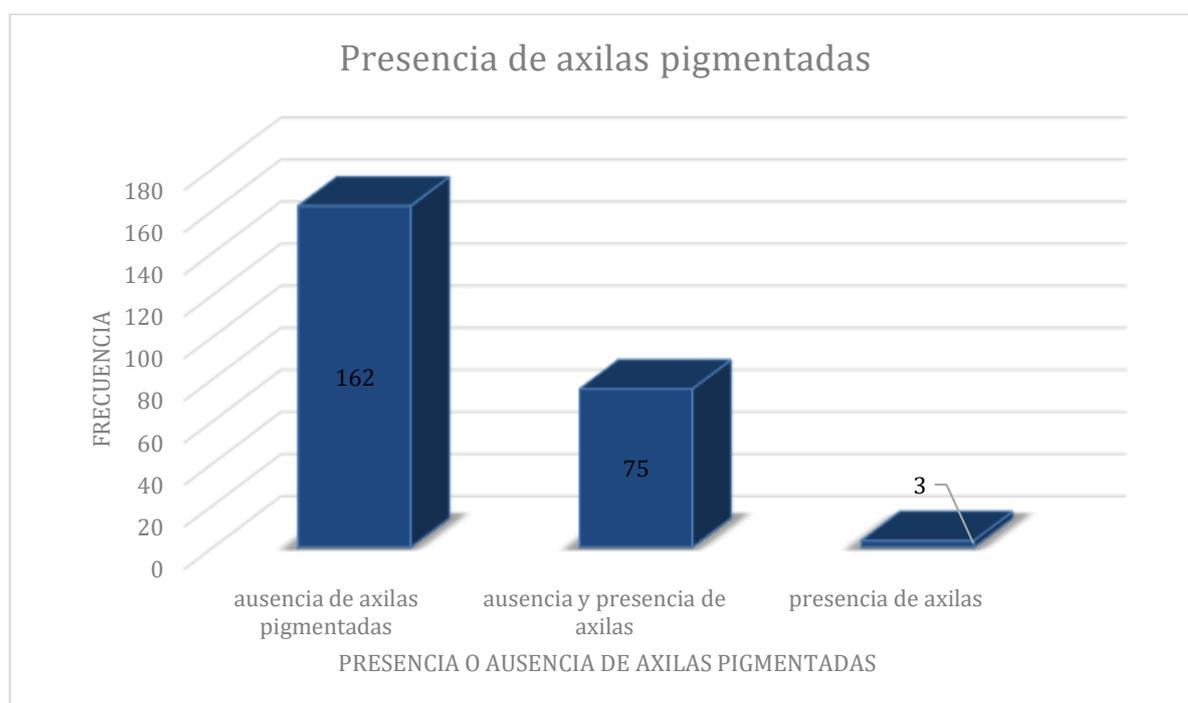


Gráfico 4. Frecuencia de la presencia, ausencia, y presencia y ausencia de axilas pigmentadas.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

7. Forma de la panoja

La forma de la panoja, puede ser Glomerulada, intermedia, y amarantiforme, pero, cuando un ecotipo presenta más de una de las formas mencionadas, se puede decir que el ecotipo presenta mixtura en la forma de la panoja.

La Gráfica 5, de las frecuencias en la forma de la panoja, muestra que en su mayoría las panojas tienen una forma intermedia, representando el 47 % de los ecotipos de la quinua tipo Chimborazo de panoja roja; seguido por la forma glomerulada, la cual representa el 27 % de los ecotipos estudiados, y el 26 % de ecotipos restante, tienen más de una forma de panoja en el mismo ecotipo.

Sin embargo, esto demuestra una contrariedad, con lo descrito por (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989), quienes indican que la quinua tipo Chimborazo, presenta una panoja de forma glomerulada, esto debido a que a través del tiempo, la obtención de semillas de diferentes cultivares, ha causado que se muestren con mayor frecuencia otras formas de panoja.

Según Mujica et al (2001), la forma intermedia de la panoja, presenta características de transición entre la forma amarantiforme y glomerulada; es decir que la mezcla constante de semillas con diferentes formas de panoja, causa la aparición de la forma intermedia, la cual presenta características, tanto de forma glomeruladas y amarantiformes.

La quinua tipo Chimborazo, se caracteriza por presentar alta heterogeneidad, en cuanto a morfología se refiere, por lo que encontrar características diversas en una variable, suele ser común, por lo que hace necesario homogeneizar, y obtener grupos masales uniformes, y de esta manera tener una semilla apropiada para continuar con una producción adecuada y sostenible de quinua tipo Chimborazo.

Pero, para escoger el tipo de panoja, a homogeneizar, es necesario tener en cuenta, el rendimiento, y la apreciación del productor, de esta manera, asegurarse, que los masales a elaborar tendrán la aceptación de los productores de quinua.

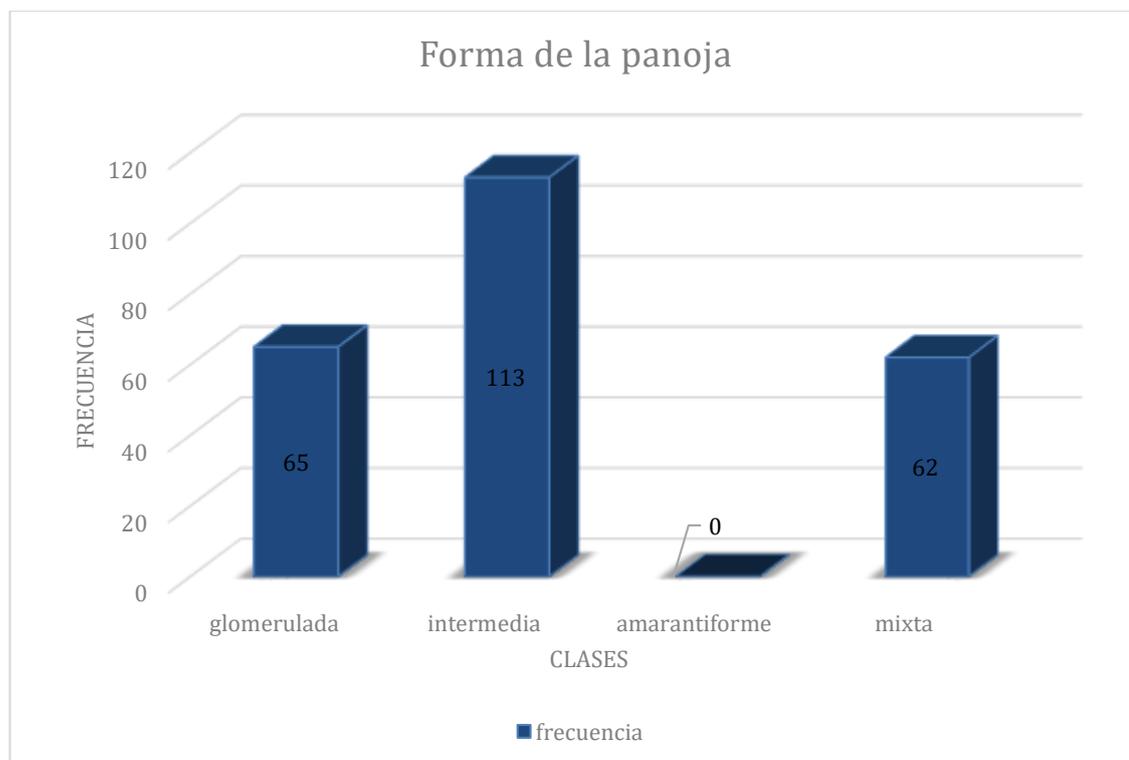


Gráfico 5: Frecuencia en la forma de panoja
 Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

8. Color de la panoja

Los posibles colores a identificar son los establecidos por (Biodiversity International, 2013), y la mixtura es identificada, cuando en un ecotipo, se aprecia más de un color en las panojas de los individuos.

En el gráfico 6 de las frecuencias del color de la panoja, se puede observar que, el color rojo lo poseen 110 ecotipos y representa el 46 % de los ecotipos estudiados, y que es el color con mayor uniformidad, siendo este el más representativo de los colores.

Por otra parte, la mixtura, o des uniformidad en el color de panoja, representa el 49 % de los ecotipos estudiados, esto indica, la heterogeneidad en el color de la panoja entre los doscientos cuarenta ecotipos de quinua tipo Chimborazo de panoja roja.

Podemos apreciar la gran cantidad de colores que se pueden presentar, pese a que los ecotipos fueron seleccionados de colores uniformes, pudiendo apreciar una segregación en el fenotipo de la quinua, en cuanto a color de panoja; y a su vez se comprueba la alta variabilidad genética que posee la quinua tipo Chimborazo.

La variación en colores, es apreciable en varias razas y variedades de quinua, siendo esta una característica que puede servir para establecer líneas promisorias, y realizar el mejoramiento mediante la selección masal. (Fuentes, Maughan, & Jellen, 2009)

Al ser el color rojo, el de mayor influencia, por tener la mayor frecuencia, se puede utilizar para la formación de los masales, y poder obtener quinuas que solo presenten el color rojo en sus panojas, obteniendo un grupo de semillas que muestren características uniformes en la morfología de la planta.

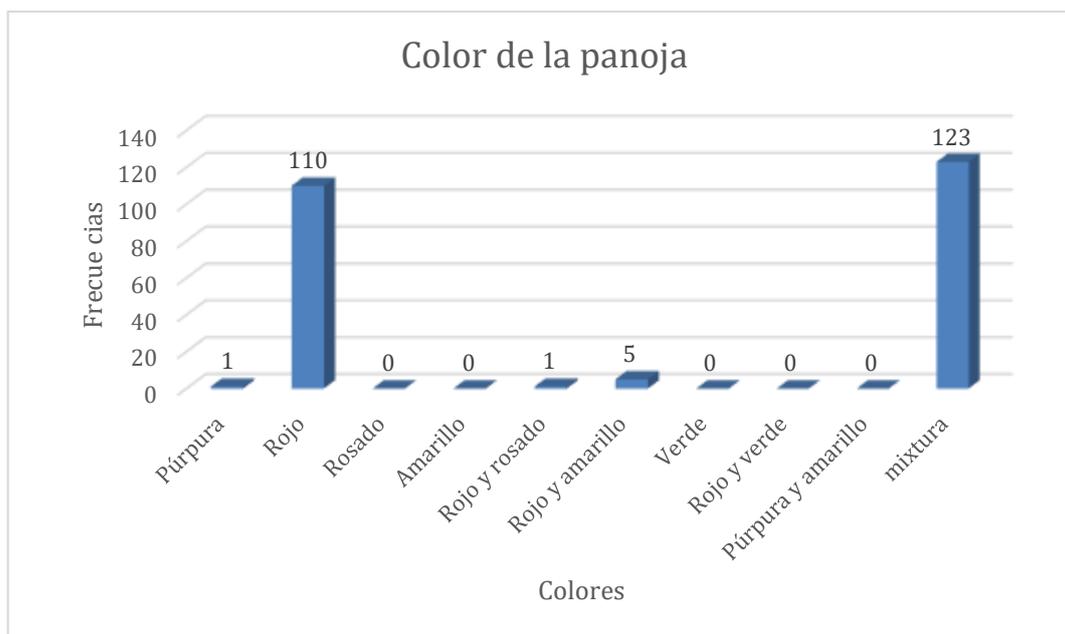


Gráfico 6: Frecuencias del color de la panoja.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

a. Uniformidad en el color de la panoja

En el gráfico de barras de la frecuencia en el color de la panoja (gráfico 6) se puede apreciar que el 49 % de los ecotipos estudiados muestran uniformidad en el color de panoja; y el 51 % de ecotipos tienen individuos con diferentes colores en la panoja.

La característica de desuniformidad muestra que la variabilidad genotípica de la quinua se muestra pese a que los ecotipos fueron seleccionados en base al color rojo; esta característica dificulta la elaboración de grupos masales con características uniformes.

Sin embargo, el 49 % muestra uniformidad, siendo el color rojo el predominante, por lo que se puede utilizar estos ecotipos para la homogenización de características morfológicas, sin descuidar las propiedades agronómicas que poseen estos ecotipos; con el objetivo de que los grupos masales tengan características únicas, con las cuales se diferencien de las demás quinuas comerciales que existen en el mercado local.

B. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Las características agronómicas evaluadas, mediante la estadística descriptiva, están detalladas en la tabla 1.

En la variable altura de la planta el coeficiente de variación es aceptable, y los valores mínimo y máximo son 71,6 cm y 167,6 cm respectivamente; y la media es de 121,4 cm; ubicándose debajo del promedio de lo establecido por (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989), quien manifiesta que la quinua tipo Chimborazo, sobrepasa los dos metros.

Esta variable está relacionada con el diámetro del tallo, ya que, a mayor altura, necesitará un tallo con mayor diámetro, para soportar el peso de la planta.

El coeficiente de variación será bueno, cuando su valor sea menor al 10 %, y si, es superior al 10 % se le considerara no confiable. (López & Hernández, 2016)

Aunque el coeficiente de variación es aceptable en el diámetro del tallo, esto no indica que exista uniformidad, sino que es una característica que es necesario uniformizar, y dar un manejo apropiado, ya que esta característica dependerá mucho de los nutrientes presentes en el suelo.

En la severidad de mildiu; el coeficiente variación es mayor durante la etapa vegetativa, y al llegar a la floración este coeficiente disminuye; la media para la etapa vegetativa, es de 2,92 y al inicio de la floración es de 4,87, es decir que, durante la etapa vegetativa, la enfermedad estuvo presente en el primer tercio de la planta, y después llegó hasta el segundo tercio.

El valor máximo para la etapa de floración y etapa vegetativa fue de 7, indicando que algunos ecotipos tuvieron daño en el tercer tercio de la planta, siendo este valor perjudicial para el rendimiento del cultivo. (Peralta, Mazón, Murillo, & Rodríguez, 2014)

En el diámetro de la panoja, el coeficiente de variación indica que la variación es amplia pero tolerable; sin embargo, las variaciones son las que exigen uniformizar características, puesto que estas tienen influencia en el rendimiento.

El coeficiente de variación de la longitud de panoja, explica una gran cantidad de medidas existentes en esta variable, una de las razones por las que se da esta particularidad, es la presencia de diferentes formas de panoja.

En los días a la floración el coeficiente de variación es aceptable, pero esto explica la variación que puede tener cada ecotipo en llegar a la floración, esta variación es causada por la variabilidad genética y que según (Gómez & Aguilar, 2016) es común que existan tales variaciones.

El coeficiente de variación de los días a la cosecha, indica que existe poca variación, siendo menor a la floración, por lo que se puede asumir que la floración y los días a la cosecha no son directamente proporcionales.

En la columna de espuma o presencia de saponina, el coeficiente de variación es excesiva, lo cual es muestra de una gran variabilidad genética, el valor mínimo es 0 mm, indicando que carece de presencia de saponina, y el valor máximo es de 9,6 mm consideradas amargas.

El rendimiento por planta muestra una variación tolerable, sin embargo, aun así, es excesiva, puesto que hay rendimientos muy bajos y muy altos; siendo el valor mínimo 0,6 g/planta y, el valor máximo es de 11,9 g/planta. Esta variación es lógica cuando se tiene en cuenta que en la panoja existe variación, tanto en diámetro como en longitud.

En la longitud de semilla el coeficiente de variación es de 17,21, siendo este un valor aceptable, pero, aún existen diferencias grandes entre las semillas, viéndose necesario buscar la homogenización del tamaño de semilla, para las actividades de transformación e industrialización.

Cuadro 1: Valor mínimo (Min), valor máximo (Max), media (M), coeficiente de variación (CV), y desviación estándar (DE), de las características agronómicas de doscientos cuarenta ecotipos de quinua tipo Chimborazo de panoja roja.

Variable	M	D.E.	CV	Min	Max
Altura de planta	121,4	19,8	16,31	71,6	167,6
Severidad de mildiu en etapa vegetativa	2,92	1,29	44,37	2	7
Severidad de mildiu al inicio de la floración	4,87	0,91	18,78	3	7
Diámetro de la panoja	30,29	13,56	44,76	13,4	80,2
Longitud de la panoja	22,92	8,14	35,52	8	68,8
Días a la floración	121	18,5	15,6	100	167
Días a la cosecha	211,43	15,51	7,34	192	240
Columna de espuma	4,34	2,83	65,07	0	9,6
Rendimiento por planta	4,37	1,84	42,07	0,6	11,9
Longitud de semilla	2,04	0,35	17,21	1,6	5,5

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

1. Altura de la planta

En el gráfico 7 de la altura de la planta, se puede apreciar que, de las siete clases existentes, la de mayor frecuencia es la cuarta, teniendo en promedio una altura de 119.60 cm, y representando el 33 % de los ecotipos.

La clase con el promedio de altura más pequeño, apenas representa el 5% del estudio (11 ecotipos), y la clase de mayor altura solo representa el 6 %. (14 ecotipos), la clase con mayor frecuencia es la cuarta, teniendo en ella 80 ecotipos.

La variación existente puede depender de varios factores, siendo uno de ellos el genético, sin embargo, según (Mujica, *et al.* 2001), la quinua es muy exigente en nutrientes por lo que el tamaño de la planta se ve también relacionado con la fertilidad del suelo.

La quinua tipo Chimborazo puede llegar a medir hasta dos metros según (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989), pero ningún ecotipo de los estudiados, llegó a obtener esta medida, por lo que los ecotipos estudiados muestran ser de menor tamaño, lo cual resulta ser favorable a la hora de la cosecha, puesto que implica menor esfuerzo, teniendo en cuenta que en Chimborazo la cosecha se realiza de forma manual.

Las diferencias de altura, también se deben a la variabilidad genética que posee la quinua, debido a que la altura de la planta no influye en el rendimiento de la planta, y plantas de pequeñas longitudes pueden tener producciones adecuadas. (Fuentes, Maughan, & Jellen, 2009)

El 94% de los ecotipos son más pequeños, que la quinua comercial utilizada como testigo, pero, al no ser significativa la altura con el rendimiento, se descarta que los ecotipos pequeños, tengan inferioridad en relación con el testigo.



Gráfico 7: Clases y medias de altura de la planta.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

2. Severidad de mildiu en etapa vegetativa

En el gráfico de barras mostrado en el gráfico 8, de la severidad de mildiu en etapa vegetativa, se puede apreciar que 174 ecotipos, presentan ataque de mildiu en el primer tercio de la planta; por el contrario, el 1% de los ecotipos en estudio, muestra un ataque en el tercer tercio de la planta, y 63 ecotipos muestran ataque en el tercio medio de la planta.

El testigo muestra que en esta etapa de la planta el ataque de mildiu solo llega hasta el primer tercio de la planta, al compararlo con los ecotipos en estudio, podemos notar que se asemeja al 73 % de los ecotipos estudiados, puesto que estos 174 ecotipos muestran que son atacados solo en el primer tercio de la planta.

El mildiu es el patógeno con más severidad en la quinua, siendo este el que causa la disminución en el área fotosintética, y por ende disminuye el rendimiento. (Gómez & Aguilar, 2016). Por lo que el 73 % de los ecotipos estudiados tienen ventajas con respecto a este patógeno ya que solo son atacados en el primer tercio de la planta, durante la etapa vegetativa.

El hecho de que la mayoría de ecotipos presenten un ataque solo en el primer tercio de la planta, hace más fácil la prevención y control de esta enfermedad, con lo que es más fácil para el productor asegurar el rendimiento de su cultivo de quinua.

Ya que solo el 1 % de los ecotipos muestra el ataque en el tercio superior, se puede decir que, el ataque de mildiu a la quinua tipo Chimborazo de panoja roja, se presenta con mayor frecuencia

en el primer tercio de la planta, siendo esto favorable para la producción de quinua, ya que los costos de producción no aumentan con el uso de productos para el control de esta enfermedad.

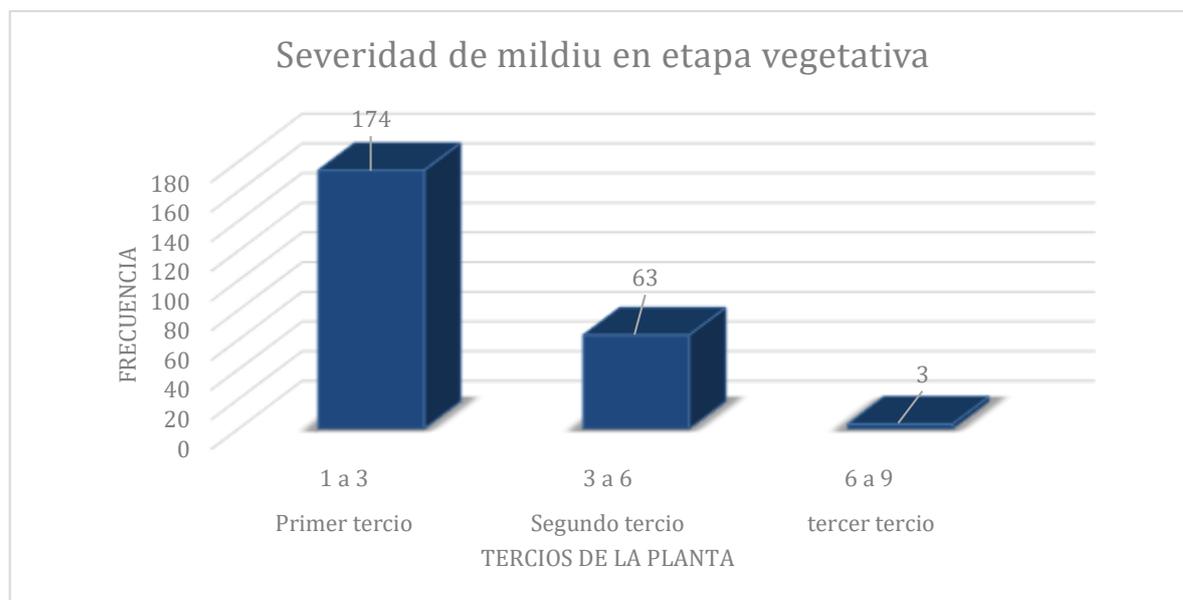


Gráfico 8: Frecuencia de la severidad de mildiu en etapa vegetativa.
 Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

3. Severidad de mildiu al inicio de la floración

En el gráfico de barras mostrado en el gráfico 9, de la frecuencia de la severidad de mildiu al inicio de la floración, se puede apreciar que 228 ecotipos, presentan el ataque de mildiu (*Peronospora variabilis*), en el segundo tercio de la planta, representando el 95 % de los ecotipos estudiados; por el contrario, solo 3 ecotipos que representan el 1% del estudio, muestra el ataque de mildiu en el primer tercio de la planta , y 9 ecotipos muestran ataque de mildiu en el tercer tercio de la planta.

Esta información nos indica que, al no existir el control adecuado, la enfermedad avanza respectivamente, pese a esto, los ecotipos muestran en ambas etapas fenológicas, que el ataque no suele ser mayor en el tercer tercio de la planta. Favoreciendo a que la produciendo no se vea mermada a causa de esta enfermedad. (Peralta et al, 2014)

Al comparar con el testigo se puede apreciar que éste, tiene el mismo comportamiento que el 95 % de los ecotipos, es decir, también es atacado en el segundo tercio de la planta, por lo que tiene una semejanza muy alta en cuanto a la severidad del ataque de mildiu en esta etapa. Fenológica.

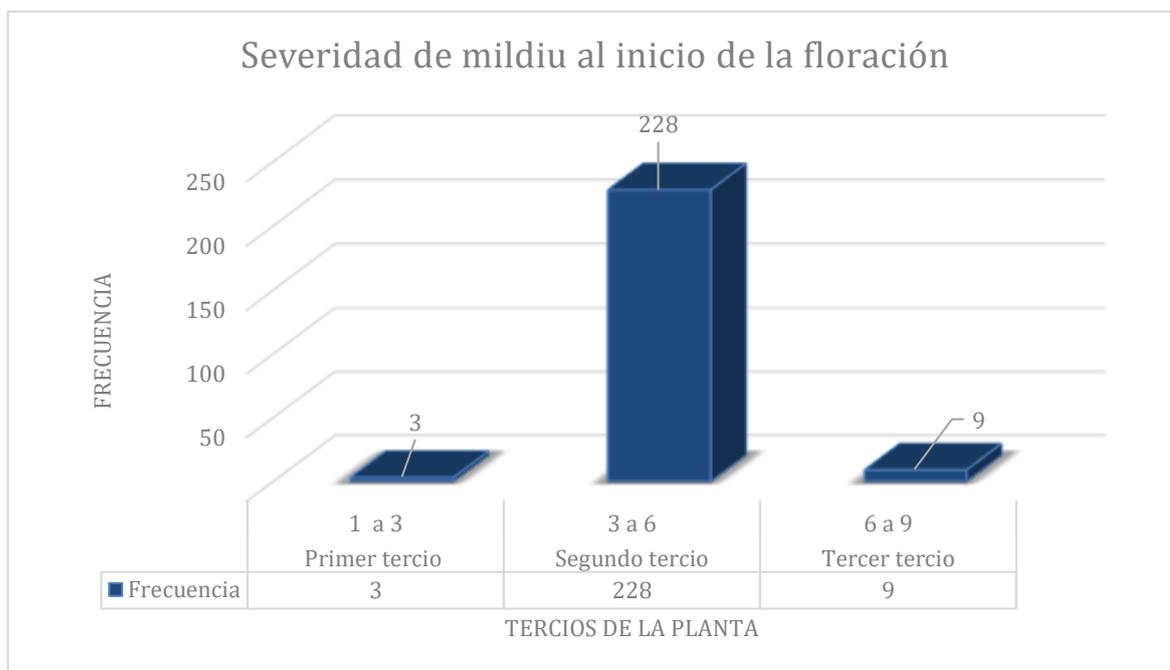


Gráfico 9. Frecuencia de la severidad de mildiu al inicio de la floración.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

4. Longitud de panoja

De las siete clases establecidas para la longitud de panoja (Gráfico 10), se puede apreciar que, en la segunda clase, que en promedio la panoja mide 21.03 cm, se encuentran 129 ecotipos, representando el 54% de los ecotipos estudiados, siendo esta clase la más representativa del estudio

En la primera clase, se encuentran, 45 ecotipos, estos están debajo del rango establecido por (Gómez y Aguilar, 2016), quienes indican que el rango de longitud de panoja está entre 15 y 70 cm, sin embargo, el resto de ecotipos, muestran una longitud dentro del rango establecido.

Al comparar con el testigo, se puede notar que la longitud de panoja del testigo, concuerda con el cuarto rango el cual representa el 4 % del estudio de la variable, pudiéndose determinar que la mayoría de las panojas son de panojas pequeñas, y que se diferencian notoriamente con el testigo.

Con los resultados obtenidos se puede deducir que la quinua tipo Chimborazo de panoja roja, es por lo general de panojas pequeñas, y esta medida tiene cierta relación con la altura de la planta, y el diámetro de la planta, pudiendo determinar que los doscientos cuarenta ecotipos de quinua, son pequeños en comparación con la quinua comercial utilizada de testigo.

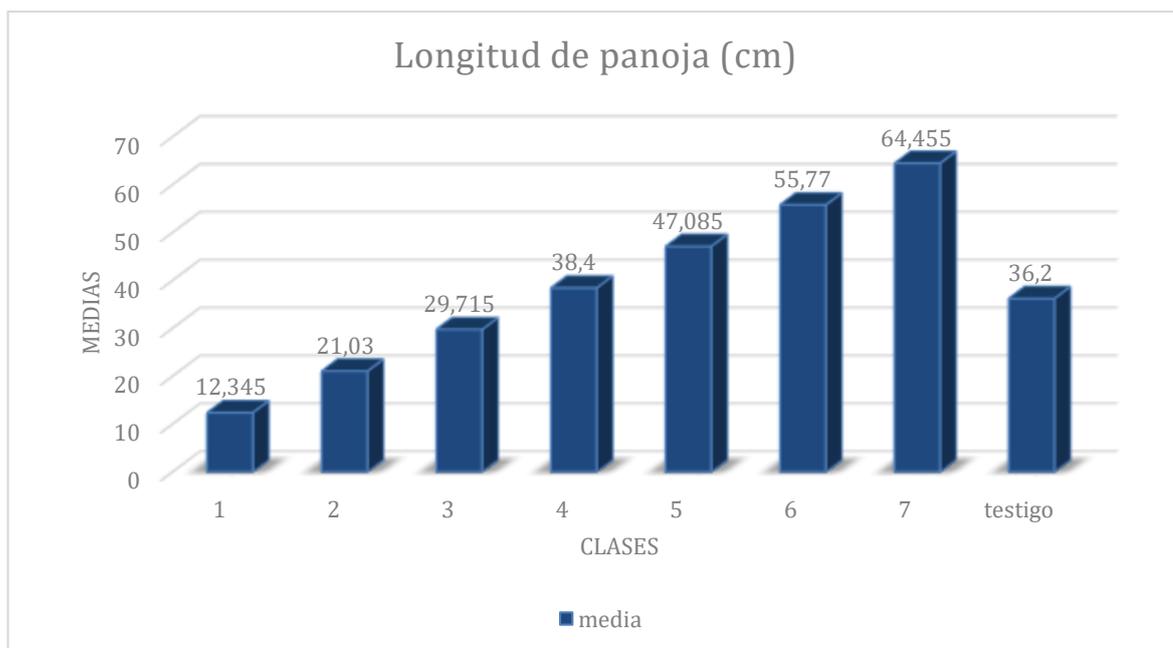


Gráfico 10. Clases y medias de la longitud de la panoja.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

5. Diámetro de la panoja

El gráfico de barras de la variable diámetro de la panoja (Gráfico 11), se observa que la primera clase, que corresponde a los diámetros más pequeños es el que posee el mayor número de ecotipos, siendo 90 ecotipos los que entran en esta clase, y representando el 40 % del total de ecotipos estudiados; de igual manera, el segundo rango, representa un porcentaje considerable de 29% con 70 ecotipos en él.

A diferencia de la séptima clase, que es la de mayor tamaño, teniendo 4 ecotipos con diámetros de panoja que encajan en este rango y que representan el 2 % de los ecotipos estudiados. Siendo notorio, que más del 50 % de los ecotipos estudiados presentan panojas con un diámetro pequeño.

Según Mujica et al. (2001) las panojas de forma glomerulada, son más anchas que las amarantiformes e intermedias, esto explicaría la razón de que el diámetro de las panojas, sean pequeñas, ya que, la mayoría de los ecotipos presentar panojas de forma intermedia.

Al comparar el diámetro de panoja de los ecotipos con el diámetro de panoja del testigo, nos muestra, que los diámetros se asemejan a los de la segunda clase, siendo esta clase, la segunda más pequeña en cuanto al diámetro de panoja, esto nos indica que los ecotipos estudiados, tienen similitud con el testigo, y que pueden competir sin ningún problema en el mercado local.

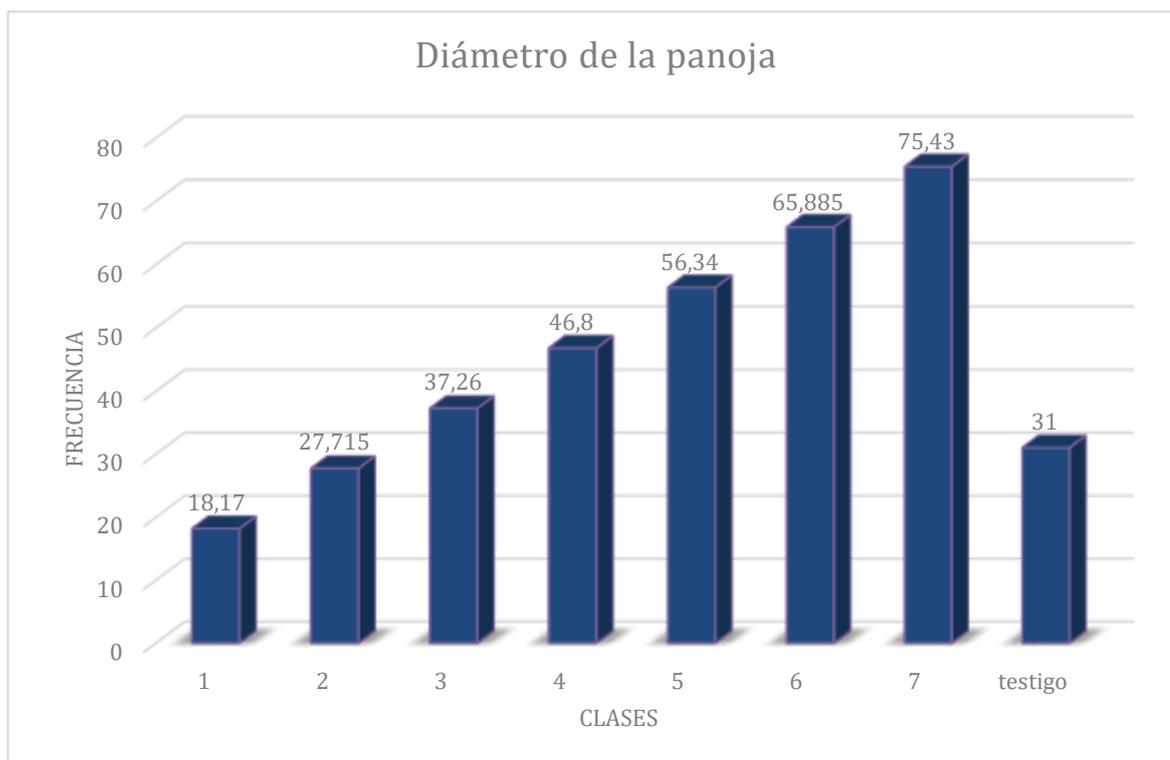


Gráfico 11. Clases y medias del diámetro de la panoja.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

6. Días a la floración

En los días a la floración (Gráfico 12), se puede apreciar que el 29 % de los ecotipos, es decir 70 ecotipos, tienen un promedio de días a la floración de 104.78 días, siendo este grupo el más precoz en florecer.

La séptima clase con una frecuencia de 24 ecotipos representa el 10 % de las unidades estudiadas; tiene en promedio 162,215 días a la floración; siendo esta la clase más tardía en la llegar a la floración.

La variación que existe en la floración, indica la desuniformidad con la que el cultivo avanza en cada etapa fenológica, esto representa una complicación al momento de planificar las actividades a realizarse en el cultivo puesto que cada etapa fenológica requiere su particular atención.

Gómez & Aguilar (2016) indican que la floración puede tener una duración promedio de 77 días, la duración dependerá del genotipo de cada variedad, sin embargo, este proceso es heterogéneo dentro de una misma variedad, lo que causa una fuerte necesidad de homogenizar esta cualidad que poseen las variedades de quinua.

La distancia de siembra y las ramificaciones influyen en la uniformidad de la floración, ya que, a mayor ramificación en la planta, la homogeneidad en floración disminuye. (Basantes, 2015)

Sin embargo, el hecho de que unos ecotipos florezcan, antes o después que los demás, no implica que madurarán de igual manera puesto que, la maduración del fruto no está completamente ligada a la floración según lo indica Gómez y Aguilar (2016), quienes manifiestan que el rango para obtener la maduración del fruto esta entre 80 y 190 días después de la floración, por lo que para determinar la precocidad de un ecotipo es necesario tener en cuenta los días a la cosecha.

En comparación con el testigo, los doscientos cuarenta ecotipos muestran tener menos días a la floración, siendo esta una cualidad favorable para los ecotipos en estudio, ya que la etapa de la floración es la más susceptible a condiciones ambientales desfavorables como las heladas, y con mayor precocidad a la floración es posible esquivar condiciones ambientales que afecten la producción.

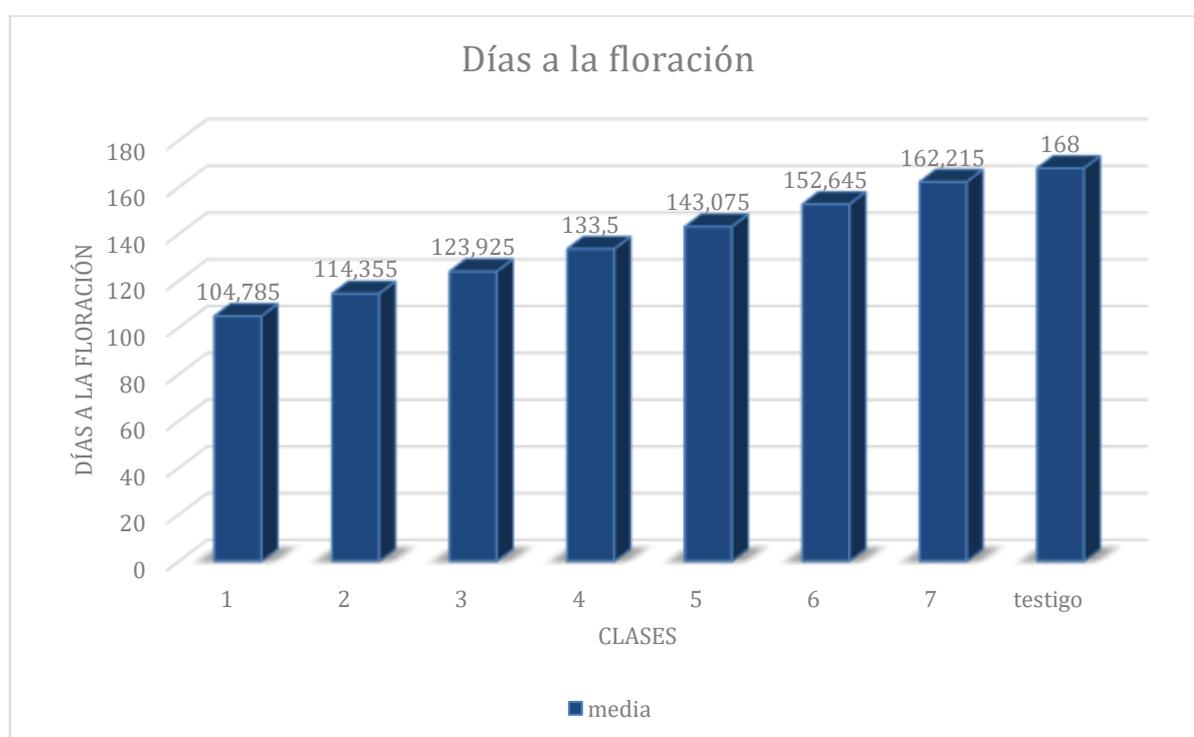


Gráfico 12: Clases y medias de los días a la floración.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

7. Días a la cosecha

En el gráfico 13 se puede apreciar que la clase con mayor ecotipos presentes, es la tercera y representa el 34.17 % de los ecotipos, teniendo en ella 82 ecotipos.

La primera clase, que en promedio tiene 195,43 días a la cosecha, es la segunda con mayor frecuencia, y esta a su vez es la clase con más precocidad, teniendo en cuenta que los días a la cosecha indican el fin del ciclo de cultivo.

Estos ecotipos que han sido previamente, muestran una gran variación, en los días a la cosecha, puesto que los ecotipos tienden a comportarse de una manera heterogénea. Sin embargo estos ecotipos de quinua tipo Chimborazo, previamente seleccionados, contrastan la información obtenida por (Gandarillas, Nieto, & Castillo, 1989) quienes indican que la quinua tipo Chimborazo, es una raza tardía, ya que en el estudio se ha encontrado que hay mayor cantidad de ecotipos precoces, en comparación con los tardíos.

Esta cualidad tiene gran importancia para el estudio, pues los ecotipos precoces pueden ser utilizados para evitar condiciones ambientales desfavorables para el cultivo de quinua, y mejorar rendimientos por parcela.

En comparación con el testigo que ha presentado 250 días a la cosecha, se puede notar claramente que los doscientos cuarenta ecotipos son más precoces en maduración; existiendo una diferencia de más de un mes y medio entre el testigo (quinua comercial) y los 63 ecotipos que se ubican en el primer rango, siendo esta las más precoces; demostrando que el testigo es mucho más tardío que los ecotipos en estudio. Esto es similar a los estipulado por (Basantes, 2015) quien manifiesta que la quinua comercial tipo Chimborazo, es una variedad tardía.

Los ecotipos que presentan precocidad, muestran una ventaja significativa, en comparación con la quinua comercial, sin embargo, es necesario relacionar la precocidad con el rendimiento, para poder establecer si la precocidad en el ciclo de cultivo, no afecta el rendimiento por planta.

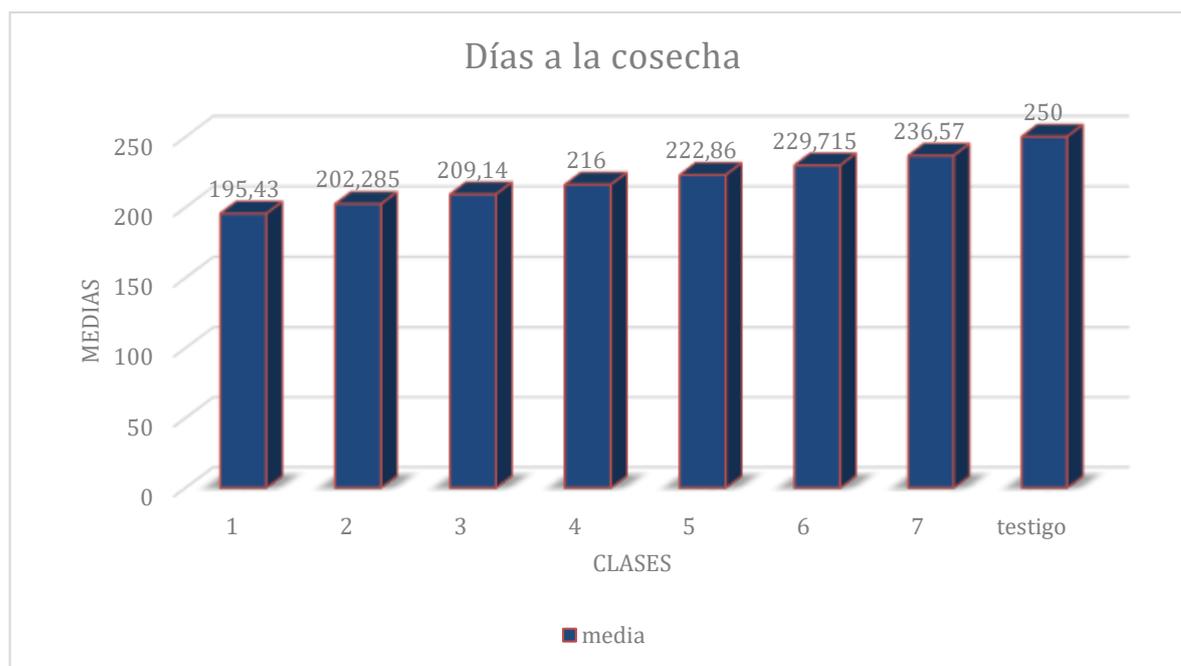


Gráfico 13. Clases y medias en los días a la cosecha.
Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

8. Longitud de la semilla

En el gráfico de barras de la variable longitud de la semilla, (Gráfico 14), se puede apreciar que, de las siete clases establecidas; las dos primeras, ocupan el 99.2 % de todos los ecotipos, es decir 238 ecotipos pertenecen a estas dos clases, que son las que presentan las longitudes más pequeñas, y, tan solo 2 ecotipos los cuales representan el 0.8 % de los ecotipos pertenecen a la clase de las semillas más grandes; pudiendo notar claramente que en su mayoría los ecotipos de quinua tipo Chimborazo de panoja roja, tienen semillas pequeñas.

Al comparar con el testigo, el cual presenta una longitud de semilla de 2,10 mm, podemos afirmar que tiene una gran similitud con las dos primeras clases las cuales representan el 99.2 % del estudio de la variable; diferenciando solo con dos ecotipos los cuales muestran semillas grandes en comparación con el testigo.

Con los resultados obtenidos se puede decir, que la quinua tipo Chimborazo, tiene semillas de entre 1,9 mm y 2,4 mm de longitud, y al ser similar a la longitud de semilla, del testigo, podemos establecer estas semillas pueden competir en el mercado local, y pueden ser utilizadas para industrialización puesto que su longitud es similar a las comúnmente utilizadas en el país.

El tamaño de semillas, encontradas en este estudio, es comparable con lo que estipula (Basantes, 2015), indicando que la quinua tipo Chimborazo, tiene semillas de tamaño pequeño; sin embargo los dos ecotipos que presentan semillas grandes, pueden ser utilizadas para líneas promisorias, debido a que posee una característica apreciada por los productores. (Fuentes, Maughan, & Jellen, 2009)

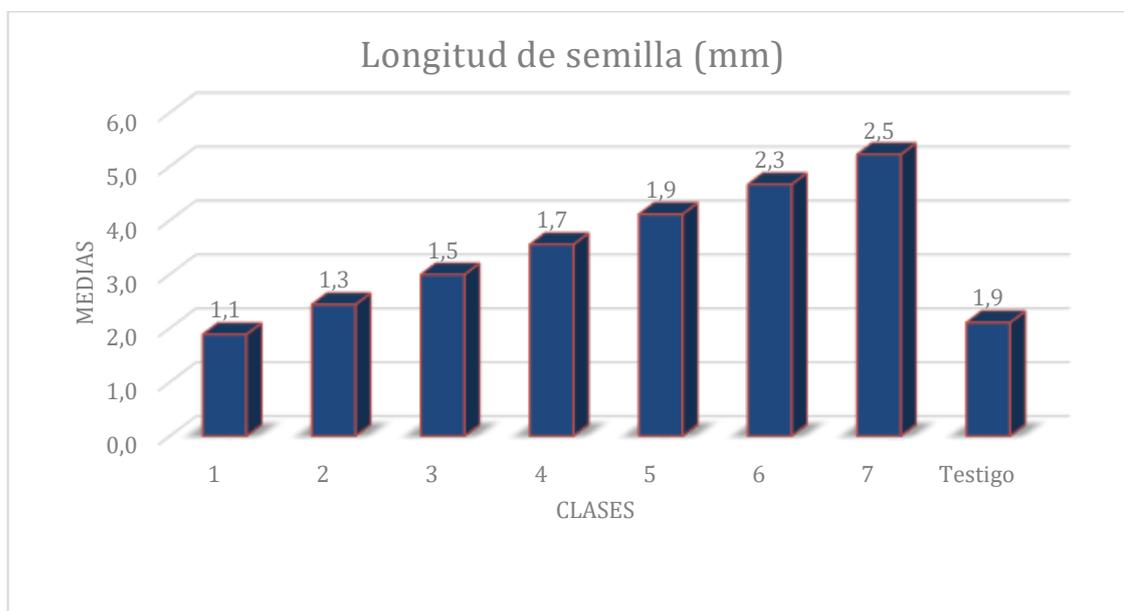


Gráfico 14. Clases y medias de la longitud de semilla.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

9. Rendimiento por planta

En el gráfico de barras del rendimiento por planta (Gráfico 15), se puede apreciar que la clase con mayor número de ecotipos, por ende, quien representa un mayor porcentaje en el estudio de la variable, es la tercera, que establece un promedio 4,6 de gramos por planta, ubicando 86 ecotipos y representando el 35.83 %; por el contrario, la séptima clase, que es el que representa mayor rendimiento por planta, ocupa tan solo 3 ecotipos y representan el 1.25 % del estudio de la variable.

La primera clase representa el 11,25 % de los ecotipos, siendo esta clase, la de menor rendimiento de entre las 7 clases.

Al comparar con el rendimiento por planta que presenta el testigo; es posible asociar el rendimiento del testigo con el que presentan los 86 ecotipos que se encuentran dentro de la tercera clase lo que indica que los ecotipos estudiados, en su mayoría, no están fuera del rango de rendimiento de la quinua comercial. (Basantes, 2015), lo que es positivo teniendo en cuenta de que no se ha realizado fertilizaciones en este ensayo.

Además, es posible apreciar que tanto el testigo como los ecotipos estudiados muestran un rendimiento medio y bajo, teniendo en cuenta que apenas 3 ecotipos es decir 1,25 % del estudio tienen el mayor rango de rendimiento.

Sin embargo, el hecho de que exista rendimientos altos, en algunos ecotipos, nos indica que el potencial genético de la quinua tipo Chimborazo puede ser explotado de mejor manera. Puesto que la séptima clase presenta un rendimiento de 5,15 t/ha, lo cual supera a lo dicho (Monteros, 2016), quien indica, que los rendimientos de quinua con un buen manejo pueden llegar a 3 t/ha en la provincia de Chimborazo, siempre y cuando, se aproveche todo el grano que produzca la planta.

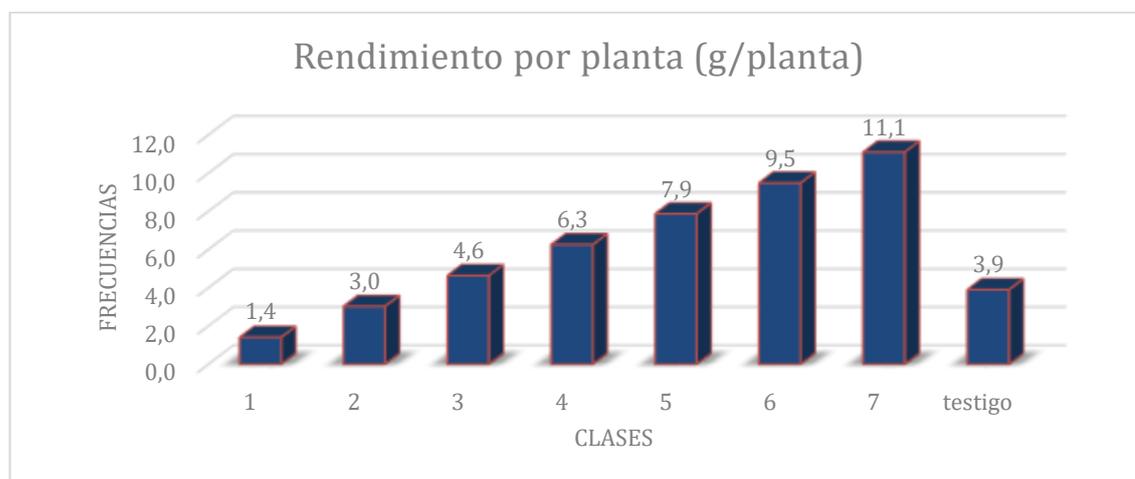


Gráfico 15. Clases y medias, del rendimiento por planta.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

10. Columna de espuma (Saponina)

En el gráfico de barras de la tabla de rangos y frecuencias de la columna de espuma (saponina), (Gráfico 16), se puede apreciar que el 25.42 % perteneciente al primer rango, dentro del cual se encuentran las semillas que, por su columna de espuma, se les considera dulces, es decir 61 ecotipos tienen la característica de ser dulce y el resto de ecotipos, aunque con diferentes medidas en la columna de espuma, son consideradas como amargas.

La presencia de saponina en el testigo es de 5,0 cm, este valor al compararlo con los ecotipos estudiados; podemos decir que tiene una similitud con alrededor del 75 % de los ecotipos estudiados, puesto que tan solo el 25,42 %, tienen la característica de ser dulce por lo que, se podría asumir que en su mayoría la quinua tipo Chimborazo es amarga, al igual que la quinua comercial utilizada de testigo.

La presencia de saponina es una característica perjudicial, cuando de industrialización se trata, ya que la Norma Andina NB 0038, indican que el contenido de saponina debe ser menor 0.12 %, y que la quinua comercial al ser amarga, necesita un proceso de lavado para lograr industrializarla. (Basantes, 2015)

El 25.42 % de los ecotipos en estudio, tienen la característica de ser dulces, por su bajo o nulo contenido de saponina, lo que es una ventaja si se pretende realizar derivados de la quinua y darle valor agregado, siendo estos ecotipos de gran utilidad para mejorar la economía de las asociaciones que se dedican a esta actividad. (Peralta, Mazón, Murillo, & Rodríguez, 2014)

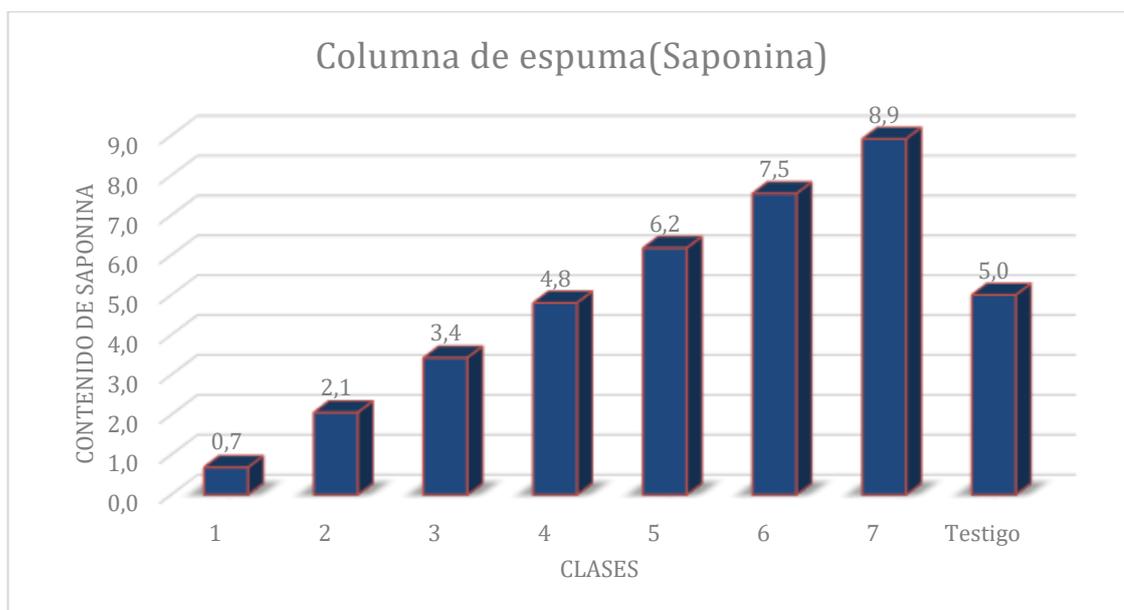


Gráfico 16. Clases y medias de la columna de espuma (saponina)

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

C. ANALISIS DE CORRELACIÓN

Para determinar si dos variables cuantitativas tienen influencia una de la otra, utilizamos los valores de la correlación de Pearson. Si el valor de R es mayor a 0,6, se dirá que las dos variables están estrechamente relacionadas. (Rodríguez, 2002)

1. Severidad de mildiu en etapa vegetativa vs severidad de mildiu al inicio de la floración

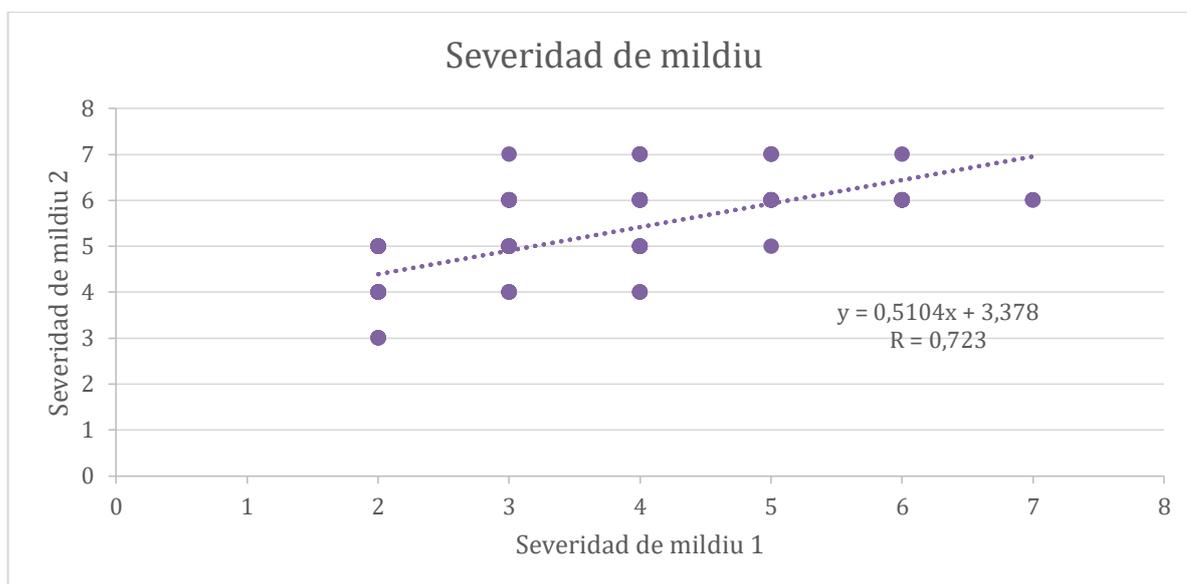


Gráfico 17. Correlación entre severidad de mildiu en etapa vegetativa y severidad de mildiu al inicio de la floración.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el gráfico 17 del coeficiente de correlación entre severidad de mildiu en etapa vegetativa y severidad de mildiu al inicio de la floración, el valor de R es de 0.723, indicando que existe una fuerte relación entre ambas variables, al mismo tiempo que explica que mientras va aumentando el valor de Severidad de mildiu en etapa vegetativa, también aumenta el valor de severidad de mildiu al inicio de la floración.

Con estos valores podemos darnos cuenta que la presencia de esta enfermedad aumenta mientras va madurando la planta; esto si no se realiza un control efectivo contra la enfermedad.

Esta correlación implica la necesidad de implementar un sistema de control de mildiu, pues to que según lo dicho por (Gómez y Aguilar, 2016), esta enfermedad es la que causa más pérdidas en la producción de quinua.

La correlación que existe entre las dos etapas fenológicas, nos muestra la importancia de controlar a tiempo esta enfermedad puesto que según (Gómez y Aguilar,2016), esta enfermedad, puede mermar entre el 10 y 30 % de la producción, lo que causaría pérdidas altas al productor.

2. Días a la floración vs días a la cosecha

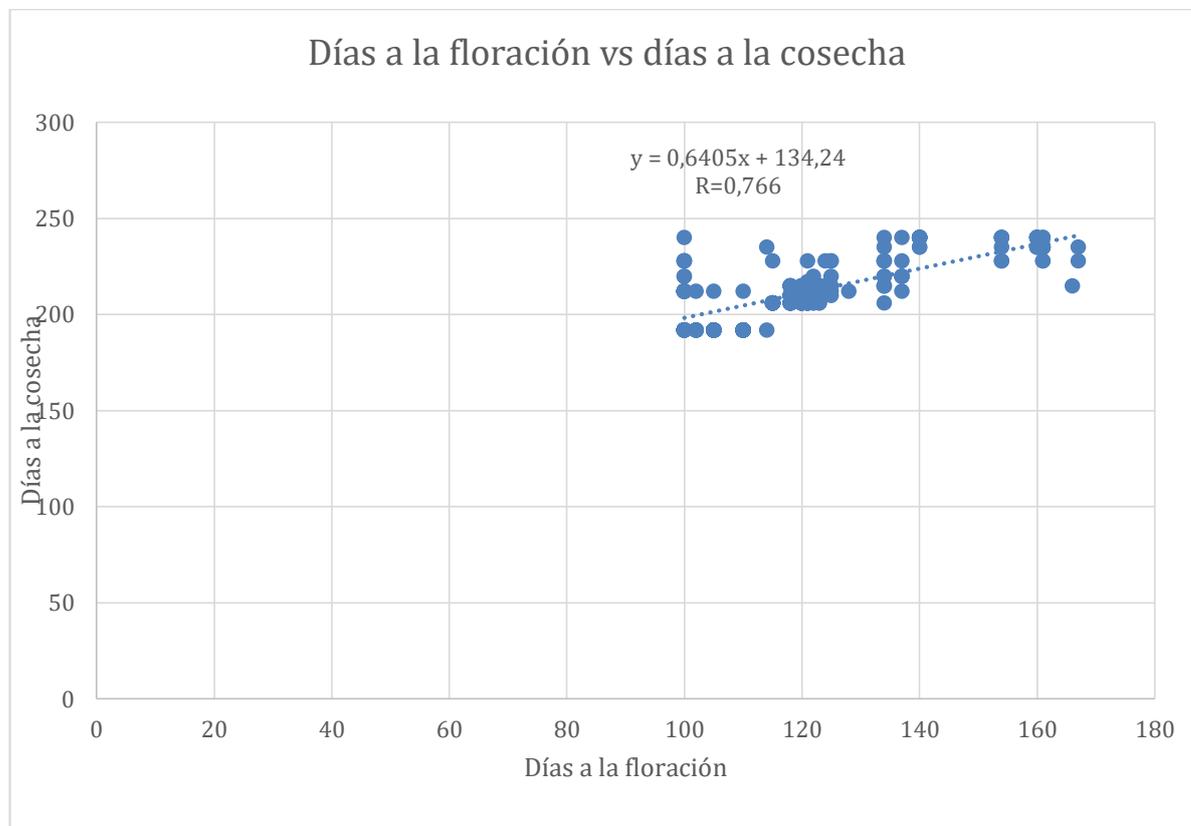


Gráfico 18. Correlación entre días a la floración y días a la cosecha.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el gráfico 18 se puede apreciar que el coeficiente de relación es bastante fuerte, ya que su valor 0,766, indica la estrecha relación que muestra entre los días a la floración y los días a la cosecha, por lo que se puede deducir que a medida que aumenta los días a la floración también aumentan los días a la cosecha.

Sin embargo, también nos indica que, al haber un amplio lapso en el inicio y fin de la floración, también existe un lapso similar en los días a la cosecha, por lo que las cosechas se tienen que realizar en diferentes fechas, esto presenta una desventaja, ya que las condiciones climáticas como la precipitación pueden dañar la producción cuando aún se encuentra en parcela. (Peralta, Mazón, Murillo, & Rodríguez, 2014)

Aunque hay una relación entre la floración y la cosecha, también es posible notar que ciertos ecotipos que poseen el mismo día a la floración, tienden a madurar en forma diferente, esto debido a que el rango de maduración es bastante amplio, y la genética de la quinua, tiene ese particular,

de no madurar de forma uniforme; por ende, la necesidad de agrupar los ecotipos que muestren días a la cosecha similares.

3. Diámetro de panoja vs longitud de panoja.

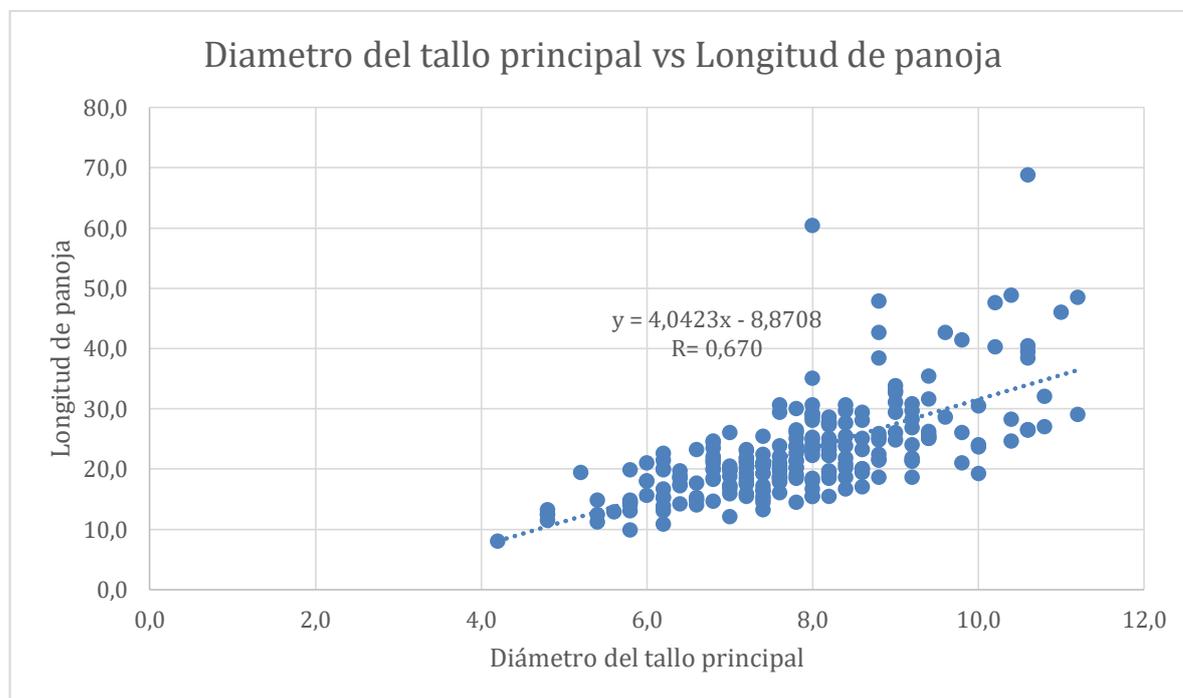


Gráfico 19. Correlación entre diámetro del tallo principal vs longitud de panoja
Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el gráfico 19 se muestra una fuerte relación entre las variables, diámetro del tallo principal, y longitud de panoja; indicando que mientras el diámetro del tallo principal va aumentando, también la longitud de panoja va en aumento.

Esta relación que fuerte, indica que el diámetro del tallo principal, tiene una influencia directa en la longitud de panoja que presentará la planta, y en el fenotipo de los ecotipos estudiados.

La relación es lógica, puesto que, a mayor longitud de planta, necesitará un diámetro más grande para poder soportar el peso de la parte superior de la planta. (Fuentes, Maughan, & Jellen, 2009)

Esta correlación debe ser tomada en cuenta, puesto que según (Puentestar, 2017), la distancia entre plantas incidirá en el diámetro del tallo principal, por lo que es necesario, realizar los raleos necesarios para tener plantas que tengan el diámetro de tallo, y tamaño de panoja apropiados para una buena producción.

4. Diámetro de tallo vs altura de planta

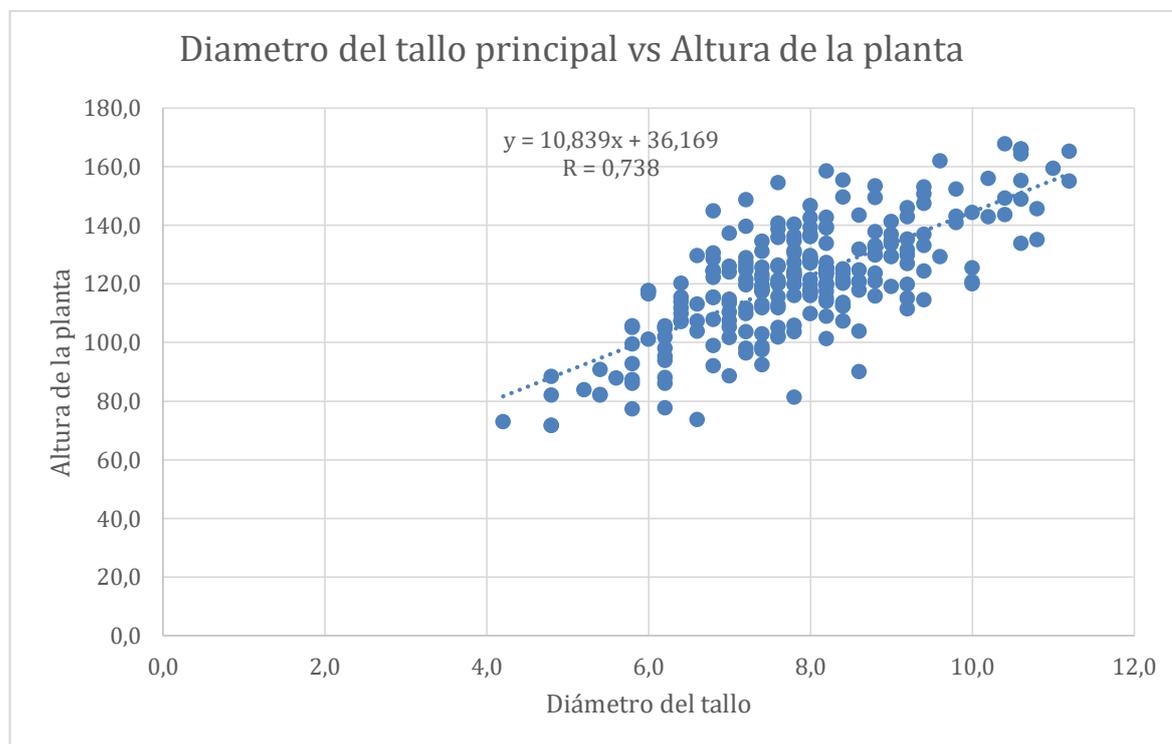


Gráfico 20. Correlación entre diámetro del tallo principal y la altura de la planta
Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el gráfico 20, podemos apreciar el coeficiente de correlación es de 0,738, indicando una relación fuerte entre las dos variables.

También nos indica que a medida que el tallo aumenta su diámetro, también la altura de la planta va en aumento. La relación entre estas dos variables tiene concordancia lógica puesto que a mayor altura necesitará un tallo más grueso para poder soportar el peso, y la fuerza del viento.

Sin embargo, el hecho de tener plantas altas y con buen diámetro de tallo, no indica que se obtenga un mayor rendimiento, puesto que no existe correlación entre la altura de la planta con el rendimiento, pero, las plantas con buena morfología, podrán producir a pesar de condiciones ambientales desfavorables.

5. Altura de planta vs longitud de panoja

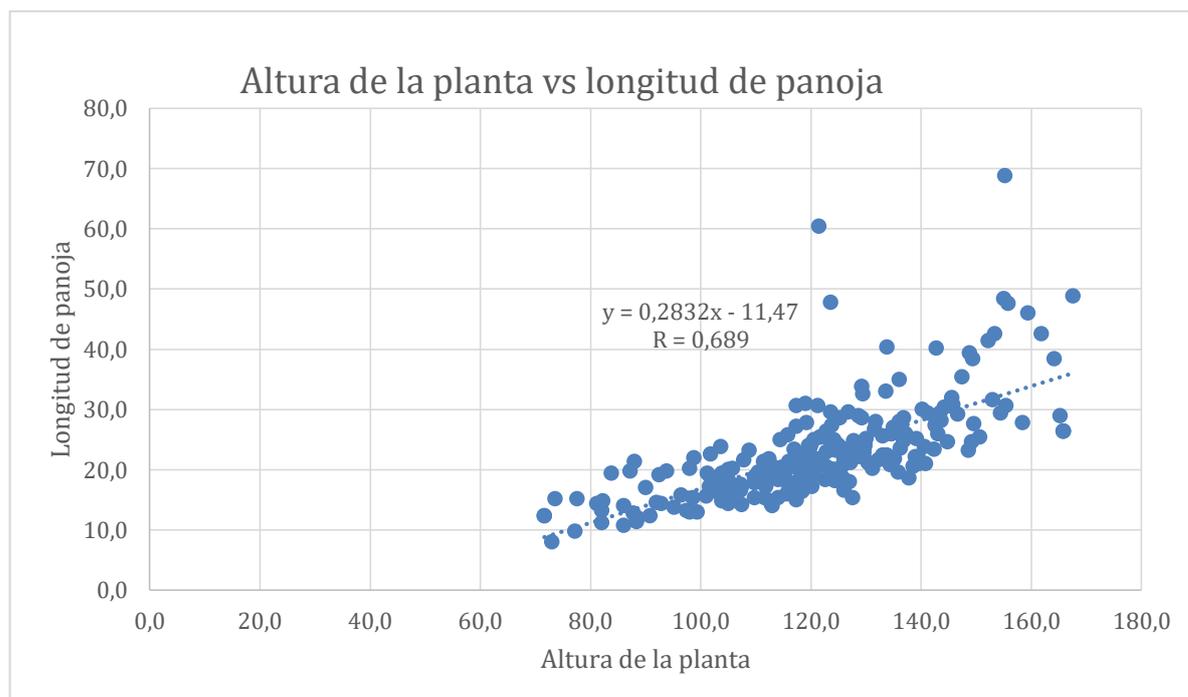


Gráfico 21. Correlación entre altura de la planta y longitud de panoja.

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el gráfico 21 se puede apreciar la fuerte relación que presenta la altura de la planta con la longitud de panoja, puesto que a medida que la altura de la planta va en aumento también aumenta la longitud de panoja.

Podemos notar que esta relación se asemeja a la mostrada en la figura 10.23 entre el diámetro del tallo y la longitud de la panoja, pudiendo percibir que, a mayor altura y mayor diámetro, también aumentará de manera casi proporcional la longitud de panoja.

Con estos datos podemos decir que una planta de quinua tipo Chimborazo de panoja roja que presente un diámetro ancho de tallo, una altura de planta alta, también presentará una panoja de buena longitud de panoja.

D. ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis de componentes principales es utilizado para describir un conjunto amplio de datos, y representarlo en términos de nuevas variables; estas nuevas variables se determinan según la varianza que poseen los datos. Esta técnica sirve para convertir un conjunto de datos que pueden tener correlación, en nuevas variables que no tienen correlación. (Carmona, 2014)

1. Componentes principales

En la matriz de componentes principales de la tabla 10.2 se puede apreciar que son cinco componentes principales los que explican el 71,059 % de la variabilidad, valor, que es bajo, debido a la alta variabilidad genética que posee la quinua tipo Chimborazo.

El componente 1 es altamente influenciado por la presencia de estrías, severidad de mildiu, columna de espuma (presencia de saponina), días a la floración, días a la cosecha y forma glomerulada de la panoja principal.

El componente 2 está influenciado por las variables de uniformidad en el color de la panoja principal, la forma glomerulada de la panoja, la presencia de axilas pigmentadas y la uniformidad en el color del tallo.

El componente 3 está influenciado por las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja y el rendimiento por planta.

En el componente 4 las variables que más tienen influencia son las siguientes: diámetro de panoja, uniformidad en el color de la panoja principal, forma intermedia de la panoja y forma amarantiforme de la panoja.

Finalmente, en el componente 5 las variables de mayor influencia son el rendimiento por planta, la forma amarantiforme de la panoja, la longitud de semilla, y la ausencia de axilas pigmentadas.

Cuadro 2. Matriz de componentes principales.

	Matriz de componentes				
	Componente				
	1	2	3	4	5
Presencia de estrías	,900	,192	,102	,018	,006
Severidad de mildiu 2	-,838	,126	-,157	-,019	,027
Severidad de mildiu	-,810	,207	-,217	,069	,039
Columna de espuma	,800	-,061	,189	-,044	-,082
Días a la floración	,787	,339	,026	-,015	,221
Días a la cosecha	,747	,387	,093	,028	,109
Diámetro de panoja	-,705	,363	,144	,358	-,123
Uniformidad en el color de la panoja principal	,250	-,779	,188	-,335	,093
Forma glomerulada de la panoja	-,089	,779	-,229	-,321	,084
Presencia de Axilas pigmentadas	,221	,771	-,213	-,008	-,312
Uniformidad en el color del tallo	-,364	-,728	,192	-,253	,209
Altura de planta	-,164	,357	,824	,022	,019
Diámetro principal tallo	-,238	,313	,803	-,094	,029
Longitud de panoja	-,151	,435	,697	-,051	,224
Rendimiento por planta	-,216	-,270	,637	-,066	-,345
Forma intermedia de panoja	,346	-,383	,157	,678	-,214
Forma amarantiforme	-,134	,000	,000	,502	,439
Longitud de semilla	,123	-,158	,092	,081	-,551
Ausencia de axilas pigmentadas	,182	-,162	,083	,270	,398

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019).

2. Análisis de agrupamiento

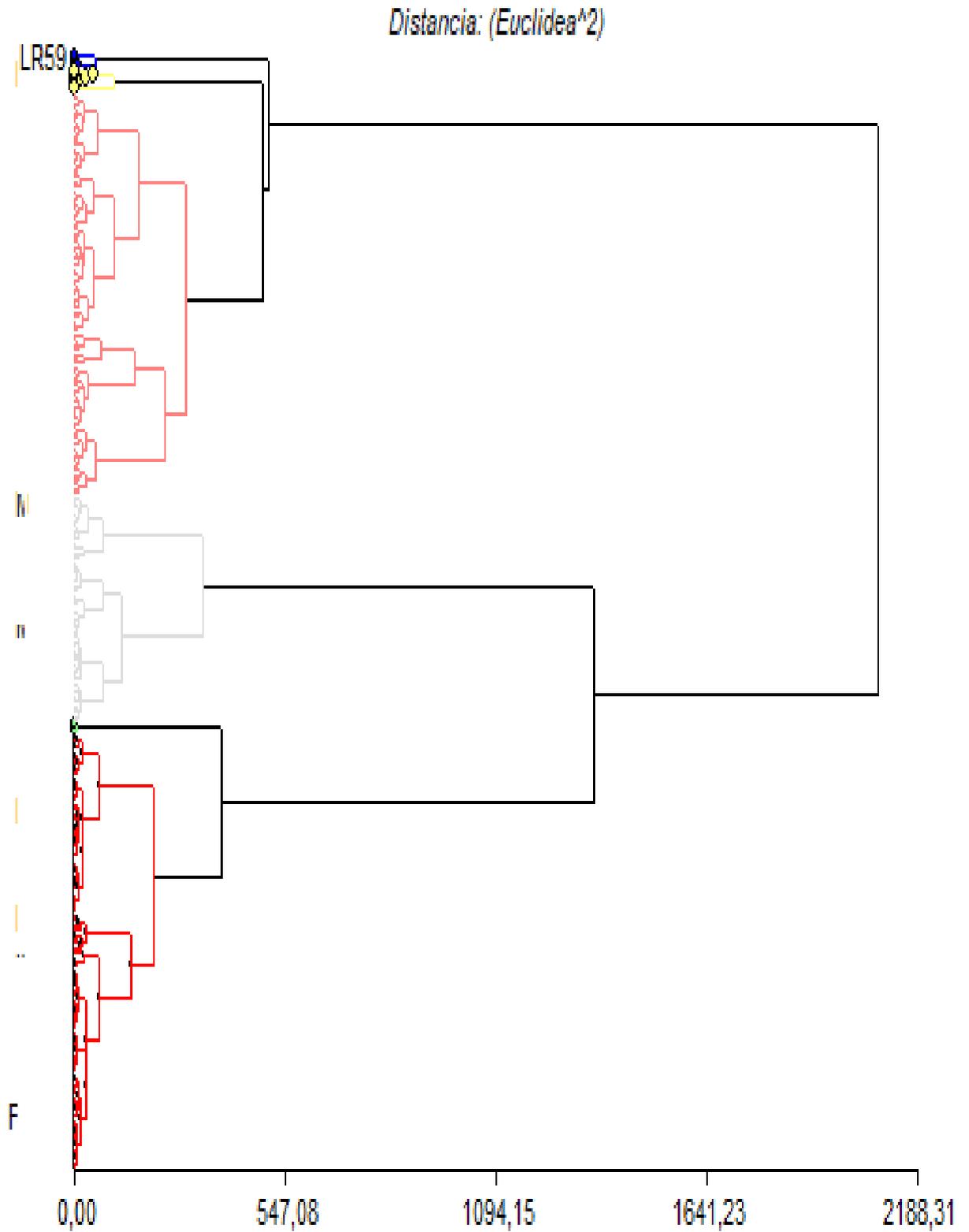


Gráfico 22. Dendograma del análisis de agrupamiento.

Nota: Elaborado por Ilbay, J (2019)

Del Dendograma del gráfico 22. se obtuvo seis grupos, en donde están agrupados los doscientos cuarenta ecotipos estudiados, según las similitudes que estos presentan.

El grupo masal 1 se caracteriza por tener una fuerte presencia de estrías de los grupos; por ser el grupo con los ecotipos más tardío tanto en floración como en días a la cosecha, con 164.55 y 236.55 días respectivamente, tiene la mejor puntuación en cuanto a severidad de mildiu al inicio de la floración y presenta los valores más bajos en longitud de panoja siendo esta de 15.61 cm el diámetro de panoja también es el más bajo de los grupos con apenas 20.92 cm; este grupo se destaca por tener los ecotipos más pequeños con una altura promedio de 98.2 cm; y en rendimiento por planta se tiene el más bajo en promedio con apenas 1.69 g/planta.

En el grupo masal 2 tiene la mayor presencia de estrías de los seis grupos, de panoja glomerulada, es el segundo grupo más tardío a la floración y a la cosecha; presenta el mayor diámetro del tallo principal, son los ecotipos que poseen las panojas con mayor longitud siendo estas de 31,4 cm en promedio, y en este grupo están los ecotipos de mayor altura de la planta con un promedio de 141,61 cm de altura.

En el grupo masal 3 destacan las siguientes variables: La uniformidad en el color de la panoja, con una fuerte presencia de panojas de forma intermedia, en este grupo están los ecotipos que presentan la segunda altura más pequeña con un promedio de 98.66 cm. Presentan una longitud de semilla de 2.0s mm, siendo la segunda longitud más grande de entre los seis grupos masales.

El grupo masal 4 se destaca por tener una fuerte uniformidad en el color del tallo, de igual manera la uniformidad en el color de la panoja es notoria, y la forma intermedia de la panoja es predominante en este grupo. El diámetro principal es de 8.054 mm, siendo el segundo más ancho de entre los seis grupos, también posee el mejor rendimiento siendo este de 5.51 g/planta y la mejor longitud de semilla, siendo esta de 2,12 mm.

El Grupo masal 5 tiene como características principales una buena uniformidad en el color del tallo, la menor ausencia de axilas pigmentadas, presenta el ataque de severidad de mildiu en el segundo tercio de la planta; es la más precoz a la maduración con 193,14 días y la segunda más precoz, a la floración con 105.77 días; en este grupo se encuentran los ecotipos que han sido considerados como dulces pues su columna de espuma o presencia de saponina es en promedio de 1,46 cm; y las semillas de este grupo son las más pequeñas de 1,94 mm., y el rendimiento esta entre los más altos de 4.28 g/planta. Este grupo comparte una similitud con la variedad mejorada Tunkahuan. (Peralta, Mazón, Murillo, & Rodríguez, 2014)

En el grupo masal 6 se destacan las siguientes variables: una baja uniformidad en el color de la panoja, teniendo presencia de panojas de forma glomerulada, y en menor cantidad panojas de forma intermedia; es el grupo con mayor afectación de mildiu tanto en etapa vegetativa como al inicio de la floración; en este grupo se encuentran ecotipos que se consideran como precoces puesto que sus días a la cosecha están en los 205.02 días en promedio. Tienen una buena longitud

de panoja, la segunda más grande siendo esta de 27,01 cm, el mayor diámetro de tallo, teniendo un promedio de 46,79 cm; el rendimiento en este grupo es bueno siendo este de 5.01 g/planta.

Cuadro 3. Comparación de medias entre los grupos masales y cada una de las variables.

Variables	Grupos Masales					
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Presencia de estrías	1,55	1,58	1	1,02	0	0,4
Uniformidad en el color del tallo	0,25	0,42	0,8	0,96	0,86	0,74
Ausencia de axilas pigmentadas	1	1	1	1	0,94	0,98
Uniformidad en el color de panoja	0,25	0,26	0,71	0,95	0,31	0,16
Forma glomerulada de la panoja	1	0,76	0,24	0,04	0,63	0,76
Forma intermedia de la panoja	0,45	0,74	0,93	0,98	0,46	0,5
Forma Amarantiforme de la panoja	0,05	0	0	0	0,09	0,02
Severidad de mildiu 1	2,15	2,34	2,46	2,02	4,14	4,18
Días a la floración	154,65	144,97	116,8	119,79	105,77	102,38
Severidad de mildiu 2	4,15	4,29	4,63	4,29	5,71	5,84
Días a la cosecha	236,55	229,21	208,88	209,39	193,14	205,02
Diámetro del tallo principal	6,49	8,637	6,727	8,054	7,63	8,7
Longitud de la panoja	15,61	31,4	16,63	22,21	20,51	27,01
Diámetro de panoja	20,92	28,2	22,239	21,04	38,58	46,79
Altura de la planta	98,2	141,61	98,66	125,46	112,49	135,64
Columna de espuma	5,82	6,58	5,44	5,49	1,46	1,86
Rendimiento por planta	1,69	4,12	3,62	5,51	4,28	5,01
Longitud de semilla	1,99	1,97	2,05	2,12	1,94	1,96

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

En el cuadro 4, se muestra el código de cada ecotipo, ubicado en el grupo masal correspondiente, según la similitud que tienen estos ecotipos, en cada una de las variables, de esta manera se ubican los ecotipos de la manera más homogénea posible, ya que se ha utilizado el método de Ward, para agrupar los ecotipos de la manera más acertada posible.

Cuadro 4. Ecotipos ubicados en los grupos masales correspondientes.

Grupos masales							
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4		Grupo 5	Grupo 6	
MR1	MR8	MR38	FR3	FR7	LR2	LR9	LR80
MR2	MR9	FR1	FR4	FR77	LR8	LR16	LR81
MR3	MR10	FR2	FR5	FR85	LR10	LR17	LR82
MR4	MR11	FR30	FR6	FR86	LR11	LR18	LR83
MR5	MR12	FR31	FR7	FR87	LR12	LR19	LR85
MR6	MR13	FR32	FR8	FR89	LR13	LR20	LR89
MR7	MR14	FR33	FR9	FR90	LR14	LR21	LR90
MR39	MR15	FR34	FR10	FR91	LR15	LR22	LR92
MR40	MR16	FR35	FR11	FR92	LR23	LR24	LR96
MR41	MR17	FR38	FR14	:FR93	LR25	LR31	LR97
MR42	MR18	FR39	FR15	FR94	LR27	LR32	
MR43	MR19	FR40	FR16	FR95	LR28	LR34	
MR44	MR20	FR42	FR17	FR96	LR29	LR36	
MR45	MR21	FR43	FR18	FR97	LR33	LR37	
MR46	MR22	FR44	FR19	LR94	LR35	LR38	
MR47	MR23	FR46	FR20		LR42	LR39	
MR48	MR24	FR56	FR22		LR44	LR40	
MR49	MR25	FR57	FR23		LR46	LR41	
MR50	MR26	FR58	FR24		LR47	LR43	
LR93	MR27	FR61	FR26		LR52	LR48	
	MR28	FR62	FR27		LR54	LR49	
	MR29	FR63	FR28		LR56	LR50	
	MR30	FR72	FR45		LR61	LR51	
	MR31	FR75	FR47		LR69	LR53	
	MR32	FR76	FR48		LR73	LR55	
	MR33	FR78	FR50		LR75	LR57	
	MR34	FR79	FR51		LR76	LR58	
	MR35	FR80	FR52		LR77	LR59	
	MR36	FR81	FR53		LR84	LR60	
	MR37	FR82	FR54		LR86	LR62	
	FR12	FR83	FR59		LR87	LR63	
	FR13	FR84	FR60		LR91	LR64	
	FR21	FR88	FR64		LR95	LR65	
	FR25	FR98	FR65		LR98	LR66	
	FR49	FR99	FR66		LR99	LR67	
	FR55	LR1	FR67			LR68	
	FR100	LR3	FR68			LR70	
	LR45	LR5	FR69			LR71	
		LR6	FR70			LR72	
		LR7	FR71			LR78	
		LR88	FR73				
20	38	41	56		35	50 ecotipos	
ecotipos	ecotipos	ecotipos	ecotipos		ecotipos		

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

VIII. CONCLUSIONES

- A. Entre los doscientos cuarenta ecotipos estudiados, existen diferencias en características morfológicas y agronómicas.
- B. Las características morfológicas presentadas en los doscientos cuarenta ecotipos de quinua tipo Chimborazo, de panoja roja, muestran una alta variabilidad, en las siguientes variables: color del tallo principal (101 ecotipos rojos y 73 amarillos), color de panoja (110 rojas), presencia de estrías(73 ecotipos), forma de la panoja(113 intermedias); siendo la forma del tallo, la única variable, totalmente uniforme
- C. Las características agronómicas de los doscientos cuarenta ecotipos, presentan una amplia variabilidad, en todas las variables, a excepción de los días a la cosecha, la cual muestra un coeficiente de variación menor al 10%. Indicando poca variabilidad. Todas las demás variables tienen un coeficiente de variación mayor al 10 %.
- D. Se han obtenido seis grupos masales, obtenidos mediante la agrupación de los ecotipos, según las similitudes, y usando las distancias más cortas entre variables, para obtener la mayor homogeneidad posible en los grupos elaborados. Cada grupo tiene características sobresalientes, siendo e grupo masal 4 el que demuestra mejor uniformidad, y los grupos masales 4 y 5 y 6 los de mejor rendimiento, pero de mayor sensibilidad al ataque de mildiu. Los grupos 1 y 2 muestran bajos rendimientos, pero tienen menor susceptibilidad al ataque de mildiu. El grupo 5 es el único grupo que posee ecotipos que tienen la característica de ser dulces, puesto que poseen muy poca saponina, o no poseen saponina.

IX. RECOMENDACIONES

A. Se recomienda repetir la investigación en condiciones similares, para confirmar los datos obtenidos en esta investigación.

B. Se recomienda continuar con la investigación, utilizando los grupos masales obtenidas en el presente trabajo, seleccionando los grupos masales que presenten las características agronómicas y morfológicas, apreciadas por los productores.

C. Repetir el proceso de selección masal, hasta conseguir grupos con características agronómicas y morfológicas homogéneas.

X. RESUMEN

La siguiente investigación propone: caracterizar morfológicamente y agronómicamente doscientos cuarenta ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Will.) de panoja roja, tipo Chimborazo, se utilizó una estadística descriptiva y un análisis multivariado, utilizando los el método de componentes principales y el análisis de agrupamiento. Se evaluaron, características agronómicas y morfológicas, para después agrupar los ecotipos por similitudes, utilizando el número de componentes principales que explican más del 70 % de la variación; para la elaboración de los grupos masales se utilizó el método de Ward y la distancia euclidiana al cuadrado, determinando las distancias más cortas entre las medias de cada una de las variables, para obtener grupos con una alta homogeneidad. Se concluye que existió una variabilidad amplia en las variables morfológicas, siendo la forma del tallo la única variable uniforme en los ecotipos estudiados; y en las variables agronómicas, solo los días a la cosecha muestra tener un coeficiente de variación menor al 10%, lo que indica poca variabilidad. Cada uno de los grupos masales elaborados tienen características sobresalientes, siendo el grupo 1 y 2 los más tardíos y con buena resistencia a mildiu, el grupo 3 presenta uniformidad en el color de la planta, el grupo 4 y 6 los de mejor rendimiento y mayor susceptibilidad a mildiu y el grupo 5 el grupo con las quinuas denominadas dulces por su bajo contenido de saponina.

Palabras clave: ECOTIPOS- VARIABILIDAD GENÉTICA- GRUPOS MASALES- ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO - CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA- CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA

Por: Dennis Ilbay



Revisado
19 Feb 2020
[Handwritten signature]

XI. SUMMARY

The following research proposes to characterize morphologically and agronomically two hundred and forty ecotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Will.) of red panicle, Chimborazo type; a descriptive statistic and a multivariate analysis were used, by the means of the principal component method and the cluster analysis. The agronomic and morphological characteristics were evaluated, then the ecotypes were grouped by similarities using the number of the main components that explain more than 70% of the variation; for the elaboration of the massal groups, the Ward method and the Euclidean squared distance were used, determining the shortest distances between the means of each of the variables, in order to obtain groups with a high homogeneity. It is concluded that there was a wide variability in the morphological variables, the stem shape being the only uniform variable in the ecotypes studied; and in the agronomic variables, only the days of harvesting show a coefficient of variation less than 10%, which indicates little variability. Each of the elaborated massal groups has outstanding characteristics, the groups 1 and 2 being the latest and with good resistance to mildew, the group 3 presents uniformity in the color of the plant, the groups 4 and 6 are the ones with better yield and greater susceptibility to mildew and the group 5 the one with quinoa called sweets because of their low saponin content.

Keywords Ecotypes, Genetic Variability, Massal Groups, Grouping Analysis, Morphological Characterization, Agronomic Characterization.



XII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Basantes, E. (2015). *Manual de cultivos andinos del Ecuador*. Quito: Comisión editorial de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Biodiversity International. (2013). *descriptores para quinua y sus parientes silvestres*. Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y agricultura (I. P. FAO, Ed.) Roma, Italia: Biodiversity.
- Bonifacio, A., Mujica, A., & Alvarez, A. R. (2001). Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. En *Chenopodium Quinoa. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro*. Perú
- Calla, J. (2012). *Manejo agronómico del cultivo de la quinua*. Ayacucho: Agrobanco.
- Comisión Nacional Para el Uso de la Biodiversidad. (2012). *Biodiversidad mexicana*. DF México. Recuperado el 26 de Agosto de 2019, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/vargenetica.html>
- Costa, S. (2014). *Variabilidad genética de Chenopodium quinoa willd. en el noreste Argentino y su relación con la dispersación de la especie*. Buenos Aires .
- Enriquez, C. (2018). La quinua perdió protagonismo por baja en el mercado mundial. *Líderes*. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/quinua-menorprotagonismo-mercado-ecuador-produccion.html>
- Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Bolivia: Oficina Regional para América latina y el Caribe.
- Fernandez, H. (2004). Uso de Marcadores Moleculares RAPD en la Caracterización de Bancos de Germoplasma en Venezuela. *Revista digital*. 61, 50-70.
- Fuentes, F., Maughan, P., & Jellen, E. (2009). *Diversidad Genética Y Recursos Genéticos Para El Mejoramiento De La Quinua (Chenopodium quinoa)*. Chile: Rev. geogr. Valpsó.

- Gandarillas, H., Nieto, C., & Castillo, R. (1989). *Razas de Quinoa en Ecuador*. Quito: INIAP.
Recuperado el 26 de agosto de 2019, de
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/438/1/iniapsbt67.pdf>
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de Cultivo de la Quinoa*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Gonzales, R., & Rojas, A. (2014). *La relevancia evolutiva de los Ecotipos*. Marruecos: Centro de investigaciones biológicas. Recuperado el 26 de agosto de 2019, de
<https://elementos.buap.mx/num95/pdf/49.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (1992). *Dos variedades de bajo contenido de saponina INIAP INGAPIRCA e INIAP TUNKAHUAN*. Quito: INIAP.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2008). *Pata de Venado, INIAP*. Quito-Ecuador: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos .
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias . (2009). *Informe anual de quinoa. 2008*. Quito -Ecuador: *Programa de leguminosas y granos andinos*.
- Koppen, W. (2018). Clima de Colta y Guamote. Recuperado el 18 de 9 de 2019, de
<https://es.climate-data.org/location/987348/>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2017). *2017, Año clave para la exportación Quinuera*. Quito:MAGAP. Recuperado el 18 de 9 de 2019, de
<https://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/>
- Meyhuay, M. (1998). *Quinoa: operaciones de pos cosecha*. (D. Mejía, Ed.) Perú: AGSI/FAO.
- Mina, D. (2013). *Evaluación agronómica de 14 líneas F5 de quinoa (Chenopodium quinoa)*. Quito.

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Sistema de Clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito: MAE
- Monteros, A. (2016). *Rendimientos de quinua en el Ecuador*. Quito: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información MAGAP.
- Mujica, A. (2001). *Agronomía del cultivo de la quinua capítulo II del libro cultivo de quinua* (Vol. 1). Santiago de Chile: FAO. Recuperado el agosto de 2019, de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm#7
- Mujica, A. (2006). *Descriptorios para la caracterización del cultivo de Quinua. Manual para caracterización de cultivos andinos in situ*. Lima Perú: INIEA.
- Mujica, A. (2015). El origen de la Quinoa y la kañiwa .Bogota: *Tierra Adentro*, (40), 65-80
- Mujica, A., Canahua, A., & Saravia, R. (2001). *Agronomía del cultivo de quinua*. . Chile: FAO. Recuperado el 2019, de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm#7
- Mujica, Jacobsen, & Izquierdo. (2001). *Cultivos Andinos*. Santiago de Chile: FAO.
- Paredes, J. (2019). *Validación de la adaptación y rendimiento de 10 líneas de quinua (Chenopodium quinoa will) utilizando manejo orgánico en tres comunidades del canto colta y guamote de la provincia de Chimborazo*. (Tesis de grado. Ingeniero agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., & Rodríguez, D. (2014). *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amarantho y Ataco, Cultivos, variedades y costos de producción*,. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (6ª. ed.). Quito : Miscelanea.
- Phoelman, J., & Allen, D. (2003). *Mejoramiento genético de las cosechas*. México: Limusa.

- Puentestar, M. (2017). *Evaluación del rendimiento agronómico del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Wild), a dos distanciamientos de siembra con la aplicación de tres bioestimulantes foliares*. Carchi. (Tesis de grado. Ingeniero agrónomo) Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo.
- Rodriguez, J. (2005). *El papel del tamaño de semilla de quinua (Chenopodium quinoa Willd). en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra*. La Paz.
- Rojas, W., & Pinto, M. (2013). *La diversidad genética de la quinua*. La Paz: PROINPA.
- Sanchez, M., Espinoza, P., Zurita, A., & Delatorre, J. (2009). Las variedades aymaras del altiplano chileno y el uso de la selección genética para generar nuevas variedades. *Revista geográfica Valparaíso*, 25.
- Sherwood, & Jacobsen. (2002). *Cultivo de granos andinos en el Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Quito: Abya Yala.
- Tapia, M., & Ana, F. (2007). *Guía de campo de los cultivos Andinos*. Lima: FAO, AMPE.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandía, S., Cardozo, A., & Mujica, A. (1979). Quinua y kañiwa. *Cultivos Andinos*. Bogota: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 231
- Vilca, J., & Carrasco, G. (2013). *Manejo Integrado en el Cultivo de Quinua*. Ayacucho. Recuperado el 26 de Agosto de 2019, de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-d-quinua.pdf>

XIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de suelo del lote ubicado en Pulucate.

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3990	Lote 1	Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,15
		Presencia de material alófono* **	Cualitativo PEE/SFA/26	---	Ausencia
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastàs, Rusbel Jaramillo

Observaciones:

- (**) Presencia de material alófono ↔ dominancia de amorfos.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	<1,0	<12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,15 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	>2,0	>24,0

Anexo 2. Presupuesto a utilizar la investigación por el estudiante.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Rotulación, identificación	jornal	4	15,0	60,00
Mano de obra (siembra, labores culturales, cosecha, trilla, selección)	jornal	10	15,0	150,00
Materiales de campo (etiquetas, rótulos, estaca)	varios	5	20	100,00
Trabajo personal (preparación ensayo, siembra, evaluación, seguimiento, análisis de datos, elaboración informes)	unidad	10	20	200,00
MATERIALES DE OFICINA				
Computadora	horas	20	0.60	12,00
Impresora	hojas	200	0.15	30,00
VIÁTICOS				
Transporte	veces	40	10	400,00
Hospedaje	unidad	2	15	30,00
Alimentación	unidad	40	2,5	100,00
SUBTOTAL				1082,00
Imprevistos (10%)				108,2
TOTAL				1190,20

Nota: *Elaborado por Ilbay J.2019*

Anexo 3: Instalación del cultivo

Anexo 4: Semillas de los ecotipos a estudiar.



Anexo 5: Siembra realizada a chorro continuo



Anexo 6: Semilla en el suelo antes de ser enterrada en el suelo.



Anexo 7: Cultivo de quinua en estado vegetativo



Anexo 8: Cultivo de quinua en estado de floración



Anexo 9: Evaluación de mildiu



Anexo 10: Cultivo de quinua, en madurez fisiológica



Anexo 11: Toma de datos de la longitud de la panoja



Anexo 12: Toma de datos del diámetro de panoja



Anexo 13: Toma de datos del diámetro del tallo.



Anexo 14: Toma de datos de altura de planta



Anexo 15: Cultivo en madurez de cosecha



Anexo 16: Panojas cosechadas y almacenadas por ecotipo.



Anexo 17: Almacenamiento del grano cosechado



Anexo 18: Pesaje del grano cosechado por cada ecotipo



Anexo 19: Midiendo el diámetro del grano



Anexo 20: Tubos de ensayo para la efluencia de saponina



Anexo 21: Proceso para medir la saponina de cada ecotipo



Anexo 22: Semillas con diferencias en la presencia de saponina.



Anexo 23: Ecotipo de quinua con alto contenido de saponina.



Anexo 24: Variabilidad en el color de la panoja



Anexo 25: Tabla de frecuencia de la forma principal del tallo

forma principal del tallo		
Forma	Frecuencia	Porcentaje
Cilindrico	240	100%
Angular	0	0%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 26: Tabla de frecuencia del diámetro del tallo. principal

DIAMETRO DEL TALLO PRINCIPAL		
Clase	Rango(mm)	Frecuencia
1	4,20-5,20	6
2	5,20-6,20	25
3	6,20-7,20	47
4	7,20-8,20	85
5	8,20-9,20	44
6	9,20-10,20	18
7	10,2-11,20	15

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 27: Tabla de frecuencias del color principal del tallo.

Color principal del tallo		
Color principal del tallo	Frecuencia	Porcentaje
Verde	1	0%
amarillo	73	30%
anaranjado	0	0%
Rosado	0	0%
Rojo	101	42%
Púrpura	0	0%
Mixtura	65	27%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 28: Tabla de frecuencia en la uniformidad y des uniformidad del color principal del tallo.

UNIFORMIDAD EN EL COLOR		
CRITERIO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
UNIFORME	175	73%
DESUNIFORME	65	27%
TOTAL	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 29. Tabla de frecuencias de la presencia de estrías en el tallo.

Presencia de estrías		
Criterio	frecuencia	Porcentaje
0 ausente	93	39%
1 presente	103	43%
2 ausente y presente	44	18%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 30. Tabla de frecuencia del color de las estrías

Color de las estrías		
Color	frecuencia	porcentaje
Verde	148	100%
Amarillo	0	0
Rojo	0	0
Púrpura	0	0
Total	147	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 31. Tabla de frecuencias de la presencia de axilas pigmentadas.

Axilas pigmentadas		
Criterio	Frecuencia	Porcentaje
ausencia de axilas pigmentadas	162	68%
ausencia y presencia de axilas	75	31%
presencia de axilas	3	1%
Total	240	100%

Anexo 32. Tabla de frecuencias de la forma de la panoja.

forma de la panoja		
Forma	Frecuencia	Porcentaje
glomerulada	65	27%
intermedia	113	47%
amarantiforme	0	0%
Mixta	62	26%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 33. Tabla de frecuencias del color de la panoja.

Color de la panoja		
Color	Frecuencia	Porcentaje
Púrpura	1	0%
Rojo	110	46%
Rosado	0	0%
Amarillo	0	0%
Rojo y rosado	1	0%
Rojo y amarillo	5	2%
Verde	0	0%
Rojo y verde	0	0%
Púrpura y amarillo	0	0%
Mixtura	117	49%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 34. Tabla de frecuencias de la uniformidad del color de la panoja.

Uniformidad en el color de la panoja		
Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Uniformidad en el color	116	48%
Desuniformidad en el color	124	52%
Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 35. Tabla de rangos y frecuencias, de los días a la floración.

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
1	100-109,57	70	29%
2	109,57-119,14	61	25%
3	119,14-128,71	53	22%
4	128,71-138,29	17	7%
5	138,29-147,86	9	4%
6	147,86-157,43	6	3%
7	157,43-167	24	10%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 36. Tabla de frecuencias y rangos de la longitud de la panoja.

Longitud de panoja			
Rango	Valor	frecuencia	porcentaje
1	8,00-16,69	45	19%
2	16,69-25,37	129	54%
3	25,37-34,06	49	20%
4	34,06-42,74	10	4%
5	42,74-51,43	5	2%
6	51,43-60,11	0	0%
7	60,11-68,80	2	1%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 37. Tabla de rangos y frecuencias del diámetro de panoja.

Diámetro de panoja			
Clase	Rango	Frecuencia absoluta	Porcentaje
1	13,40-22,94	96	40%
2	22,94-32,49	70	29%
3	32,49-42,03	27	11%
4	42,03-51,57	30	13%
5	51,57-61,11	10	4%
6	61,11-70,66	3	1%
7	70,66-80,20	4	2%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 38. Tabla de rangos y frecuencias de la altura de la planta.

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
1	71,60-85,31	11	5%
2	85,31-99,03	20	8%
3	99,03-112,74	39	16%
4	112,74-126,46	80	33%
5	126,46-140,17	50	21%
6	140,17-153,89	26	11%
7	153,89-167,60	14	6%
	TOTAL	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 39. Tabla de frecuencias de la severidad de mildiu en etapa vegetativa.

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
Resistente	1 a 3	174	73%
Resistencia media	3 a 6	63	26%
Susceptible	6 a 9	3	1%
Total		240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 40. Tabla de frecuencias de los días a la cosecha

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
1	192-198,86	63	26,25%
2	198,86-205,71	0	0%
3	205,71-212,57	82	34,17%
4	212,57-219,43	30	12,50%
5	219,43-226,29	9	3,75%
6	226,29-233,14	18	7,50%
7	233,14-240	38	15,83%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J. (2019)

Anexo 41. Tabla de frecuencias del rendimiento

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
1	0,60-2,21	27	11,25%
2	2,21-3,83	68	28,33%
3	3,83-5,44	86	35,83%
4	5,44-7,06	44	18,33%
5	7,06-8,67	8	3,33%
6	8,67-10,29	4	1,67%
7	10,29-11,90	3	1,25%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J (2019)

Anexo 42. Tabla de frecuencias de la columna de saponina

Clase	Rango	Frecuencia	Porcentaje
1	0-1,37	61	25,42%
2	1,37-2,74	9	3,75%
3	2,74-4,11	21	8,75%
4	4,11-5,49	35	14,58%
5	5,49-6,86	66	27,50%
6	6,86-8,23	41	17,08%
7	8,23-9,60	7	2,92%
	Total	240	100%

Nota: Elaborado por Ilbay, J (2019)