



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DE OCHO ACCESIONES
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) PROVENIENTES DE BOLIVIA,
PERÚ Y CHILE, EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR,
A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE, CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.**

AUTORES:

PEDRO PABLO PAZMIÑO PURCACHI
WILLIAN EFRAÍN GUALLI PONCE

DIRECTORA:


ING. AGR. SONIA SALAZAR RAMOS. Mg.

GUARANDA - ECUADOR

2022

**CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DE OCHO ACCESIONES
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) PROVENIENTES DE BOLIVIA,
PERÚ Y CHILE, EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

REVISADO Y APROBADO POR:



.....
**ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.
DIRECTOR**



.....
**ING. DAVID SILVA GARCÍA Mg.
ÁREA DE BIOMETRÍA**



.....
**ING. RODRIGO YÁNEZ GARCÍA MSc.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Willian Efraín Gualli Ponce con cédula de identidad No. 0250006400 y Pedro Pablo Pazmiño Purcachi con cédula de identidad No. 0202518080, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

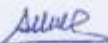
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



WILLIAN GUALLI PONCE
AUTOR
CI: 0250006400



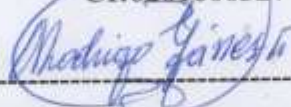
PEDRO PAZMIÑO PURCACHI
AUTOR
CI: 0202518080



ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.
DIRECTORA
CI: 0200933067



ING. DAVID SILVA GARCÍA Mg.
ÁREA DE BIOMETRÍA
CI:0201600327



ING. RODRIGO YÁNEZ GARCÍA MSc.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA
CI: 0200502227



20220201002P00840 DECLARACION JURAMENTADA

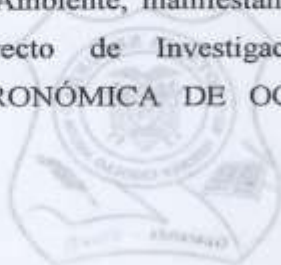
OTORGAN: PEDRO PABLO PAZMIÑO PURCACHI Y WILLIAN EFRAIN

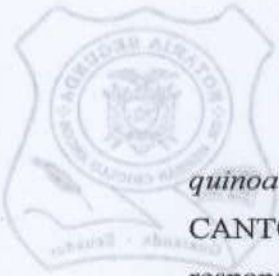
GUALLI PONCE

CUANTIA: INDETERMINADA

DI 2 COPIAS

En la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día viernes veintisiete de mayo de dos mil veintidós, ante mí DOCTOR HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN, comparecen los señores Pedro Pablo Pazmiño Purcachi y Willian Efraín Gualli Ponce, por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, ambos de estado civil solteros, domiciliados en el Barrio Fausto Bazantes, parroquia Veintimilla, cantón Guaranda y en la comunidad Illagua, parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celulares números: cero nueve ocho dos cinco cero cinco cuatro nueve dos y cero nueve ocho cinco uno cero seis cinco tres cuatro, correo electrónico: pedropazmi95@gmail.com y wiliangualli@gmail.com, a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía en base a las que procedo a obtener sus certificados electrónicos de datos de identidad ciudadana, del Registro Civil, mismos que agregó a esta escritura como documentos habilitantes; bien instruidos por mí el Notario en el objeto y resultados de esta escritura de Declaración Juramentada que a celebrarla procede, libre y voluntariamente.- En efecto juramentadas que fueron en legal forma previa las advertencias de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud, declaran lo siguiente: "Que previo a la obtención del Título de Ingenieros Agrónomos, de la carrera de Ingeniería Agronómica, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de Investigación Titulado: "CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DE OCHO ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium*





quinoa W.) PROVENIENTES DE BOLÍVIA, PERU Y CHILE, EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores, además autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Es todo cuanto tenemos que decir en honor a la verdad”. Hasta aquí la declaración juramentada que junto con los documentos anexos y habilitantes que se incorpora queda elevada a escritura pública con todo el valor legal, y que las comparecientes aceptan en todas y cada una de sus partes, para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que le fue a las comparecientes por mí el Notario, se ratifican y firman conmigo en unidad de acto quedando incorporada en el Protocolo de esta Notaría, de todo cuanto DOY FE.

Pedro Pablo Pazmiño Purcachi
C.C. 0202518080

Willian Efraín Gualli Ponce
C.C. 0250006400

DR. HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA

Se otorgó ante mí y en fe de ello
confiero ésta segunda..... copia
certificada, firmada y sellada en 3 fe.
Guaranda...27 de Mayo..... del 2022

Dr. Hernán Criollo Arcos
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA



Documento	CARACTERIZACIÓN MORFO AGRÓNOMICA DE OCHO ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quinoa W.) PROVENIENTES DE BOLIVIA, PERU Y CHILE. EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR, JDF (D137422504)	Enlace
Presentado por	pedropazmi95@gmail.com	II.SIS
Recibido	mimonar.ueb@analisys.irkundf.com	II.SIS
		II.SIS
		II.SIS
		II.SIS
		LUCA
		Parre
		Denn

5% de estas 47 páginas, se componen de texto presente en 10 fuentes.

Evaluación con fines de identificación lo que se llama recopilación de datos pasaporte. Evaluación encaminada a caracterizar a la población de la cual procede la muestra o entrada. La información aquí recopilada se basa fundamentalmente en los caracteres tanto anatómica, morfológica y fisiológica. Evaluación preliminar agronómica, la misma que se basa en caracteres tanto fonológicos (germinación, floración, maduración, etc.), como de comportamiento agronómico frente a diferentes ambientes (resistente a plagas y enfermedades, rendimiento, etc.), los cuales estarán definidas por el consenso de usuarios (Nieto, 1988 y Quiroa, 1988. Citado por Chimbollema, 2021). 3.7. Descriptores Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos. Estos descriptores han sido definidos para un gran número de especies cultivadas. El Instituto Nacional de Recursos Fitogenéticos (INRGA), ha compilado y publicado un manual de listado de descriptores para más de

25 100 especies. Los descriptores permiten una distinción fácil y rápida, entre fenotipos. Generalmente son características altamente heredables y

ser fácilmente detectados a simple vista. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular (



ING. SONIA SALAZAR RAMOS MSc. DIRECTORA
 ING. RODRIGO YÁNEZ GARCÍA MSc. ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la bendición, salud, vida y un nuevo despertar cada mañana.

A mi padre José Manuel Gualli, por haberme brindado todo el apoyo y consejos hacia mí, para culminar con éxito esta carrera profesional.

También a mi madre Rosa Laura Ponce, por darme todo su amor, dedicación, y sabios consejos convirtiéndose en el pilar fundamental para ser un profesional.

A mis tíos por sus valiosos consejos, mismos que han contribuido para obtener esta meta.

A mis hermanos que con palabras de aliento supieron guiarme y acompañarme en este camino duro, enseñándome lo bueno y lo malo de la vida haciendo de mí una persona de principios y valores.

Este logro va para ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí un gran ser humano.

Willian

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la oportunidad de desarrollarme como persona de bien y permitirme culminar una etapa más de mi vida profesional.

A mi Madre Blanca Purcachi, a quien admiro y amo con todo mi corazón, ella es muy importante en mi crecimiento como persona, gracias a su enseñanza, coraje y entrega, hizo que este camino sea mucho más fácil. Este triunfo es más de ella que mío y espero de aquí en adelante, seguirle regalando buenos momentos, porque como digo ella ya se ganó el cielo.

A mi hermano Michael Pazmiño, al que también admiro y amo, este triunfo también se lo dedico, se convirtió en mi padre con su apoyo y ejemplo también hizo que este camino sea agradable.

A toda mi familia. A mis abuelitas Gloria y Marina, que con su amor y apoyo han formado personas y profesionales de bien.

Como olvidar a mis queridos Padres César y Vicente, que desde el cielo me cuidan, con su ejemplo de honradez y trabajo duro, estoy seguro que lograré cosas importantes en mi vida profesional, lamento mucho su ausencia en ese logro. Les adoro y extraño con todo mi corazón.

Pedro

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a Dios por habernos dado la luz del conocimiento para cumplir con nuestras metas de ser profesionales.

Nuestro eterno agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica por la formación académica - científica, contribuyendo decididamente a culminar nuestros estudios.

A nuestros padres por su apoyo incondicional en todo momento, ya que sin ellos no hubiera sido posible concluir con nuestros sueños y metas.

A nuestros hermanos/as, quienes nos han dado su apoyo incondicional para culminar con éxito nuestra carrera.

Nuestra gratitud y reconocimiento a los Miembros del Tribunal Ing. Sonia Salazar Ramos (Directora), Ing. David Silva García (Biometrista) e Ing. Rodrigo Yáñez García (Redacción Técnica), por su apoyo decidido e incondicional en este proceso de investigación, análisis, sistematización y documentación.

Agradecemos al Sr. Nicolás Pichasaca Representante de la Organización TUCAYTA del Cañar por haber facilitado el germoplasma de quinua, quienes mantienen un proyecto de investigación con la Universidad de Washington D.C.

Finalmente, un sincero agradecimiento a todos los docentes quienes nos impartieron sus conocimientos, amistad y apoyo durante todo el proceso de la formación académica.

Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.PROBLEMA	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Características morfo agronómicas de la quinua	4
3.1.1. Origen	4
3.1.2. Clasificación Botánica	5
3.1.3. Características Botánicas	6
3.1.4. Cultivo de quinua	6
3.1.5. Caracteres morfológicos	6
3.1.5.1. Planta	6
3.1.5.2. Raíz	7
3.1.5.3. Tallo	7
3.1.5.4. Hojas	7
3.1.5.5. Inflorescencia	8
3.1.5.6. Flor	9
3.1.5.7. Fruto	10
3.1.5.8. Semilla	10
3.1.6. Fenología	11
3.1.7. Mejoramiento genético en quinua	11
3.1.7.1. Selección individual	12
3.1.8. Condiciones climáticas y edáficas	14
3.1.8.1. Suelo	14
3.1.8.2. pH	15
3.1.9. Manejo integrado del cultivo	15
3.1.9.1 Preparación de suelo	15
3.1.9.2. Trazada de surcos	15
3.1.9.3. Siembra y densidad	15
3.1.9.4. Procedimiento de la siembra	15
3.1.10. Principales plagas y enfermedades	16

3.1.10.1. Plagas.....	16
3.1.10.2. Enfermedades	16
3.1.11. Fertilización	17
3.1.12. Raleo.....	17
3.1.13. Malezas.....	17
3.1.14. Cosecha y postcosecha	18
3.1.14.1. Corte	18
3.1.14.2. Trilla	19
3.1.14.3. Almacenamiento.....	19
3.2. Investigación participativa.....	19
3.2.1. Características de la investigación de acción participativa.....	20
3.2.2. Enfoques de la investigación participativa	20
3.2.3. Evaluación absoluta	21
3.3. Caracterización de la quinua.....	21
3.4. Recursos fitogenéticos.....	22
3.5. Importancia del germoplasma.....	23
3.6. Caracterización y evaluación.....	23
3.7. Descriptores.....	24
3.8. Descriptores morfo-agronómicos	25
IV. MARCO METODOLÓGICO.....	26
4.1. Materiales	26
4.1.1. Ubicación del experimento	26
4.1.2. Situación geográfica y climática de la zona.....	26
4.1.3. Zona de vida	26
4.1.4. Material experimental.....	26
4.1.5. Materiales de campo.....	27
4.1.6. Materiales de oficina.....	27
4.2. Métodos	28
4.2.1. Factor en estudio:.....	28
4.2.2. Tratamientos	28

4.2.3. Procedimiento.....	28
4.2.4. Área experimental.....	28
4.2.5. Tipo de análisis	29
4.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados.....	29
4.2.6.1. Días a la emergencia de plántulas (DE).....	29
4.2.6.2. Días al panojamiento (DP).....	29
4.2.6.3. Días a la floración (DF)	30
4.2.6.4. Días a la cosecha (DC).....	30
4.2.6.5. Número de plantas por parcela (NPP)	30
4.2.6.6. Severidad de ataque de mildiu (PSM)	30
4.2.6.7. Altura de planta (AP).....	30
4.2.6.8. Longitud de la panoja (LP)	30
4.2.6.9. Diámetro de la panoja (DiPa)	31
4.2.6.10. Porcentaje de acame de raíz (PAR)	31
4.2.6.11. Porcentaje de acame de tallo (PAT)	31
4.2.6.12. Peso del grano por planta (PGPP)	31
4.2.6.13. Peso por parcela (PKP).....	31
4.2.6.14. Peso de mil granos (PMG).....	31
4.2.6.15. Tamaño del grano (TG)	32
4.2.6.16. Contenido de saponina (CS)	32
4.2.6.17. Contenido de humedad (CH).....	32
4.2.6.18. Rendimiento en kg/ha	32
4.2.6.19. Descriptores morfológicos.....	33
4.3. Manejo del Ensayo	33
4.3.1. Preparación del suelo	33
4.3.2. Trazado del ensayo	33
4.3.3. Surcado	34
4.3.4. Fertilización Química	34
4.3.5. Siembra.....	34
4.3.6. Tape	34

4.3.7. Raleo.....	34
4.3.8. Control de malezas	34
4.3.9. Control de insectos plaga	34
4.3.10. Control de enfermedades	35
4.3.11. Aporque	35
4.3.12. Riego.....	35
4.3.13. Cosecha.....	35
4.3.14. Trilla	35
4.3.15. Aventado.....	35
4.3.16. Secado.....	35
4.3.17. Almacenamiento.....	36
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
5.1. Variables agronómicas.....	37
5.2. Descriptores morfológicos.....	52
5.3. Coeficiente de variación (CV).....	56
5.4. Análisis de correlación, regresión lineal y coeficiente de determinación	56
5.4.1. Correlación	56
5.4.2. Regresión lineal	57
5.4.3. Coeficiente de determinación	57
VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	62
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
7.1. Conclusiones.....	64
7.2. Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables: Días a la Emergencia (DE), Días al Panojamiento (DP), Días a Floración (DF), Días a Cosecha (DC), Número de Plantas por Parcela (NPP), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura uno (PSML1), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura dos (PSML2), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura tres (PSML3), Altura de Planta (AP), Longitud de la Panoja (LP), Diámetro de Panoja (DiPa), Porcentaje Acame de Raíz (PAR), Porcentaje Acame de Tallo (PAT), Peso del Grano Por Planta (PGPP), Peso de Mil Granos (PMG), Porcentaje de Grano Grande (PGG), Porcentaje de Grano Pequeño (PGP), Contenido de Saponina (CS) y Rendimiento (RH) en kg/ha al 13% de humedad.**377**

Cuadro 2. Principales descriptores morfológicos del grano de ocho accesiones de quinua validadas en la zona agroecológica de Laguacoto.**522**

Cuadro 3. Resultados del análisis de correlación (r) y regresión lineal (b) de los componentes del rendimiento que presentaron significancia estadística significativa con el rendimiento de quinua evaluado en kg/ha al 13% de humedad.**566**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Días al Panojamiento (DP), Días a Floración (DF) y Días a la Cosecha (DC).....	411
Figura 2. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Porcentaje de Severidad de Mildiú (PSM) a través del tiempo (Lecturas: uno, dos y tres).	444
Figura 3. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Altura de Planta (AP) y Diámetro de Panoja (DiPa).....	455
Figura 4. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Peso de Grano Por Planta (PGPP) y el Peso de Mil Granos (PMG).	47
Figura 5. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Porcentaje de Grano Grande (PGG) y Porcentaje de Grano Pequeño (PGP).....	488
Figura 6. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Contenido de Saponina (CS).	500
Figura 7. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Rendimiento de grano en kg/ha al 13% de humedad (RH).	522
Figura 8. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en el descriptor color del grano.	533
Figura 9. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en el descriptor Sabor cualitativo del grano.	544
Figura 10. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en el descriptor visual Tamaño del grano.	555
Figura 11. Regresión lineal entre la variable Días a la Cosecha versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.	588

Figura 12. Regresión lineal entre la variable Altura de Planta versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.	588
Figura 13. Regresión lineal entre la variable Peso del Grano Por Planta versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.....	59
Figura 14. Regresión lineal entre la variable Porcentaje de Grano Grande versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.....	59
Figura 15. Regresión lineal entre la variable Peso de Mil Granos versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.....	600
Figura 16. Regresión lineal entre la variable Porcentaje de Grano Pequeño versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.....	600

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa físico de la ubicación geográfica del ensayo (GPS).

Anexo 2. Base de datos.

Anexo 3. Resultados del análisis de varianza.

Anexo 4. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo.

Anexo 5. Escala para la evaluación de la severidad de mildiú.

Anexo 6. Glosario de términos técnicos.

RESUMEN Y SUMMARY

Resumen

La caracterización morfo agronómica de ocho accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* w.) provenientes de Bolivia, Perú y Chile, en el cantón Guaranda, provincia Bolívar, permitió conocer el comportamiento y adaptación de las variedades en este piso climático. En Ecuador el cultivo se realiza a pequeña escala para el autoconsumo y segmentos diferenciados de quinua orgánica para la exportación. La caracterización morfo agronómica de germoplasma es importante para seleccionar líneas y desarrollar variedades que demandan los diferentes segmentos del mercado. Este estudio se realizó en la Granja Laguacoto. Los objetivos fueron caracterizar los principales descriptores morfo agronómicos de ocho accesiones; seleccionar las mejores accesiones con potencialidad agronómica y generar una base de datos. Los tratamientos fueron: T1: LPQ-4, T2: Titicaca Tallo Amarillo, T3: Titicaca Tallo Rojo, T4: QQ-74 Misa, T5: Puno Pasankalla, T6: CQ-407 Pasankalla, T7: Quinoa Negra y T8: UEB Crema. Se realizó la caracterización de descriptores morfológicos del grano y la evaluación de 17 componentes agronómicos. Se efectuaron análisis de varianza, prueba de Tukey, correlación y regresión. La respuesta agronómica del germoplasma fue diferente para los atributos del grano: color, sabor y tamaño. Los componentes que incrementaron el rendimiento fueron el ciclo de cultivo, altura de planta, peso del grano por planta y de mil granos. El tratamiento con el rendimiento más elevado fue el T1: LPQ-4 con 1444 kg/ha, contenido medio de saponina, grano de color blanco, forma redonda y tamaño grande. Esta investigación, permitió seleccionar germoplasma promisorio y resiliente al cambio climático para diversificar los sistemas de producción con las accesiones LPQ-4; CQ-407 Pasankalla y Quinoa Negra, para nichos de mercado local, nacional e internacional.

Summary

The morpho-agronomic characterization of eight accessions of quinoa (*Chenopodium quinoa* w.) from Bolivia, Peru and Chile, in the Guaranda canton, Bolívar province, allowed knowing the behavior and adaptation of the varieties in this climatic floor. In Ecuador, cultivation is carried out on a small scale for self-consumption and differentiated segments of organic quinoa for export. The morpho-agronomic characterization of germplasm is important to select lines and develop varieties demanded by different market segments. This study was carried out at Laguacoto Farm. The objectives were to characterize the main morpho-agronomic descriptors of eight accessions; select the best accessions with agronomic potential and generate a database. The treatments were: T1: LPQ-4, T2: Titicaca Stem Yellow, T3: Titicaca Stem Red, T4: QQ-74 Mass, T5: Puno Pasankalla, T6: CQ-407 Pasankalla, T7: Black Quinoa and T8: UEB Cream. . The characterization of morphological descriptors of the grain and the evaluation of 17 agronomic components were carried out. Analysis of variance, Tukey's test, correlation and regression were performed. The agronomic response of the germplasm was different for the grain attributes: color, flavor and size. The components that increased yield were the crop cycle, plant height, grain weight per plant and thousand grains. The treatment with the highest yield was T1: LPQ-4 with 1444 kg/ha, medium saponin content, white grain, round shape and large size. This research made it possible to select promising germplasm that is resilient to climate change to diversify production systems with LPQ-4 accessions; CQ-407 Pasankalla and Quinoa Negra, for local, national and international market niches.

I. INTRODUCCIÓN.

La región de los Andes, cuna de grandes civilizaciones como la Tiahuanacota y la Incaica, es considerada centro de origen de numerosas especies nativas como la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). El cultivo fue durante miles de años el principal alimento de las culturas antiguas de los Andes y está distribuido en diferentes zonas agroecológicas de la región. En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población de los Andes y del mundo moderno (Bazile, et al., 2014).

La quinua es un grano que posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas: su amplia variabilidad genética cuyo acervo genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades superiores (precocidad, color y tamaño de grano, resistencia y/o tolerancia a factores bióticos y abióticos, rendimiento de grano y subproductos). Se adapta a una gran diversidad de climas. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo. Su capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo donde otros cultivos no pueden desarrollarse, se pueden obtener cosechas desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud, su calidad nutritiva representada por su composición de aminoácidos esenciales de calidad. Adicionalmente contiene una cantidad adecuada de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que incrementan su valor nutracéutico le convierte en un alimento funcional e ideal para el organismo y su diversidad de formas de utilización tradicional, no tradicional y en innovaciones industriales (Bazile, et al., 2014; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: FAO, 2016).

A diferencia de Perú y Bolivia la producción de quinua en Ecuador es muy inferior y sus beneficios todavía resultan desconocidos para muchos segmentos de la Cadena de Valor de la Quinua (CVQ), por esta razón, no se han involucrado en procesos sustentables de producción (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca: MAGAP, 2015).

En Ecuador, la quinua se cultiva en diferentes zonas agroecológicas de la sierra con una superficie de 4120 ha con un rendimiento promedio de entre 500 y 900 kg/ha. Las provincias con mayor superficie cultivada están Chimborazo, Imbabura y Cotopaxi; y en menor escala, Tungurahua, Pichincha y Carchi; mientras que, en Bolívar, Cañar y Azuay, el cultivo casi ha desaparecido (Peralta, 2011; García, 2016 y FAO, 2016).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) durante los ciclos 2014 al 2018, realizaron evaluaciones en fincas con la colaboración de productores de las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar y Cañar (INIAP, 2019).

Estudios universales, conservaciones y caracterizaciones son necesarios para la caracterización morfo-agronómica de la quinua el cual permite el mejoramiento de esta especie (Rojas, et al., 2015).

En los últimos años, los marcadores del Acido Desoxirribonucleico (ADN) se han convertido en una herramienta complementaria importante para estudios de diversidad y mejoramiento genético de plantas con mejores atributos de calidad (Becerra y Paredes, 2000; Jiménez, 2006 y Fuentes, et al., 2009).

Por lo tanto, este estudio permitirá caracterizar y evaluar la diversidad genética de ocho accesiones de quinua, con el fin de contribuir a generar variedades que demanden los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Quinua y promover su diversidad de usos, para mitigar la alta tasa de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) de la población y particularmente de la provincia Bolívar.

Los objetivos específicos planteados en esta investigación fueron:

- Caracterizar los principales descriptores morfo agronómicos de ocho accesiones de quinua en la zona agroecológica de Laguacoto III.
- Seleccionar las mejores accesiones de quinua con potencialidad agronómica y de calidad para los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Quinua.
- Generar una base de datos para continuar con el proceso de investigación.

II. PROBLEMA

El Ecuador presenta la tasa más alta de Desnutrición Crónica Infantil (DCI), sólo superado por Guatemala. La provincia Bolívar tiene las estadísticas más elevadas de la DCI a pesar de producir una gran diversidad de especies y conocida por la década de los 80 y 90 como el “Granero del Ecuador”. Los Granos Andinos y entre ellos la quinua tiene una excelente calidad nutricional comparada a la leche materna, sin embargo, por varios factores como el desconocimiento, pérdida de la cultura alimenticia, sistemas de producción intensivos y en monocultivo de maíz suave, erosión genética de cultivares, uso irracional de la maquinaria agrícola en condiciones de ladera, deterioro acelerado del recurso suelo, y una alta dependencia de plaguicidas e insumos externos, ponen en grave riesgo la seguridad y soberanía alimentaria.

Las variedades vigentes actualmente como INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado, han perdido la resistencia y tolerancia al complejo de enfermedades foliares como Mildiú de la quinua (*Peronospora farinosa*) y ojo de gallo (*Cercospora spp*). Adicionalmente los segmentos de la agroindustria de la quinua, demandan variedades de grano grande, forma redonda, color blanco y un bajo contenido de saponina.

Por lo tanto, la quinua es un cultivo clave y resiliente al Cambio Climático (CC), para diversificar los sistemas de producción, siendo necesario validar In Situ mediante procesos participativos con los estudiantes y productores accesiones y variedades de quinua que se adapten en la zona agroecológica de Laguacoto y de esta manera contribuir a reducir la tasa de DCI, mejorar las condiciones de vida de la población y adicionalmente generar Valor Agregado (VA) para nichos de mercado nacional e internacional, a través de la producción agroecológica y orgánica con variedades resistentes al complejo de enfermedades foliares y calidad del grano, tienen un enorme potencial de “mercado justo” en la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y el Japón.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Características morfo agronómicas de la quinua

3.1.1. Origen

La antigüedad de la domesticación e inicio de su utilización de este cultivo se puede referir a por lo menos unos 2000 a 3000 años en razón de su presencia en restos arqueológicos. Una segunda fuente de información para conocer el origen y distribución de este grano andino, es la tradición que existe en el consumo de este grano en Colombia, Ecuador Perú, Bolivia, norte de Chile y Argentina, tanto en la preparación de diferentes platos, como bebidas, así como los alimentos procesados. Se conocen platos tradicionales como la “lawá”, sopa espesa de quinua, el “pesque” puré de quinua con grasa y leche y la preparación de chicha blanca (Jacobsen, et al., 2003).

Así como el uso intensivo que se hace de sus hojas tiernas conocidas como “lipcha” en la alimentación como ensalada y las cenizas del tallo para la preparación de la “llypta”, álcali, utilizado para masticar las hojas de coca. Los nombres de “quiri” o residuo de las hojas y tallos y el de “jipi” relacionado a los residuos de los granos y pequeños talluelos. Cuando y de donde se derivaron las especies cultivadas de quinua, es aún un tema por definirse y profundizar su investigación, sin embargo, existen importantes hipótesis (Mujica y Jacobsen, 2006).

Para algunos investigadores el centro de origen y domesticación sería el Altiplano, otros sin embargo se refieren más a diferentes centros de origen en los Valles Interandinos y que hubieran sido llevados al Altiplano del Lago Titicaca donde se considera como el gran centro de domesticación. La quinua es un cultivo sobre todo utilizado por siglos por las poblaciones campesinas indígenas en Colombia, Ecuador Perú, Bolivia y Chile, por diferentes grupos nativos como los Quechuas y Aymaras en Perú y Bolivia y por las poblaciones Mapuches en Chile (Gandarillas, 2002; Rojas y Pinto, 2013 y Tapia, 2014).

La domesticación surgió probablemente en la cuenca interior del Lago Titicaca (3500

msnm) y experimentó una selección prolongada en un ambiente extremadamente adverso con respecto al estrés abiótico (exceptuado el calor), pero bastante leve en términos de estrés biótico. Pero con el tiempo, el cultivo se expandió a través de los Valles Andinos diversificando el proceso en cinco ecotipos principales: Altiplano, Salar, Valle, Costa, y Yunga (Jellen, et al., 2014).

La quinua, se cultiva en todos los Andes, principalmente en el Perú y Bolivia, desde hace más de 7000 años por culturas pre incas e incas. Este cultivo ha sido domesticado en Bolivia, Ecuador y Perú hace unos 3000 a 5000 años ocupando un rol destacado en la seguridad alimentaria de los pueblos autóctonos. Su gran adaptabilidad a las condiciones ambientales adversas de los Andes, permitió su domesticación como lo evidencia el incremento en el tamaño del grano, cambio de coloración y fácil dispersión del grano (Martínez, 2005).

La quinua es ideal para suelos agrícolas cada vez más salinizados de todo el mundo. También se la considera un cultivo rústico ya que muestra tolerancia a otros factores ambientales adversos como heladas y sequía. Por esta razón, muestra potencial como cultivo alternativo frente a la disminución en la calidad del agua y suelo utilizados actualmente en agricultura (Mujica, et al., 2010 y Biondi, et al., 2014).

3.1.2. Clasificación Botánica

Respecto a su clasificación taxonómica, la quinua es una especie clasificada de la siguiente manera:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa Willd* (Judd, et al., 2008).

3.1.3. Características Botánicas

El período vegetativo es muy variable, desde los 90 hasta los 240 días. La coloración que pueden adquirir las plantas varía desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado y granate según los genotipos y etapas fenológicas. Presenta un sistema radicular pivotante, muy ramificado y fibroso. Tiene un tallo erecto, cilíndrico hacia el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones. Es de color verde, rojo o amarillo con o sin estrías que junto al tallo pueden ser coloreadas. La planta puede presentar un sólo tallo o poseer varias ramificaciones (Mujica y Cahahua, 1989).

3.1.4. Cultivo de quinua

La quinua es una planta herbácea que es reconocida como el alimento sagrado en las antiguas culturas andinas, presenta un ciclo vegetativo entre 7 a 12 meses, su tamaño puede variar desde 1 a 3,5 m de altura dependiendo la variedad y las condiciones agroclimáticas (García, J. 2016).

Dentro de la clasificación botánica se indica que es una planta que presenta raíces profundas de 0.50 a 2.2 m. El tallo es erguido que según el tipo de ramificación pueden presentar un tallo principal y varias ramas laterales. Las hojas pueden ser variadas con bordes dentados de coloración verde claro a verde oscuro que van adquiriendo colores amarillos, rojos mientras van madurando. Las flores son pequeñas y pueden ser hermafroditas y femeninas según la variedad. El fruto es un aquenio pequeño de coloraciones diferentes, la parte externa (pericarpio) cubre la superficie rugosa y seca que se desprende al poner en agua hervida o por fricción. En esta capa se almacena la sustancia amarga llamada saponina, que cuyo grado de amargor varía según las variedades de quinua (García, J. 2016).

3.1.5. Caracteres morfológicos

3.1.5.1. Planta

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una

altura de 2 a 3 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no; esto depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven (Chalá, 2014).

3.1.5.2. Raíz

La raíz es fibrosa, pivotante muy ramificada va hasta 0.6 m de profundidad. Desde el cuello nacen raíces secundarias, terciarias y raicillas, encargadas de la absorción de agua y nutrientes del suelo. Mientras más alta sea la planta, más profundo será su sistema radicular (Basantes, 2015).

La germinación de la quinua se da en un estado de humedad adecuada; se inicia con el alargamiento de la radícula, lo que da lugar a la presencia de la raíz pivotante de estructura fornida, que puede llegar hasta los 30 cm de profundidad. Unos centímetros abajo del cuello, empieza a ramificarse, presentando raíces secundarias, terciarias, y demás sub-ramificaciones, de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. Algunas raicillas son excesivamente tenues y largas, como un cabello de más de 5 cm de longitud (Gómez y Aguilar, 2016).

3.1.5.3. Tallo

Tallo erecto, cilíndrico, glabro (liso) angular; color verde, rojo o amarillo. Generalmente un tallo principal y varias ramas laterales. Pueden ser ramificados según la variedad, las ramas pueden salir del tallo principal o de la base. Más ramificada la planta, menos homogéneo es la madurez del cultivo, y además influyen la distancia de siembra y de la fertilidad del suelo (Basantes, 2015).

3.1.5.4. Hojas

Son de tipo polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el

amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. Contiene además gránulos, en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla. Estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua (Rojas, 2003).

Las hojas son alternas, de longitud y forma variable dentro de la misma planta, la lámina es polimorfa y la morfometría es variable según el genotipo. Las láminas son de consistencia algo suculenta y presentan en ambas superficies cristales de oxalato de calcio de colores variables que cumplen función de captación de humedad y disminución del exceso de radiación directa incidente ((Tapia, et al., 1979; Tapia y Fries, 2007).

3.1.5.5. Inflorescencia

La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. A la quinua se agrupa por su forma de panoja en amarantiforme, glomerulada e intermedia, y se designó el nombre amarantiforme por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus* (Cárdenas, 1944; citado por FAO, 2011).

La inflorescencia es una panoja de longitud variable con un eje principal del cual se originan ejes secundarios y terciarios (Risi y Galwey, 1984). Pueden ser laxas o compactas. Se describen dos tipos de inflorescencia: amarantiforme y glomerulada, dependiendo de la inserción del glomérulo. Las flores están agrupadas en glomérulos, son incompletas por carecer de pétalos. El glomérulo puede presentar flores perfectas y pistiladas. La flor perfecta presenta un perigonio sepaloide, anteras y un ovario superior del cual emergen dos o tres estigmas (Hunziker, 1943 citado por Costa, 2014).

Las flores perfectas están ubicadas en el extremo distal del glomérulo sobresaliendo sobre las pistiladas, ubicadas en el extremo proximal (Gandarillas, 1979).

La forma de panoja está determinada genéticamente por un par de genes, siendo

totalmente dominante la forma glomerulada sobre la amarantiforme, razón por la cual parece dudoso clasificar panojas intermedias. La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, cuando no existe una diferenciación clara a causa de que el eje principal tiene ramas relativamente largas que le dan a la panoja una forma cónica peculiar; asimismo, la panoja puede ser suelta o compacta, lo que está determinado por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos (Gandarillas, 1968, citado por FAO, 2011).

Mientras que la inflorescencia es racimosa y por la disposición de las flores se considera como una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios y terciarios, estos ejes sostienen a los glomérulos (grupos de flores). Si los glomérulos nacen directamente del eje secundario, la panoja es glomerulada, (los glomérulos parecen redondos). Si los glomérulos nacen de ejes terciarios, la panoja es amarantiforme (los glomérulos parecen como dedos). El largo de la panoja varía entre 15 y 70 cm (INIAP y Fundación IDEA, 2001).

3.1.5.6. Flor

Las flores pueden ser divididas en cinco tipos, basados en su hermafroditismo o la presencia o ausencia de perianto y tamaño. Los tipos de flores son:

- Flor terminal hermafrodita: Esta es la flor terminal, 2 mm de ancho, presente en el eje principal e inflorescencia axilar, y en cada racimo o grupo de flores en la inflorescencia.
- Flor hermafrodita lateral: Están dispersadas entre las flores femeninas y están presentes en la parte terminal de la primera, segunda e incluso la tercera ramificación del dicasio (inflorescencia cimosa en la que, por debajo del eje principal, el cual termina en una flor, se desarrollan dos ramitas laterales también terminadas en flor). Este tipo tiene usualmente perianto pentámero y estambres.
- Flores grandes femeninas clamídeas: Estas tienen un perianto pentámero, pero

no tiene estambres y son justo la mitad del tamaño (1 mm) de las flores hermafroditas.

- Flores pequeñas femeninas clamídeas: Estas se encuentran en la última rama del dicasio. Estos son morfológicamente similares a las flores del tipo III, excepto por su tamaño pequeño (0.5 mm).
- Flores pequeñas aclamídeas (flores aparentadas, aclamídeas o desnudas o sin perianto): Son flores desnudas sin perianto y están presentes en la última rama del dicasio (Bhargava y Srivastava, 2013).

3.1.5.7. Fruto

Es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el del perigonio y se asocia directamente con el de la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. El perigonio del fruto que está pegado a la semilla, presenta alveolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. Pegada al pericarpio se encuentra la saponina que le transfiere el sabor amargo, en el caso de variedades amargas (Peralta, 2010).

El embrión es periférico y curvado por lo que es muy susceptible al daño mecánico. Está formado por un eje hipocótilo y los cotiledones, que envuelven al perisperma como un anillo. El perisperma, tejido de reserva, es almidonoso, generalmente de color blanco y constituye la mayor parte de la semilla. Los diferentes colores del perigonio, pericarpio y episperma dan a la inflorescencia de quinua esa gran variabilidad de colores (Tapia y Fries, 2007).

3.1.5.8. Semilla

Es de tamaño pequeño, tiene un diámetro aproximado a 2 mm y un espesor de 1 mm. Puede ser de color amarillo, café, crema, blanco o translúcido. Tiene un tamaño entre 1.8 a 2.6 mm y se clasifican según su tamaño en grandes (2.2 a 2.6 mm), medianas (1.8 a 2.1 mm) y pequeñas (menores de 1.8 mm) (Peralta, 2010).

3.1.6. Fenología

La duración de las fases fenológicas depende de las condiciones edáficas y factores medio ambientales de la zona de cultivo. Por ejemplo, si se presentan precipitaciones largas y continuas durante los 4 meses de enero, febrero, marzo y abril, sin presentar veranillos, las fases fenológicas se alargan y por lo tanto el periodo vegetativo es mayor y la producción disminuye. Cuando hay presencia de veranillos sin heladas, la duración de las fases fenológicas se acorta y el periodo vegetativo es menor, mejorándose la cosecha. También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo: en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo por su alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario (Sánchez, 2016).

3.1.7. Mejoramiento genético en quinua.

Los métodos empleados en el mejoramiento de la quinua fueron diferentes en los países andinos, así en Bolivia se ha iniciado con la hibridación artificial y selección, mientras que en Perú y Ecuador se iniciaron con la selección en poblaciones o accesiones de germoplasma. En la última década los tres países han adoptado la hibridación y selección como método de mejoramiento, además de iniciar el empleo de herramientas de biología molecular en la caracterización del material genético y búsqueda de marcadores moleculares para algunos caracteres de interés (saponina, mildiú, sequía, proteínas). También se ha incorporado la evaluación participativa de líneas promisorias y variedades (Bonifacio, 2013).

En Ecuador, las variedades de quinua hasta ahora obtenidas han sido desarrolladas por el método de selección; pero las exigencias actuales no se pueden responder con este método, razón por la cual se han iniciado programas de mejoramiento por hibridación o cruzamiento; en el 2009 el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA), inició el mejoramiento genético por hibridación; para lo cual se estandarizó la metodología de cruzamientos y se delinearon los objetivos del mejoramiento genético de la quinua (ideotipo) que consiste en obtener líneas y

variedades con mejores características de planta, calidad de grano y resistencia a enfermedades respecto de las variedades actuales (INIAP, 2012).

Para la planificación de los cruzamientos es importante la selección de los progenitores y tomar en cuenta los objetivos del cruzamiento para combinar adecuadamente los caracteres deseados en la nueva variedad. La futura variedad debiera ser elaborada poco a poco, ya que es difícil encontrar todos los caracteres deseados en un solo progenitor, especialmente cuando se trata de reducir altura de planta, incorporar el carácter dulce y el tamaño grande del grano. El mismo autor recomienda conocer bien a los progenitores para asegurar el éxito de los cruzamientos (Tapia, et al., 1979; INIAP, 2012).

3.1.7.1. Selección individual

La unidad de selección es el individuo, basado únicamente en características fenotípicas deseables, es el más simple para trabajar y en muchas circunstancias proporciona la respuesta más rápida; su clave está en la selección visual de características fenotípicas fácilmente observables tales como altura, ciclo de cultivo, susceptibilidad al volcamiento o a enfermedades, etc.

La selección se realiza antes de que ocurra la polinización, para lo cual las plantas seleccionadas se deben reproducir entre ellas solamente, para lo cual se eliminan las plantas no seleccionadas, desespigando la flor masculina. Seguidamente, seleccionar las plantas, después de que haya ocurrido la polinización, sólo las plantas femeninas, pues el polen llega a ellas desde todas las plantas de la población seleccionada (Andrade, 2012).

En el 2009, el PRONALEG-GA del INIAP, publica el Manual Agrícola de Granos Andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco, cultivos, variedades, costos de producción, Además se evaluaron 519 accesiones del banco de germoplasma de quinua. Se observó que únicamente el 11 % de los materiales del banco presentaron buenos niveles de resistencia intermedia a mildiú, la mayoría de accesiones fueron susceptibles a la

enfermedad. Fueron seleccionadas 35 accesiones como posibles padres donantes de genes confirmándose el buen nivel de resistencia al mildiú y la posibilidad de ser utilizadas en futuras cruzas. Con ocho progenitores seleccionados en el 2010, se realizaron 11 cruzamientos, para resistencia a mildiú, precocidad, grano grande y dulce (Peralta, et al., 2011).

Posteriormente se generaron cruzas directas y recíprocas entre las variedades de quinua INIAP Tunkahuan x INIAP Pata de Venado realizadas en el año 2008. En el siguiente ciclo se sembraron y evaluaron las F1 en la Estación Experimental Santa Catalina. Desde el año 2009 hasta el año 2012 se sembraron las poblaciones F2 hasta llegar a obtener las líneas F5. Desde la F1 hasta la F4 en cada filial se realizó selección individual de plantas, por las mejores panojas. Las semillas F4 fueron sembradas panoja/surco y a la cosecha fueron seleccionados los mejores surcos (líneas), de donde se obtuvo la semilla F5 para continuar con el proceso de mejoramiento (INIAP, 2011).

Los cruzamientos se realizaron en los invernaderos de la Estación Experimental Santa catalina (EESC), ubicada a 3050 m de altitud. La emasculación y polinización de la quinua se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Gandarillas, 1979, que consiste en seleccionar flores que aún no se encuentren en antesis, se eliminaron los glomérulos con flores inmaduras, luego se procedió a la emasculación (eliminar las anteras de las flores seleccionadas y sin antesis) (INIAP, 2009).

Se colectó polen de plantas con características deseables y se polinizó y se repolinizaron hasta lograr la fecundación. Las panojas polinizadas se cubrieron con una funda o bolsa de papel transparente con la finalidad de proteger las flores polinizadas de polen de otras plantas o de los insectos polinizadores. Después de polinizar y embolsar se etiquetó con el nombre de los progenitores, fecha de emasculación, nombre del operador y el número de planta hibridada. Cuando todas las flores fueron ya fecundadas, se procedió al desembolsado de la panoja y se procedió a la cosecha cuando el grano estuvo seco. Las semillas híbridas F1, fueron auto fecundadas igualmente bajo invernadero (INIAP, 2010).

Las progenies y líneas (F2, F3 y F4) fueron sembradas panoja-surco, en Latacunga (Cotopaxi) ubicada a 2900 m de altitud y las líneas F5 en la EESC. Las evaluaciones de poblaciones y selección de líneas se realizaron, utilizando la metodología pedigrí modificado, los parámetros de selección fueron: grano grande ($= o > 2$ mm), precoces ($< a 180$ días a cosecha), altura de planta ($> a 180$ cm), panoja compacta de color rosado a la cosecha, resistentes a mildiu ($= o < a 4$ en la escala 1 a 9) y rendimiento superior a las variedades comerciales (INIAP, 2010; INIAP, 2014).

Las 10 líneas promisorias (F7, F8, y F9) seleccionadas, anteriormente, fueron evaluadas entre los años 2015 a 2017 en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Cañar, en altitudes entre 3000 a 3500 m. En el año 2018, las líneas F8 y F9 fueron evaluadas en tres localidades de la provincia de Chimborazo, bajo manejo orgánico (INIAP, 2015; INIAP, 2017).

3.1.8. Condiciones climáticas y edáficas

Las condiciones climáticas y edáficas favorables para el cultivo de quinua son:

Temperatura óptima: 7 a 17 °C

Altitud: 2400 a 3400 msnm

Precipitación: 500 a 800 mm/ciclo

Textura del suelo: Franco, Franco Arenoso, Negro Andino

pH óptimo: 5.5 a 8.0

Drenaje: Bueno

Duración del ciclo de cultivo: 180 días (Peralta, et al., 2012).

3.1.8.1. Suelo

La quinua requiere suelo franco, franco arenoso, negro andino, con pendiente moderada y buen drenaje (Berdugo, 2014).

3.1.8.2. pH

El pH óptimo para el cultivo de quinua esta entre 5.5 a 8.0 (Agrocalidad, 2016).

3.1.9. Manejo integrado del cultivo

3.1.9.1 Preparación de suelo

La preparación de suelo es un segmento esencial previo a la siembra ya que de este depende el éxito o el fracaso si se va a cultivar la quinua de manera orgánica, en la cual necesita una arada y dos o tres rastradas, en lugares donde se encuentren pendientes pronunciadas debe ser realizado el surcado en contra de la misma para evitar degradación del suelo debido a las lluvias (Suquilanda, 2007).

La preparación del suelo consiste en remover la tierra, ya sea manualmente con la yunta o utilizando maquinaria agrícola. Si en la campaña anterior se sembró cualquier tubérculo es recomendable pasar solo con arado de disco, luego hacer el nivelado y surcado (Agrobanco, 2013).

3.1.9.2. Trazada de surcos

Si se realiza manualmente la distancia entre surcos debe ser 60 cm para INIAP Tunkahuan y 40 cm para Pata de Venado. Mientras que si se utiliza maquinaria la distancia entre surcos debe ser de 50 a 80 cm (Peralta, et al., 2012).

3.1.9.3. Siembra y densidad

En la Sierra Ecuatoriana el cultivo de quinua se recomienda ser sembrado en los meses de noviembre a febrero, desde los 2 600 a 3 200 msnm, cuando el terreno tenga buen contenido de humedad con 12 kg a 16 kg de semilla por hectárea a chorro continuo y 0.80 m entre surcos (INIAP, 2009).

3.1.9.4. Procedimiento de la siembra

- Hacer el zarandeo para obtener semillas grandes.
- Una vez tapado el abono, sembrar la semilla a chorro continuo o a golpe.

- Cubrir la semilla con una capa de tierra de 2 a 3 cm; para esto utiliza una rama.
- Cuando el terreno está húmedo, el tapado es más superficial (1 a 2 cm). La profundidad de siembra recomendada es de 3 cm (Agrobanco, 2013).

3.1.10. Principales plagas y enfermedades

3.1.10.1. Plagas

- **Gusano trozador o tierrero (*Agrotis Deprivata Walker*)**

Las larvas de este insecto atacan en las primeras dos semanas del cultivo cortando los tallos de las plántulas. Las condiciones para el desarrollo de la plaga se dan en épocas de sequía (Cultivos Tradicionales, 2010).

- **Minador de hojas (*Liriomyza sp.*)**

Una sola especie de minador de hojas, ha sido detectada afectando plantas de quinua. Las larvas de esta especie atacan produciendo minas o galerías en las hojas al alimentarse de su parénquima (Cultivos Tradicionales, 2010).

3.1.10.2. Enfermedades

- **Mildiú (*Peronospora farinosa*)**

La enfermedad conocida como “**mildiú**” de la quinua, es un parásito que ocasiona hasta el 90% de pérdidas en el rendimiento de producción de la quinua, provocando defoliación de las hojas, ampollas pálidas, incluso puede provocar la muerte de la planta. Generalmente ataca a las hojas volviéndolas cloróticas más o menos en forma circular para luego extenderse más hasta desecarla y defoliación completa. El mildiú aparece casi siempre desde diciembre a abril, cuando es más húmedo y temperaturas frescas con una alta humedad relativa. Las plantas se contagian fácilmente. El hongo pasa de una planta a otra por el viento y la lluvia. Permanece en el grano o en las hojas secas que caen al suelo y del suelo pasa a otras plantas (Calla, 2012).

- **Mancha circular u “ojo de gallo” (*Cercospora spp*)**

Sobrevive en las semillas y restos de plantas. En las hojas se observan manchas pequeñas y redondas (2-3 mm) con el centro gris oscuro y el borde café rojizo. En un ataque fuerte las manchas se unen, secando partes importantes de la hoja. Las hojas adultas se marchitan y las nuevas permanecen verdes y menos afectadas. Para el control de mildiú y mancha circular de la hoja u “ojo de gallo”, en caso de que el ataque sea severo (plantas jóvenes o el tercio inferior del follaje afectado), se recomienda realizar una aplicación de Metalaxyl (Ridomil completo) en dosis de 2 kg/ha (INIAP, 2019).

3.1.11. Fertilización

Los niveles de NPK que maximizan el rendimiento de quinua, es decir, por cada kg (N)/ha (hasta un nivel de 50 kg/ha), la producción de quinua se eleva en 11 a 15 kg/ha; para el caso del Fósforo, por cada kg (P_2O_5) / ha (hasta un nivel de 50kg/ha), la producción de quinua se eleva en 30 a 43 kg/ha. Se ha encontrado además que existe una buena respuesta a la aplicación fraccionada del nitrógeno, la mitad a la siembra y la mitad al aporque (Morales, 2012).

Estudios de validación del manejo nutricional de la quinua en la Granja Laguacoto, se han obtenido resultados óptimos económicos con la dosis de: 80 -40- 60-20 kg/ha de NPKS. La aplicación del 100% del PK y S en la siembra y para el N, el 50% a los 30 días y el restante 50% a los 60 días después de la siembra en el momento de hacer el aporque (Monar, 2015).

3.1.12. Raleo

El raleo se realiza con el propósito de eliminar el exceso de plántulas, para lograr un distanciamiento entre plantas entre 8 a 10 cm o 20 plantas por metro lineal. Esto se realiza a las seis semanas de la siembra (Suquilanda, 2007).

3.1.13. Malezas.

El lento crecimiento de la quínoa después de la germinación hace que el manejo de las

malezas sea particularmente desafiante y que presente un amplio período crítico de interferencia con las malezas, que se inicia en la siembra y manteniéndose hasta la floración (Mujica, et al., 2001).

Las malezas son dañinas pues estas no compiten con el cultivo por agua, nutrientes, espacio e iluminación, sino también son fuente de refugio para muchos de los fitófagos plaga que infestan la quinua, además de generar un microclima favorable para el desarrollo de los patógenos (Cruces, et al., 2016).

Las malezas de hoja ancha están conformadas principalmente por especies de la familia Amaranthaceae (parientes de la quinua), Solanaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Portulacaceae, Plantaginaceae, Euphorbiaceae, Papaveraceae. Malezas de hoja angosta conformada por gramíneas (cuyas fuentes de propagación son los estolones) y las malezas ciperáceas (cuya fuente de propagación son los bulbos) que son las más difíciles de erradicar (Cruces, et al., 2016).

Se procede a una escarda o raspada superficial con herramienta manual, ya sea azadón o palín, además de un arrime de tierra junto a los sitios de quinua, para hacer un cubrimiento de arvenses aledañas. Se puede permitir otro rebrote de plantas espontáneas hasta cuando las primeras tengan buen desarrollo, pero con un sistema radicular sin el máximo anclaje. Luego, se realiza otra escarda a una mayor profundidad que la primera para un ligero aporque a los sitios del cultivo, removiendo la tierra y amontonándola a su alrededor. La segunda escarda podría ser cambiada por una partida en el centro de las calles empleando un arado de chuzo movido por un equino. Con esta labor queda suficiente tierra suelta para hacer un aporque más efectivo, tapando las arvenses pequeñas y desanclando las raíces de las más grandes (Zañudo, 2016).

3.1.14. Cosecha y postcosecha

3.1.14.1. Corte

El momento adecuado para el corte, se reconoce cuando las hojas inferiores se vuelven amarillentas y empiezan a caerse. Esta actividad se realiza cuando la planta alcanza su

madurez fisiológica y que el grano presente un contenido de humedad alrededor de 30% para evitar pérdidas de desgrane. El corte en pequeñas extensiones se realiza con una oz, mientras que si se cultiva en grandes extensiones el corte y la trilla se puede hacer mecánicamente mediante la utilización de trilladoras estacionarias o combinadas autopropulsadas ((Meyhuay, 1997 y FAO, 2016).

3.1.14.2. Trilla

La trilla manual se realiza utilizando palos, lo cual consiste en golpear las gavillas colocadas sobre carpas o plástico. Mientras que si lo hacen de forma mecánica se utilizan trilladoras estacionarias de cereales o combinadas (INIAP, 2018).

3.1.14.3. Almacenamiento

El almacenamiento se debe realizar en lugares limpios y secos, protegidos de roedores e insectos con libre circulación del aire, para lo cual el grano debe estar seco y limpio y puestas en recipientes cerrados o costales de tejido estrecho, con un contenido de humedad inferior a 13 % (INIAP, 2018).

3.2. Investigación participativa

La Investigación Acción Participativa (IAP), es un método de investigación psicosocial que está fundamentado en un elemento clave: la participación de distintos agentes. Se basa en una reflexión y una serie de prácticas que se proponen incluir a todos los participantes de una comunidad en la creación de conocimientos científicos sobre sí mismo (Guzmán, 2018).

La IAP es una forma de intervenir en los problemas sociales que busca que los conocimientos producidos por una investigación sirvan para la transformación social, a sí mismo procura que el desarrollo de la investigación y la intervención esté centrado en la participación de quienes conforman la comunidad donde se investiga y se interviene, ya que se entiende a la propia comunidad como la encargada de definir y dirigir sus propias necesidades, conflictos y soluciones (Guzmán, 2018).

3.2.1. Características de la investigación de acción participativa

En la investigación de acción participativa, el grupo de personas que la llevan a cabo se involucran en todo el proceso de investigación, desde el planteamiento de los objetivos, hasta el informe final o conclusión del proyecto. De esta manera, se observa que las principales características de esta metodología son: Toma en cuenta los problemas y las necesidades por las cuales atraviesa el grupo de personas, con el fin de identificar los medios posibles para una rápida y efectiva solución a la problemática; Vincula la reflexión con la acción y Promueve la comunicación entre todos los participantes (<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-de-accion-partic>).

3.2.2. Enfoques de la investigación participativa

Se ha convertido en una herramienta utilizada por los centros de investigación agropecuaria, varios de ellos afiliados a la Red del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), para fomentar la participación de los agricultores en procesos de investigación, lo que implica que sean capacitados como agentes de extensión y/o facilitadores del desarrollo (dependiendo de las intenciones y propósitos de la investigación) tanto para proporcionar asistencia técnica como para promover la innovación y la experimentación entre los agricultores; esto implica una participación parcial de los agricultores en procesos de investigación de corte experimental donde sus funciones están relacionadas con la recepción de información acerca de los proyectos, la capacitación para hacer seguimiento y monitoreo y la participación en la transferencia y adopción de los resultados de los ensayos experimentales en sus propias parcelas (Gloria, 2009).

En el proceso de investigación participativa, marca diferencias y gradualidades en lo que se ha denominado Investigación Acción Participación. Cuando el proceso tiene como propósito la aplicación de una serie de pasos planificados y diseñados por un equipo científico técnico, que, a partir de un diagnóstico de la realidad comunitaria diseña la investigación, sus objetivos y el método de la misma, incluyendo la participación parcial de la comunidad, ya sea para la recolección y/o contrastación de

los datos de investigación, o para la implementación de estrategias a seguir, donde los resultados del proceso investigativo son ordenados, sistematizados e interpretados por el equipo de investigación. Además, que los productores/as, se convierten en “agentes de extensión” para transferir las tecnologías derivadas del proyecto a otros agricultores mediante equipos de investigación campesina, comités agrícolas locales, escuelas de campo, investigadores locales y otras figuras ideadas para este fin desde la investigación agrícola convencional (Gloria, 2009 y Ashby, 2015).

3.2.3. Evaluación absoluta

La evaluación absoluta es una técnica para clasificar una serie de alternativas tecnológicas como: buenas, regulares o malas; donde el agricultor manifiesta su agrado o desagrado sobre cada tratamiento empleado. Cada alternativa es juzgada según sus méritos; a cada una se le asigna una preferencia o un puntaje (Ashby, 2015).

3.3. Caracterización de la quinua

La diversidad y variabilidad en usos de la quinua y los parientes silvestres (*Chenopodium carnosolum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* subsp. *melanospermum*, *C. ambrosoides* y *C. incisum*) son debidamente conocidas y utilizadas por los campesinos andinos, puesto que cada especie y ecotipo es utilizado en forma diferenciada en la alimentación, medicina, ritual y en la transformación. El uso de las especies de *Chenopodium* es como planta entera o parte de la misma. Podemos encontrar la diversidad de formas (ramificada o sencilla), tamaño (hasta 2 m), color de la panoja (blanca, amarilla, morena, negra), diversidad en precocidad (3-8 meses), tamaño de grano (hasta 3.5 mm), formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos, componentes de rendimiento y otras, de la especie cultivada, así como la diversidad de los parientes silvestres y escapes de cultivo (Mujica y Jacobsen, 2006).

Encontramos la mayor diversidad de la quinua en los aynokas, los campos comunales de las comunidades campesinas, que nos servirá en el futuro para conservar y usar la

quinua y sus parientes silvestres. Se han encontrado siete especies de parientes silvestres de la quinua en las aynokas estudiadas y una gran variabilidad dentro de cada especie: *Chenopodium carnosulum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa ssp. melanospermum*, *C. ambrosioides* y *C. Incisum*. La aynoka es el banco de germoplasma en cultivo (*in situ*) de la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres con los cuales está estrechamente relacionada y en algunos casos entrecruzándose para mantener la variabilidad genética que la caracteriza. En la evolución de la quinua posiblemente han participado *C. carnosulum*, por ello su gran tolerancia a la salinidad, *C. petiolare*, por su resistencia a la sequía y *C. pallidicaule* para resistir contra el frío. Será de importancia para el futuro mantener a las aynokas para no perder la variabilidad y conservar *in situ* la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres (Mujica y Jacobsen, 2006).

3.4. Recursos fitogenéticos

Se puede definir a los recursos genéticos como el bien o medio potencial (recursos) que se encuentran en los genes (genéticos); es decir, la variabilidad genética almacenada en los cromosomas y en otras estructuras que contienen ADN (FAO. 2006).

Se hace entonces necesario establecer bases científicas y técnicas para la conservación de los recursos genéticos mediante la definición de estrategias y tácticas de organización en el ámbito mundial, asumiendo criterios adecuados de acuerdo a la naturaleza del material a conservar (CIP, 2003. Citado por Chimbolema, 2021).

Desde que los cazadores-recolectores se dieron cuenta, hace unos 12000 años, que podían guardar y plantar semillas de una temporada a otra, ha aumentado el número de recursos filogenéticos en el mundo para la alimentación y la agricultura. Con el paso de los milenios, los agricultores aprendieron a guardar las semillas de cultivos que consideraban más fáciles de procesar o almacenar, o aquellas con mayor probabilidad de sobrevivir a períodos vegetativos o incluso las que simplemente tenían mejor sabor. Como resultado, más de 7000 especies de plantas se han cultivado o recogido para la obtención de alimentos. Muchas siguen siendo importantes para las comunidades

locales en las que el aprovechamiento de sus posibilidades es crucial para lograr la seguridad alimentaria (www.fao.org/docrep/).

El término germoplasma proviene de dos raíces: “germo” del latín germen, que significa principio rudimental de un nuevo ser orgánico y “plasma” del griego plasma, que se define en sentido amplio como materia no definida. Por lo tanto, germoplasma es la materia donde se encuentra un principio que puede crecer y desarrollarse, en el cual se encuentra toda la variabilidad genética, representada por células germinales, de la que dispone una población (Sevilla, 2004. Citado por Chimbolema, 2021).

Se define como accesión, colecta o entrada a la unidad de conservación. Se entiende como una muestra de una variedad, línea o población en cualquiera de sus formas reproductivas sean esta; semillas, tubérculos, vareta, estaca, etc. Los mismos que entran al banco de germoplasma para su conservación o utilización (Sevilla, et al., 1995. Citados por Chimbolema, 2021).

3.5. Importancia del germoplasma

Es importante mantener las reservas de variación genética, debido a los procesos de mutación, recombinación y selección tanto artificial como natural y bajo varias condiciones ecológicas y varios regímenes de cultivo. Los resultados han sido la creación de variación muy compleja, por eso las plantas domesticadas son muy distintas a sus antepasados silvestres (Hawkes. 1995. Citado por Chimbolema, 2021).

La diversidad genética, no sólo proporciona el material básico para la producción de nuevas variedades, sino que sirve como amortiguador contra posibles cambios perjudiciales en el medio ambiente. La preservación de la diversidad genética es una inversión para el futuro, para la obtención de cultivos nuevos y mejorados, puesto de que de ellos dependemos (Sevilla, 2004. Citado por Chimbolema, 2021).

3.6. Caracterización y evaluación

La caracterización y evaluación puede abarcar uno o varios de los muchos aspectos

posibles: Agronómicos, Morfológicos, Bioquímicos, Citológicos, etc. Esta evaluación se lo realiza en función de los cursos del cultivo y las características buscadas para mejorarlo, que generalmente son: mejores rendimientos, simplificación de las labores culturales, precocidad, factores climáticos adversos, tipo de planta y calidad industria y resistencia a plagas y enfermedades (Esquinas, 1981 y Querol, 1988. Citados por Chimbolema, 2021).

Cuando se hace una recolección de material germoplásmico es fundamental realizar una descripción morfológica, cualitativa y cuantitativa para su identificación y una evaluación adecuada del material para todas las características necesarias (Henríquez, 1991. Citado por Chimbolema, 2021).

Dentro del proceso de evaluación se mencionan las siguientes:

Evaluación con fines de identificación lo que se llama recopilación de datos pasaporte. Evaluación encaminada a caracterizar a la población de la cual procede la muestra o entrada. La información aquí recopilada se basa fundamentalmente en los caracteres tanto anatómica, morfológica y fisiológica. Evaluación preliminar agronómica, la misma que se basa en caracteres tanto fonológicos (germinación, floración, maduración, etc.), como de comportamiento agronómico frente a diferentes ambientes (resistente a plagas y enfermedades, rendimiento, etc.), las cuales estarán definidas por el consenso de usuarios (Nieto, 1988 y Querol, 1988. Citado por Chimbolema, 2021).

3.7. Descriptores

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos. Estos descriptores han sido definidos para un gran número de especies cultivadas. El Instituto Nacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), ha compilado y publicado un manual de listado de descriptores para más de

100 especies. Los descriptores permiten una distinción fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son características altamente heredables y ser fácilmente detectados a simple vista. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular (Jiménez, J.2009).

3.8. Descriptores morfo-agronómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. Algunos curadores de bancos de germoplasma incluyen descriptores relacionados con componentes de rendimiento con el objetivo de proveer a los fitomejoradores indicación del potencial de este carácter en el germoplasma conservado. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local, pero son afectados por cambios ambientales. (Franco e Hidalgo, 2003. Citados por Chimbolema, 2021).

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación del experimento

Esta investigación se realizó en:

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Localidad	Granja Experimental Laguacoto III.

4.1.2. Situación geográfica y climática de la zona

La zona agroecológica tiene los siguientes indicadores más relevantes:

Altitud:	2650 msnm
Latitud:	01° 36' 47.11.32'' S
Longitud:	78°59'36.6936'' W
Temperatura máxima:	24°C
Temperatura mínima:	6°C
Temperatura media anual:	14.7°C
Precipitación media anual:	580 mm

(Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2015)

4.1.3. Zona de vida

La zona de vida corresponde al piso Montano bajo o Templado. Según el diagrama de Holdridge la zona Montano se extiende desde 2000 a 3000 msnm, con temperaturas de 12 a 18°C y precipitaciones de 500 a 3000 mm anuales.

4.1.4. Material experimental

Correspondió a seis accesiones de quinua procedentes de la Organización TUCAYTA del Cañar que mantienen un proyecto de investigación con la Universidad de Washington DC y dos accesiones del Programa de Semillas de la UEB.

4.1.5. Materiales de campo

- Flexómetro
- Piola
- Estacas
- Libreta de campo
- Azadones
- Letreros
- Baldes
- Cal
- Bomba de mochila
- Guantes de caucho
- Mascarilla,
- Manguera
- Saquillos
- Balanza de reloj y de precisión
- Cámara digital
- Libreta de campo
- Insumos agrícolas: 18 46 00, Sulpomag y Urea
- Insecticida: Cypermetrina. Fungicida: Metalaxil. Herbicida: Glifosato.

4.1.6. Materiales de oficina

- Computadora e impresora
- Calculadora
- Esferográficos, lápices, regla.
- Determinador portátil de humedad
- Papel Bonn
- Borrador
- Tableros
- Programas estadísticos Statistix 9.0 y Excel 2020.

4.2. Métodos

4.2.1. Factor en estudio:

Correspondió a ocho accesiones de quinua.

4.2.2. Tratamientos

Cada accesión de quinua correspondió a un tratamiento según el siguiente detalle:

T1: LPQ-4

T2: Titicaca Tallo Amarillo

T3: Titicaca Tallo Rojo

T4: QQ-74 Misa Misa

T5: Puno Pasankalla

T6: CQ-407 Pasankalla

T7: Quinua Negra

T8: UEB Crema

4.2.3. Procedimiento

El ensayo de validación de ocho accesiones de quinua, se implementó aplicando el modelo matemático del Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones y ocho tratamientos en la granja Experimental Laguacoto III de la Universidad Estatal de Bolívar a una altitud de 2640 m y un tipo de suelo franco arcilloso.

4.2.4. Área experimental

Número de localidades: 1

Número de tratamientos: 8

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales (ue): 24

Número de surcos por parcela: 5

Distancia entre surcos: 0.80 m

Ancho de la parcela: 4 m

Largo de la parcela: 4 m

Separación entre parcelas: 1 m

Área total de la parcela: 4 m x 4 m = 16 m².

Área neta total del ensayo: 16 m² x 24 (ue) = 384 m².

Área total del ensayo con caminos: 46 m x 7.20 m = 592.8 m².

4.2.5. Tipo de análisis

- Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Bloques (r-1)	2	$\int^2 e + 8\int^2 \text{bloques}$
Tratamientos (t-1)	7	$\int^2 e + 3\theta^2 t.$
Error Experimental ((t-1) (r-1))	14	$\int^2 e$
Total (txr)-1	23	

*Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos cuando la prueba de Fisher sea significativa (Fisher protegido).
- Análisis de correlación y regresión lineal.

4.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados

4.2.6.1. Días a la emergencia de plántulas (DE)

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando aproximadamente más del 50 % de las plántulas hayan emergido en toda la parcela.

4.2.6.2. Días al panojamiento (DP)

Se evaluaron en función de 10 plantas de quinua tomadas al azar de cada tratamiento, desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas formaron la panoja.

4.2.6.3. Días a la floración (DF)

Se registró en base a 10 plantas tomadas al azar, desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron panojas florecidas.

4.2.6.4. Días a la cosecha (DC)

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron el grano harinoso lo cual es un indicador de madurez comercial.

4.2.6.5. Número de plantas por parcela (NPP)

Esta variable se determinó por conteo directo de todas las plantas de cada parcela antes de proceder la cosecha.

4.2.6.6. Severidad de ataque de mildiu (PSM)

Se evaluó de acuerdo la escala de 1 a 9 con su correspondiente porcentaje de severidad (INIAP, 2009) (Anexo 5).

Se realizaron tres evaluaciones o lecturas a lo largo del ciclo del cultivo (lectura 1: panojamiento, lectura dos: floración y lectura 3: llenado de grano).

4.2.6.7. Altura de planta (AP)

Se midieron las alturas en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela con un flexómetro en cm desde la base del tallo, pegado a la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja; durante el llenado del grano cuando las plantas alcanzaron su altura máxima.

4.2.6.8. Longitud de la panoja (LP)

La evaluación se realizó con un flexómetro en cm desde la base floral hasta el ápice, en función a 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento.

4.2.6.9. Diámetro de la panoja (DiPa)

Esta variable se midió con la ayuda de un flexómetro y se efectuó tomando la medida en el punto más ancho de la panoja (diámetro ecuatorial). Esta variable se registró a la madurez fisiológica en una muestra de 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento.

4.2.6.10. Porcentaje de acame de raíz (PAR)

Se contó una muestra al azar de 100 plantas de cada parcela y de éstas el total de plantas que presentaron una inclinación de 45°. Esta variable se evaluó una semana antes de la cosecha en madurez comercial y se expresó en porcentaje.

4.2.6.11. Porcentaje de acame de tallo (PAT)

Se tomó una muestra al azar de 100 plantas de cada parcela y de éstas el total de plantas que presentaron los tallos rotos. Esta variable se evaluó una semana antes de la cosecha en madurez comercial y se expresó en porcentaje.

4.2.6.12. Peso del grano por planta (PGPP)

Antes de proceder a la cosecha en madurez comercial, se cosecharon por separado una muestra de 10 plantas de cada parcela, se trillaron y aventaron. Posteriormente se pesó el grano en una balanza de precisión en gramos.

4.2.6.13. Peso por parcela (PKP)

Después de la cosecha, trilla y la limpieza del grano, se registró el peso total por parcela en una balanza de reloj en kg.

4.2.6.14. Peso de mil granos (PMG)

Una vez cosechado, trillado, aventado y el grano seco al 13% de humedad, se tomó una muestra al azar de mil granos de cada unidad experimental y se pesaron en una balanza de precisión en gramos.

4.2.6.15. Tamaño del grano (TG)

Con la ayuda de tamices y en base a una muestra de 50 gramos de grano limpio y seco al 13% de humedad, se determinó la proporción de grano grande (>2,3 mm), mediano (>2 mm) y pequeño (< 2 mm) y los resultados se expresaron en porcentaje.

4.2.6.16. Contenido de saponina (CS)

Para determinar el contenido de saponina, se colocó una muestra de 0,5 g de grano de quinua en un tubo de ensayo de 20 ml, luego se añadieron 5 ml de agua destilada y se agitó vigorosamente durante 30 segundos. Posteriormente, se dejó en reposo por 10 segundos y se midió con una regla la altura de la columna de espuma en cm (Koziol, 1990).

De acuerdo con la Norma Boliviana INEN 1672 (INEN, 1988) se realizaron los cálculos para la obtención del porcentaje (%) de saponina presente en las muestras de grano de quinua aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de saponina} = \frac{(0.646 \times h) - 0.104}{m \times 10}$$

Donde:

h = Altura de la espuma en cm

m = Masa en g

Valores: 0,646; 0.104 y 10, son constantes.

4.2.6.17. Contenido de humedad (CH)

El contenido de humedad del grano, se determinó en una muestra de grano trillado y limpio con un Determinador Portátil de Humedad y se expresó en porcentaje. El contenido de humedad es muy importante para calcular el rendimiento de quinua en kg/ha al 13% de humedad.

4.2.6.18. Rendimiento en kg/ha

El rendimiento en kg/ha, se determinó aplicando la siguiente fórmula matemática:

$$R = PCP \times \frac{10000 \text{ m}^2/\text{ha}}{ANC \text{ m}^2/1} \times \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Dónde:

R= Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad

PCP= Peso de Campo por Parcela en kg

ANC= Área Neta Cosechada en m²

HE= Humedad Estándar (13%)

HC= Humedad de Cosecha en porcentaje (Monar, 2012).

4.2.6.19. Descriptores morfológicos

Los descriptores morfológicos, se evaluaron en postcosecha en el grano limpio y seco al 13% de humedad. El color, forma y tamaño del grano se determinaron por observación directa con la ayuda de una lupa de 10X. Para el sabor, se masticaron unos pocos granos y se registró mediante la escala cualitativa de dulce, semidulce y amargo (Monar, 2015).

4.3. Manejo del Ensayo

4.3.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo se efectuó con maquinaria agrícola para lo cual 15 días antes de la siembra se realizó un pase de arado de discos a una profundidad de 30 cm. Previo a la siembra, se realizó un pase de rastra con discos y su posterior nivelación del suelo con rastrillos.

4.3.2. Trazado del ensayo

De acuerdo al diseño experimental establecido, se realizó el trazado de las parcelas con la ayuda de un flexómetro, piola, estacas y cal con un total de tres bloques con ocho unidades experimentales cada uno en donde se realizó el sorteo de los tratamientos para cada repetición.

4.3.3. Surcado

El surcado se efectuó manualmente con la ayuda de azadones a una distancia entre surcos de 0.8 m y a una profundidad de 15 cm.

4.3.4. Fertilización Química

De acuerdo a las recomendaciones del Programa de Semillas de la UEB, se realizó una mezcla de dos sacos de 18 46 00 más un saco de Sulpomag/ha. Esta mezcla se calculó el valor proporcional para cada parcela de 16 m² y se aplicó a chorro continuo al fondo del surco y se tapó con una capa de suelo para que el fertilizante no esté en contacto directo con las semillas. La fertilización complementaria se aplicó la dosis de tres sacos/ha de urea. Esta dosis se fraccionó en dos momentos el 50% a los 30 días después de la siembra (dds) y el restante 50% a los 60 dds cuando se efectuó el aporque.

4.3.5. Siembra

La siembra se realizó en forma manual a chorro continuo en una densidad de 12 kg /ha y a una profundidad de 3 a 4 cm.

4.3.6. Tape

El tape se lo hizo en forma manual con la ayuda de rastrillos.

4.3.7. Raleo

Cuando el cultivo tuvo cuatro hojas verdaderas y una altura de aproximadamente 10 cm, se realizó el raleo en forma manual para tener una población uniforme de plantas por surco y parcela. Se dejaron 20 plantas por metro lineal.

4.3.8. Control de malezas

El control de malezas, se efectuó en forma manual con azadones a los 30 y 60 días.

4.3.9. Control de insectos plaga

Una de las principales plagas identificadas durante las primeras etapas fenológicas de

desarrollo del cultivo fue el trozador (*Agrotys sp.*). Para su control, se aplicó con una bomba de mochila el insecticida Cipermetrina en dosis de 30 cc/20 l de agua a los 20 y 40 dds.

4.3.10. Control de enfermedades

La enfermedad más agresiva en el cultivo de quinua es el mildiú (*Peronospora farinosa*). Para el control, se aplicó con una bomba de mochila el fungicida Metalaxil en dosis de 30 g/20 l de agua. La aplicación se realizó a los 60 y 80 dds.

4.3.11. Aporque

El aporque se efectuó en forma manual con azadones a los 60 dds.

4.3.12. Riego

En la fase vegetativa y reproductiva debido a períodos de estrés de sequía, se aplicó riego por aspersión con una regadera de flor fina. En total se aplicaron cuatro riegos.

4.3.13. Cosecha

La cosecha se hizo en madurez fisiológica con el uso de hoces y las panojas se colocaron en sacos con sus etiquetas, para minimizar posibles mezclas y desperdicios por desgrane de las panojas.

4.3.14. Trilla

Una vez realizado el corte se procedió a realizar la trilla en forma manual dentro de sacos con sus respectivas etiquetas de cata tratamiento y repetición.

4.3.15. Aventado

Con la ayuda del viento se separaron las impurezas (material inerte vegetal) del grano.

4.3.16. Secado

El secado se realizó por separado el grano de cada tratamiento y repetición en una lona hasta cuando el grano tuvo un contenido de humedad del 13%.

4.3.17. Almacenamiento

Las semillas se colocaron en envases de tela con su respectiva etiqueta en cuartos ventilados y frescos, protegidos del ataque de ratas y de insectos especialmente polillas (*Eurissacca melanocampta*) y el gorgojo (*Citophilus sp*).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables agronómicas

Cuadro 1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables: Días a la Emergencia (DE), Días al Panojamiento (DP), Días a Floración (DF), Días a Cosecha (DC), Número de Plantas por Parcela (NPP), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura uno (PSML1), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura dos (PSML2), Porcentaje de Severidad de Mildiu Lectura tres (PSML3), Altura de Planta (AP), Longitud de la Panoja (LP), Diámetro de Panoja (DiPa), Porcentaje Acame de Raíz (PAR), Porcentaje Acame de Tallo (PAT), Peso del Grano Por Planta (PGPP), Peso de Mil Granos (PMG), Porcentaje de Grano Grande (PGG), Porcentaje de Grano Pequeño (PGP), Contenido de Saponina (CS) y Rendimiento (RH) en kg/ha al 13% de humedad.

Variables	Tratamientos								MG	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
DE**	5.3A	4.3B	4.3B	4.3B	5.3A	4.3B	5.3A	4.7B	5 días	4.3
DP**	55B	49CD	50C	47DE	56B	66A	57B	46E	53 días	1.4
DF**	70AB	63C	62CD	59DE	68B	72A	70AB	58E	65 días	2.0
DC**	132B	124C	124C	121D	132B	140A	131B	117E	128 días	0.4
NPP*	196B	203B	225AB	217AB	180B	190B	295A	193B	212 plts	15.1
PSML1**	10.7A	9.3 ^a	11A	11A	10.7A	4.7B	10.3A	11A	9.8%	9.3
PSML2*	20.7AB	19.7AB	22.3A	21A	20AB	16B	20.7AB	20.7AB	20.1%	8.5
PSML3**	24A	23.7 ^a	25A	25A	24.3A	19.7B	24.7A	25A	23.9%	3.8
AP**	114.2A	75.9B	72.8B	69.1B	78.2B	78.1B	78.9B	44.3C	76.5 cm	6.4
LP ^{ns}	57.9A	55.7 ^a	53.9A	58.8A	60.2A	61.8A	59A	52.4A	57.5 cm	5.9
DiPa**	10.1AB	10.3AB	8.2B	10.2AB	9.6B	12.4A	10.3AB	7.9B	9.9 cm	8.7
PAR ^{ns}	9.3A	9 ^a	9A	8.3A	10.7A	10.7A	17A	8.7A	10.3%	52.2
PAT ^{ns}	7.3A	7.7 ^a	4.7A	5.3A	8A	5A	7A	3.3A	6.0%	49.4
PGPP**	22.8A	10.5C	7.8D	11.2BC	13.0B	12.2BC	6.9D	4.2E	11.1 g	6.0
PMG**	3.5A	3.1BC	2.8CDE	3BCD	3.2AB	3.2AB	2.8DE	2.7E	3.1 g	3.2
PGG**	91.8AB	94.2AB	94.4AB	93.2AB	95.5A	93.9AB	90.5B	77.5C	91.4%	1.8
PGP**	8.2BC	5.8BC	5.6BC	6.8BC	4.5C	6.1BC	9.5B	22.5A	8.6%	19.0
CS**	1.7A	1.6AB	1.3AB	1.6ABC	1.3BC	1.2C	0.8D	1.5ABC	1.4 cm	9.8
RH**	1444A	866B	702C	669C	869B	916B	705C	325D	812 kg	6.5

ns: no significativo. * Significativo al 5%. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%. MG: Media general. CV: Coeficiente de Variación (%).

La respuesta agronómica del germoplasma de quinua para las variables Longitud de la Panoja, Porcentaje de Acame de Raíz y de Tallo, fueron similares (ns) (Cuadro 1). Estos atributos son varietales y quizá el ambiente no incidió significativamente en los valores promedios.

Para la **Longitud de la Panoja**, se determinó una media general de 57.5 cm con un valor del Coeficiente de Variación (CV) de 5.9%. Para el componente agronómico **Porcentaje de Acame de Raíz**, se tuvo una media general de 10.3% y un valor del CV

de 52.2%. El acame de raíz, no tiene mayor incidencia sobre el rendimiento porque las plantas sólo se inclinan hasta 45° y continúa el proceso fenológico del cultivo. El promedio general para el **Porcentaje de Acame de Tallo** fue de 6.0% y un valor del CV de 49.4% (Cuadro 1). El acame de tallo si tiene una relación significativa negativa sobre el rendimiento, especialmente si éste sucede antes de la fase de grano masoso.

Los valores del CV para el porcentaje de acame de raíz y tallo, son mayores al 20% por cuanto son variables que no están bajo el control del investigador y depende de su fuerte interacción genotipo ambiente, especialmente la presencia del viento y la tolerancia o resistencia del germoplasma al acame. Los valores promedios del acame de raíz y tallo, son relativamente bajos lo cual es un indicador que el germoplasma evaluado de quinua es resistente al acame considerando que en la zona agroecológica de Laguacoto se registran fuertes vientos especialmente en la etapa reproductiva del cultivo.

Sin embargo, el efecto agronómico del germoplasma de quinua, presentó diferencias altamente significativas para las variables Días a la Emergencia, Días al Panojamiento, Días a Floración, Días a Cosecha, Número de Plantas por Parcela, Porcentaje de Severidad de Mildiú a través del tiempo (Lecturas: 1, 2 y 3), Altura de Planta, Diámetro de Panoja, Peso del Grano Por Parcela, Peso de Mil Granos, Porcentaje de Grano Grande, Porcentaje de Grano Pequeño, Contenido de Saponina y el Rendimiento de grano al 13% de humedad (RH) (Cuadro 1).

Para el componente **Días a la Emergencia (DE)**, se registró una media general de 5 días con un coeficiente de variación de 4.3% (Cuadro 1). Los DE dependen de la calidad de semilla, profundidad de siembra, humedad y la concentración de oxígeno en el suelo. Autores como el (INIAP, 2010 y Monar, 2012), reportan un rango de entre 3 y 5 días para la emergencia de las plántulas bajo condiciones climáticas adecuadas especialmente la temperatura, humedad y la calidad de semilla.

La respuesta agronómica de los tratamientos en relación a las variables **Días al Panojamiento, Días a Floración y Días a la Cosecha**, fue muy diferente. Estos

componentes del rendimiento son muy importantes porque están relacionados directamente con el ciclo de cultivo y la demanda actual de los segmentos de la Cadena de Valor de la Quinua (CVQ) es por cultivares medianamente precoces y precoces.

Para la variable **Días al Panojamiento (DP)**, se determinó una media general de 53 días con un valor del coeficiente de variación de 1.4% (Cuadro 1).

Con la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, la accesión más tardía fue el T6: CQ-407 Pasankalla con 66 días. El más precoz fue el tratamiento T8: UEB Crema con 46 días. Con respuesta intermedia estuvieron los tratamientos T1: LPQ-4; T5: Puno Pasankalla y el T7: Quinua Negra con 55; 56 y 57 días respectivamente (Cuadro 1 y Figura 1).

Para el componente del rendimiento **Días a Floración (DF)**, se registró una media general de 65 días con un coeficiente de variación de 2.0% (Cuadro 1).

Aplicando la prueba de comparación de promedios de tratamientos de Tukey al 5%, en respuesta consistente el tratamiento más tardío fue el T6: CQ-407 Pasankalla con 72 días, seguido de las accesiones T1: LPQ-4 y el T7: Quinua Negra con 70 días. La accesión más precoz fue el T8: UEB Crema con 58 días (Cuadro 1 y Figura 1).

Para la variable **Días a la Cosecha (DC)** se determinó una media general de 128 días con un coeficiente de variación de 0.4% (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5% para comparar la separación de medias de los tratamientos, con una respuesta consistente la más tardía fue la accesión T6: CQ-407 Pasankalla con 140 días, seguido de las accesiones T7: Quinua Negra, T1: LPQ-4 y T5: Puno Pasankalla con 131 y 132 días respectivamente. De igual manera la más precoz y con una relación directa con los DP y DF fue el tratamiento T8: UEB Crema con 117 días (Cuadro 1 y Figura 1).

Las variables DP, DF y DC, son características varietales y además dependen de la

interacción genotipo ambiente. Son determinantes la altitud, latitud, temperatura, cantidad y distribución de la precipitación, cantidad y calidad de la luz solar, humedad relativa, y la presencia de vientos. Influyen también la sanidad y nutrición del cultivo.

Los valores promedios registrados para estos componentes son menores a los reportados por Peralta, (2010) en la variedad INIAP Tunkahuan con 90 DP, 110 DF y 180 DC. (Mazón, et al., 2007) para la variedad INIAP Pata de Venado reporta 70 DF y 151 DC. (Monar y Silva, 2015) en proceso de investigación participativa con la línea promisorio ECU 6717, mencionan 95 DP, 115 DF y 185 para los DC. Estos resultados muestran que las variables DP, DF y DC, son varietales y además tienen una interacción genotipo ambiente.

Las accesiones introducidas y validadas en esta investigación, son procedentes de otras latitudes como Chile, Bolivia y Perú. Normalmente el cultivo de quinua en estas regiones está sobre los 3800 m de altitud y al validarlas en latitud “0”, y a 2440 m, las condiciones climáticas son muy diferentes.

Actualmente debido al Cambio Climático (CC), se prefieren cultivares de ciclo intermedio y precoces es decir con un promedio de ciclo de cultivo menor a 150 días.

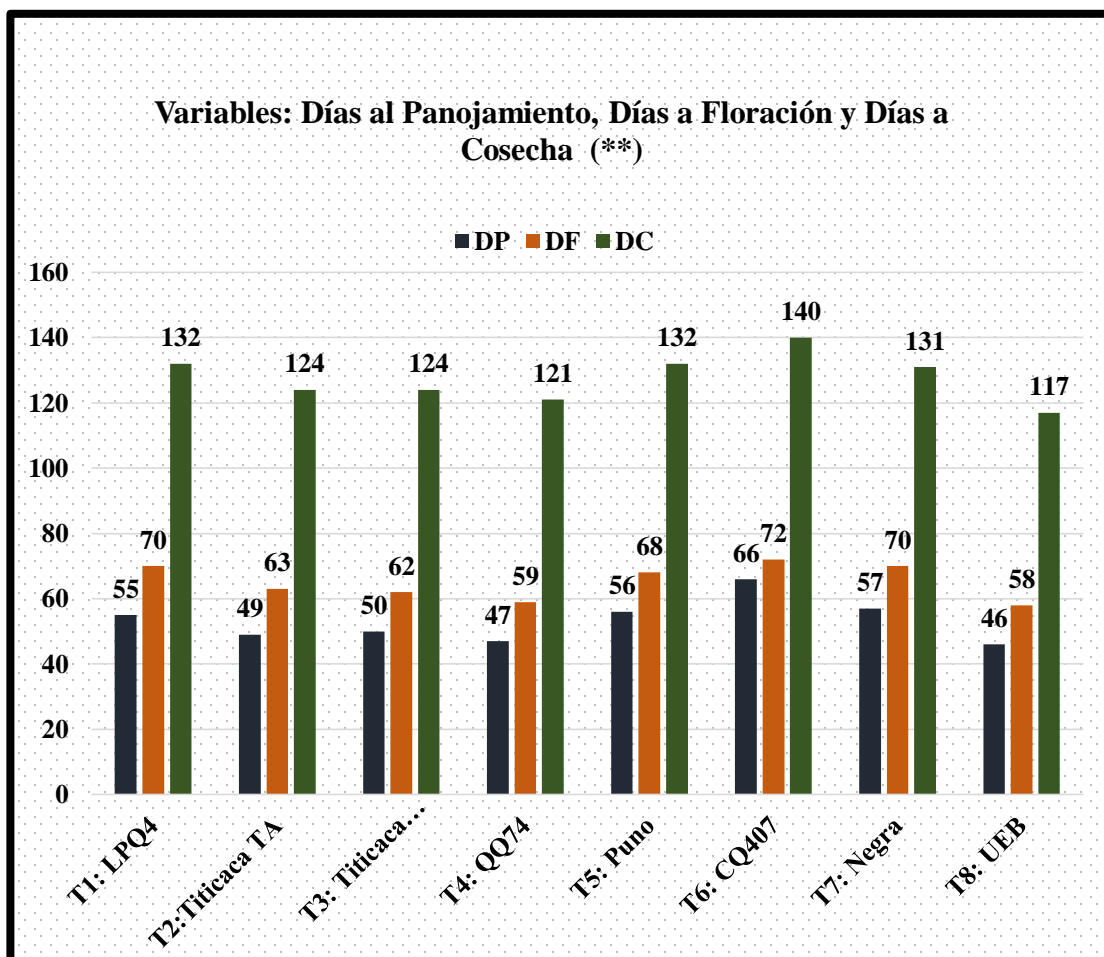


Figura 1. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Días al Panojamiento (DP), Días a Floración (DF) y Días a la Cosecha (DC).

Para el componente **Número de Plantas por Parcela (NPP)**, la respuesta del germoplasma fue muy diferente con una media general de 212 plantas y un valor del coeficiente de variación de 15.1% (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5%, el promedio más elevado correspondió al T7: Quinoa Negra con 295 plantas, seguido de las accesiones T3: Titicaca Tallo Rojo y T4: QQ-74 Misa Misa con 225 y 217 plantas por parcela respectivamente. El promedio inferior se determinó en el tratamiento T5: Puno Pasankalla con 180 plantas (Cuadro 1).

El número de plantas por parcela, depende básicamente de la calidad de semilla,

densidad de siembra, y la adaptación de los nuevos cultivares en esta zona agroecológica. Considerando que la densidad de siembra fue igual para todos los tratamientos (12 kg/ha), siembra a chorro continuo y en el raleo se dejaron 20 plantas por metro lineal, la diferencia en la población final de plantas por parcela quizá fue influenciada por el diferente nivel de adaptación y sobrevivencia del germoplasma en esta zona agroecológica especialmente relacionado a la latitud, altitud, temperatura, cantidad y distribución de la precipitación, tipo de suelo, nutrición y sanidad del cultivo.

La respuesta agronómica de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la zona agroecológica de Laguacoto, en relación al **Porcentaje de Severidad de Mildiú (PSM)** durante el desarrollo fenológico del cultivo, fue muy diferente con una media general en la lectura uno (Panojamiento) de 9.8%, en la lectura dos (Floración) con 20.1% y en la lectura tres (llenado del grano) con 23.9%. Los valores del coeficiente de variación fueron de: 9.3%; 8.5% y 3.8% respectivamente (Cuadro 1).

Para evaluar la incidencia y severidad de mildiú (*Peronospora farinosa*), se han desarrollado y validado varias escalas cualitativas y cuantitativas. La propuesta del (INIAP, 2015), considera una escala de 1 a 9; donde 1 a 3 es un material resistente; de 4 a 6 tiene resistencia media y lecturas de 7 a 9 son accesiones susceptibles. Los valores de 1 a 3 en términos de porcentaje están entre 0 y 30%, lecturas de 4 a 6 con porcentajes del 31 al 50% y de 7 a 9 susceptibles con porcentaje de severidad mayores del 51 al 100% (Anexo 5).

Con la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos, se observa que, a mayor desarrollo fenológico desde el panojamiento hasta la etapa del llenado del grano, se incrementó el porcentaje de severidad de mildiú. En la primera lectura que se realizó en la etapa de panojamiento las accesiones con los valores promedios más elevados estuvieron el T3: Titicaca Tallo Rojo, T4: Titicaca Tallo Amarillo y el T8: UEB Crema con el 11%. El tratamiento menos afectado fue el T6: CQ-407 Pasankalla con un valor de 4.7% (Cuadro 1 y Figura 2).

En la segunda lectura realizada en la etapa de floración, en respuesta consistente la mayor severidad de mildiú, se registró en el T3: Titicaca Tallo Rojo con el 22.3%, seguido de las accesiones T4: Titicaca Tallo Amarillo, T1: LPQ-4, T7: Quinoa Negra y el T8: UEB Crema con un valor promedio de 20.7%. En respuesta consistente la accesión con mayor resistencia fue el T6: CQ-407 Pasankalla con un promedio de 16% (Cuadro 1 y Figura 2).

En la tercera evaluación (llenado del grano) las accesiones más susceptibles fueron los tratamientos T3: Titicaca Tallo Rojo, T4: QQ-74 Misa Misa y el T8: UEB Crema con un promedio del 25% de severidad. El promedio inferior tuvo el T6: CQ-407 Pasankalla con el 19.7% (Cuadro 1 y Figura 2).

La respuesta del germoplasma a la incidencia y severidad de mildiú, es varietal y depende además de la interacción genotipo ambiente. Son determinantes la presencia de una alta humedad relativa, temperaturas frescas, lluvias continuas con una baja intensidad, la densidad de siembra y la nutrición del cultivo. El mildiú principalmente ataca al follaje de la planta y cuando este es muy severo, causa una defoliación total reduciendo el rendimiento hasta el 90% en cultivares susceptibles, porque la tasa de fotosíntesis se reduce drásticamente.

Los valores registrados de la severidad de mildiú, son bajos; es decir son accesiones resistentes a este patógeno, quizá porque la quinua posee una gran variabilidad y plasticidad genética que le permite adaptarse a diferentes zonas agroecológicas desde el nivel del mar y hasta los 4800 m en Bolivia y Perú.

Dentro de las variedades comerciales vigentes en el Ecuador como son INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado, tienen una severidad a mildiú entre 3 y 4 (escala 1 a 9; donde 1 resistente, 9 susceptible) (Monar, 2015).

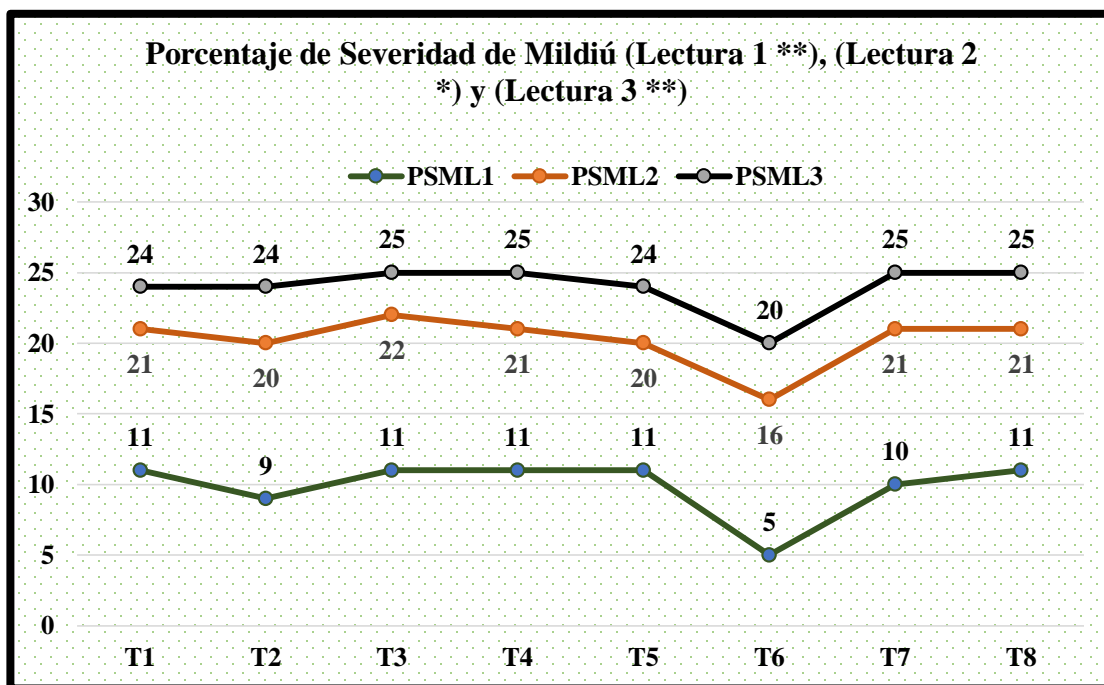


Figura 2. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Porcentaje de Severidad de Mildiú (PSM) a través del tiempo (Lecturas: uno, dos y tres).

Se determinaron diferencias altamente significativas de los tratamientos en cuanto a las variables **Altura de Planta (AP)** y **Diámetro de Panoja (DiPa)** con una media general de 76.5 cm para AP y 9.9 cm para el DiPa, con valores del coeficiente de variación de 6.4% y 8.7% respectivamente (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos de la AP, el promedio superior tuvo el tratamiento T1: LPQ-4 con 114.2 cm. La accesión de menor altura fue el tratamiento T8: UEB Crema con 44.3 cm. El resto de cultivares presentaron valores promedios de entre 69.1 y 78.9 cm (Cuadro 1 y Figura 3).

Los valores promedios reportados en esta investigación con germoplasma procedente de Chile, Bolivia y Perú, son inferiores a la variedad INIAP Tumkahuan y la línea promisorio ECU-6717 que superan los 135 cm. sin embargo comparados con la variedad INIAP Pata de Venado, son similares. En procesos de investigación

participativa y validación en la Granja Laguacoto II con las variedades INIAP Tunkahuan, INIAP Pata de Venado y la línea promisorio ECU-6717, se determinaron alturas medias de 130 cm; 72 y 180 cm respectivamente (Monar y Silva, 2014).

Para la variable DiPa, de acuerdo con la prueba de Tukey al 5%, el promedio más alto se determinó en el tratamiento T6: CQ-407 Pasankalla con 12.4 cm. El promedio inferior correspondió al T8: UEB Crema con 7.9 cm (Cuadro 1 y Figura 3).

Las variables AP y DiPa, son características varietales y dependen también de la interacción genotipo ambiente. Son determinantes la cantidad y distribución de la lluvia, la temperatura, el hábito de crecimiento, tipo de ramificación, sanidad y manejo nutricional del cultivo. Influyen también la latitud, altitud, tipo de suelo, época y densidad de siembra. En general a mayor longitud de panoja, valores promedios menores del diámetro de panoja.

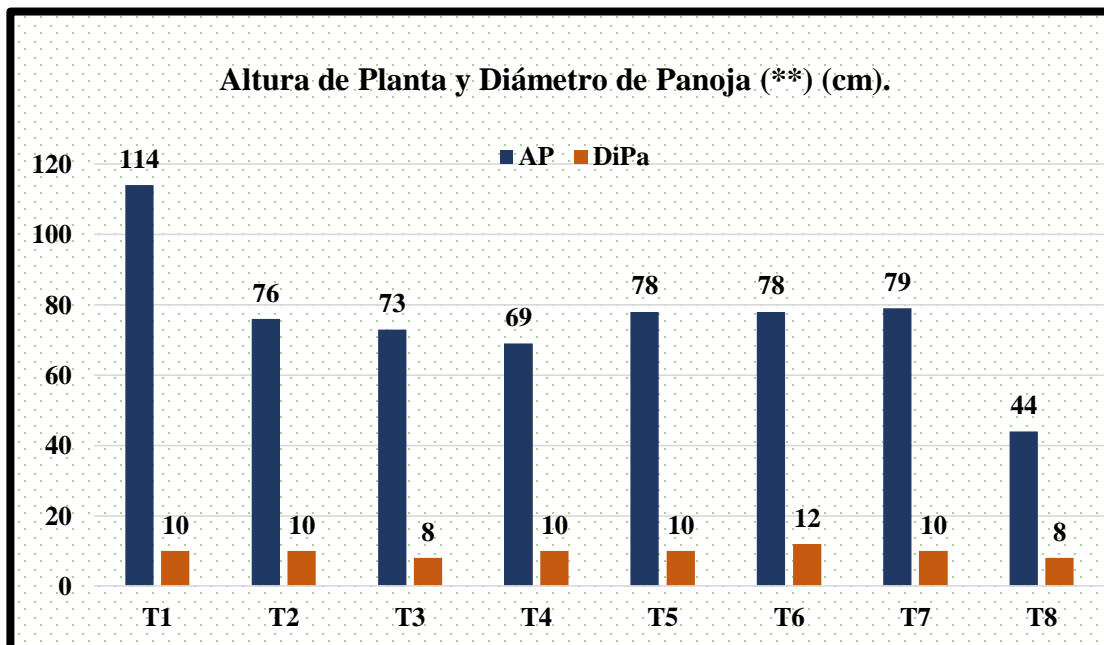


Figura 3. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Altura de Planta (AP) y Diámetro de Panoja (DiPa).

La respuesta del germoplasma de quinua en relación a los componentes del rendimiento **Peso de Grano Por Planta (PGPP)** y el **Peso de Mil Granos (PMG)**, fue muy diferente. Se calculó una media general de 11.1 gramos/planta con un CV de 6.0%. Para el PMG, se registró un promedio general de 3.1 gramos y un valor el CV de 3.2% (Cuadro 1).

Al aplicar la prueba estadística de Tukey al 5%, el promedio más elevado presentó el T1: LPQ-4 con 22.8 g/planta, seguido del T5: Puno Pasankalla con 13.0 g/planta. El valor menor tuvo el T8: UEB Crema con apenas 4.2 g/planta (Cuadro 1 y Figura 4).

Para el componente agronómico del rendimiento PMG, los promedios superiores correspondieron a los tratamientos T1: LPQ-4 con 3.5 g, T5: Puno Pasankalla y el T6: CQ-407 Pasankalla con 3.2 g respectivamente. El menor promedio el T8: UEB Crema con 2.7 g (Cuadro 1 y Figura 4).

Los valores promedios más elevados de los tratamientos T1: LPQ-4 y T5: Puno Pasankalla pudieron darse quizá por una mejor adaptación agronómica en esta zona agroecológica en cuanto a los factores climáticos, edáficos y sanitarios.

Los componentes peso de grano por planta y el peso de mil granos, son atributos varietales y además dependen de la fuerte interacción genotipo ambiente. Factores climáticos determinantes son la cantidad y distribución de la precipitación especialmente en la etapa reproductiva, temperatura, cantidad y calidad de luz solar, calor y la presencia de fuertes vientos especialmente en la etapa de llenado del grano. La sanidad y nutrición del cultivo son también muy determinantes en la adaptación y respuesta del germoplasma.

Autores como (Nieto, et al 1992; Mazón, et al., 2007 y Peralta, 2010), reportan promedios de 2.9 a 3.0 g para el PMG en las variedades INIAP Ingapirca e INIAP Tunkahuan. Para INIAP Pata de Venado 7.6 g/planta y 3.6 g por mil granos.

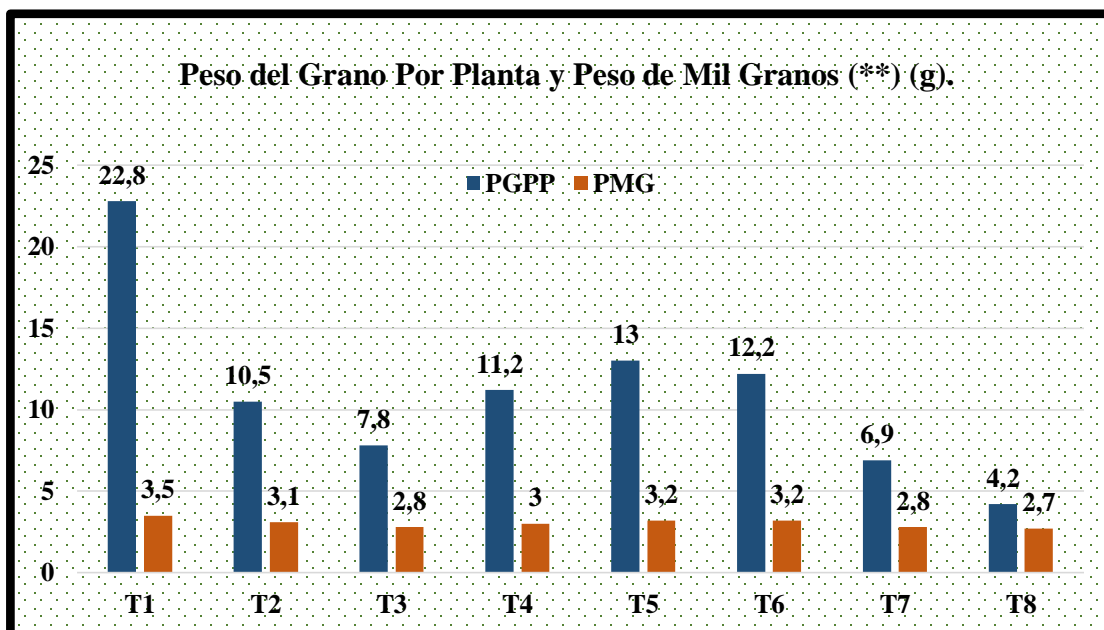


Figura 4. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Peso de Grano Por Planta (PGPP) y el Peso de Mil Granos (PMG).

Para el componente agronómico tamaño del grano expresado a través del **Porcentaje de Grano Grande (PGG)** y **Porcentaje de Grano Pequeño (PGP)**, se calcularon diferencias altamente significativas para las ocho accesiones de quinua. Para el PGG, se calculó una media general de 91.4% con un CV de 1.8% y la media general para el PGP fue de 8.6% con un CV de 19.0% (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5% el promedio más alto del porcentaje de grano grande presentó el tratamiento T5: Puno Pasankalla con el 95.5%, seguido del T3: Titicaca Tallo Rojo con el 94.4%. El promedio inferior se evaluó en el T8: UEB Crema con 77.5% (Cuadro 1 y Figura 5).

En una relación inversa el promedio más alto del porcentaje de grano pequeño, se registró en el T8: UEB Crema con el 22.5% y un menor porcentaje en el T5: Puno Pasankalla con el 4.5% (Cuadro 1 y Figura 5).

El tamaño del grano es una característica varietal y está influenciado también por el ambiente especialmente la humedad, temperatura, calor y la presencia de fuertes

vientos especialmente en la etapa de llenado de grano. Influyen también la sanidad del cultivo y la nutrición, especialmente el nitrógeno que está relacionado directamente con el contenido de proteína y por ende los ácidos grasos esenciales.

(Nieto, et al., 1992; Mazón, et al., 2007 y Peralta, 2010), reportan para las variedades comerciales vigentes liberadas por el INIAP como son INIAP Tunkahuan presenta mayormente granos de tamaño mediano a pequeño (1.7 a 2.1 mm) y para INIAP Pata de Venado de 1.7 a 1.9 mm con un promedio de grano de primera del 80 a 90% utilizando un tamiz de orificios redondos de 1.8 mm de diámetro. Comparando los resultados promedios de las ocho accesiones con excepción del tratamiento T8: UEB Crema, presentaron valores promedios más elevados de grano de tamaño grande. El tamaño y color del grano, son atributos muy importantes en el proceso de adopción de nuevas variedades de quinua. Para el mercado de Ecuador, se prefieren cultivares de grano mediano a grande, colores blanco y crema.

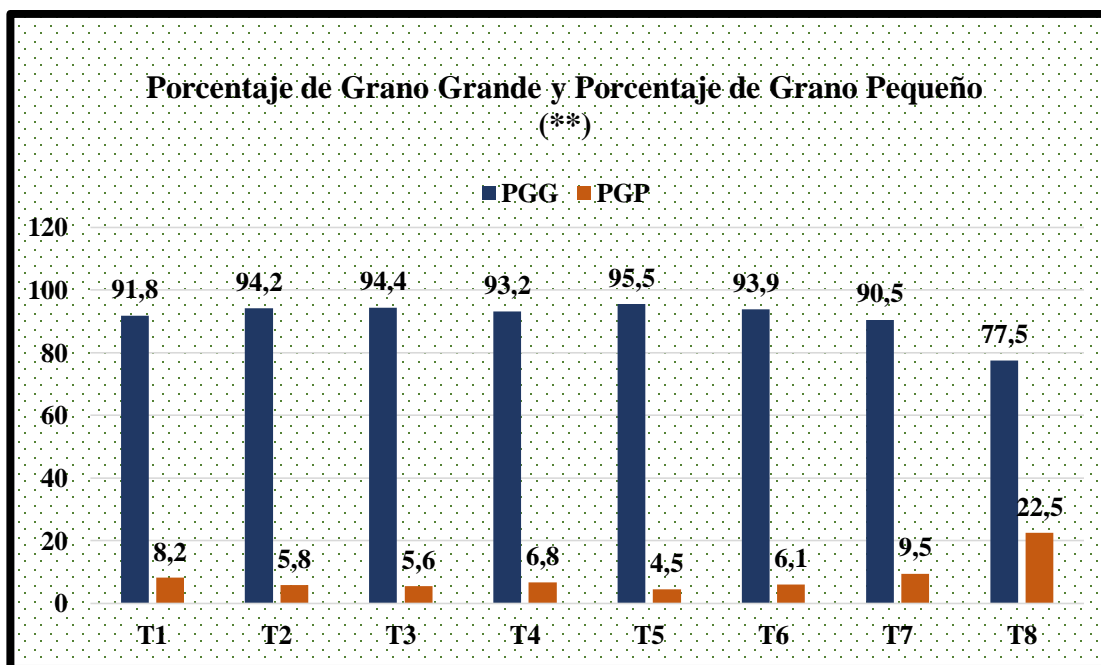


Figura 5. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en las variables Porcentaje de Grano Grande (PGG) y Porcentaje de Grano Pequeño (PGP).

Se calcularon diferencias altamente significativas entre los ocho tratamientos para el **Contenido de Saponina**, con una media general de 1.4 cm y un valor del coeficiente de variación de 9.8% (Cuadro 1).

La saponina es un metabolito secundario, siendo el principal factor anti-nutricional que poseen las plantas de la quinua, dándoles la característica de un sabor amargo esto se debe a que posee un grupo amplio de glucósidos presentes en hojas, tallos, panojas y el grano. El uso que tienen las saponinas se hace presente en jabones, en fármacos anticancerígenos, hemolíticos, entre otros; pero en Ecuador, no se aprovecha aun comercialmente la saponina para la industria (García, et al., 2018).

Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios más altos en cuanto al CS tuvieron los tratamientos T1: LPQ-4 con 1.7 cm, que correspondió a 0.2%, seguido de los tratamientos T2: Titicaca Tallo Amarillo y el T4: QQ-74 Misa Misa con 1.6 cm y 0.19%. El promedio inferior tuvo el tratamiento T7: Quinoa Negra con 0.8 cm y 0.08% (Cuadro 1 y Figura 6).

El CS, es una característica varietal y para el caso de Ecuador, la demanda prefiere quinua con un bajo porcentaje de saponina (quinuas dulces) como es el caso de las dos variedades comerciales vigentes como son INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado, mismas que contienen valores promedios menores a 0.06% (Mazón, et al., 2007 y Peralta, 2010).

De acuerdo a muchos autores como (INIAP, 2008; Mujica, 2010, y García, et al., 2018) consideran valores superiores a 0.11% dentro del grupo de quinuas semiamargas (semidulces). Por tanto, del grupo de accesiones evaluadas, únicamente el tratamiento T7: Quinoa Negra corresponde a quinua dulce o con un bajo contenido de saponina y el resto un contenido medio de saponina.

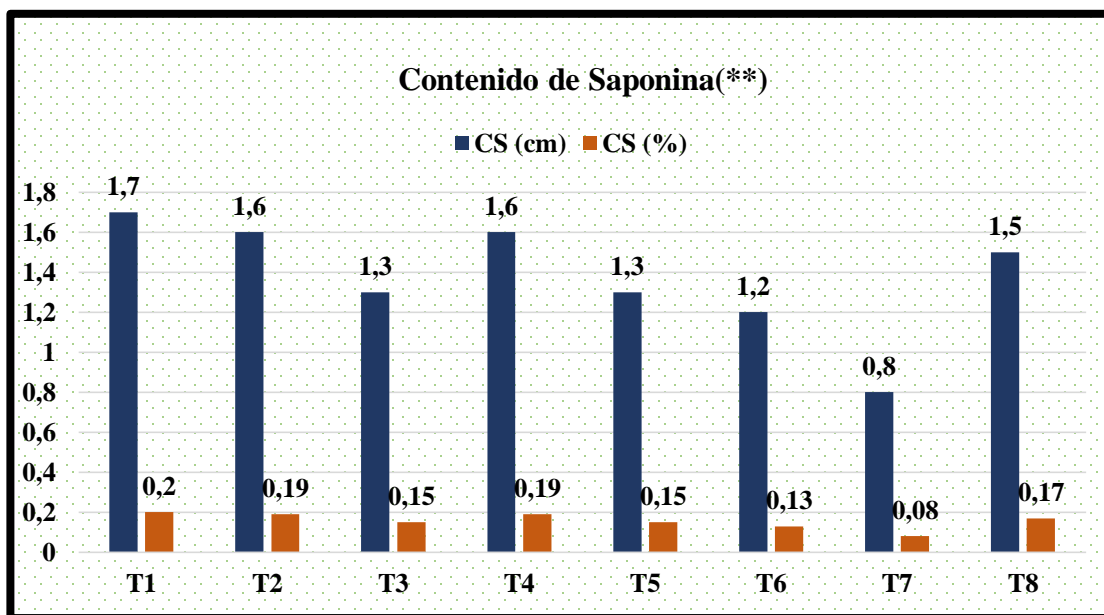


Figura 6. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Contenido de Saponina (CS).

Para la variable más importante como es el **Rendimiento de grano al 13% de humedad (RH)**, la respuesta agronómica de las 8 accesiones de quinua, fue muy diferente (**), con una media general de 812 kg/ha y un CV de 6.5% (Cuadro 1).

Al aplicar la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos, el mayor rendimiento se determinó en el tratamiento T1: LPQ-4 con 1444 kg/ha, seguido del T6: CQ-407 Pasankalla con 916 kg/ha, luego los tratamientos T5: Puno Pasankalla con 869 kg/ha y el T2: Titicaca Tallo Amarillo con 866 kg/ha. El promedio inferior se registró en el tratamiento T8: UEB Crema apenas con 325 kg/ha (Cuadro 1 y Figura 7).

El tratamiento T1: LPQ-4, presentó el rendimiento promedio más elevado porque tuvo los componentes del rendimiento con mayores promedios como fueron la altura de plantas, longitud de la panoja, peso del grano por planta, y peso de mil granos; es decir estos componentes tuvieron una relación directa con el mayor rendimiento de grano por hectárea (Cuadro 1).

Efectivamente el tratamiento T8: UEB Crema, quizá registró el menor rendimiento, porque fue el más precoz, se registró el promedio inferior del número de plantas por parcela, mayor incidencia de mildiú, menor altura de planta y diámetro de panoja, los menores pesos por planta y de mil granos, y el menor porcentaje de grano grande (Cuadro 1).

El rendimiento de grano, es una característica varietal y además depende de su interacción genotipo ambiente. Los factores ambientales más relevantes son la latitud, altitud, la cantidad y distribución de la precipitación especialmente en la etapa reproductiva, temperatura, calor, cantidad y calidad de luz solar y la presencia de fuertes vientos en la formación y llenado del grano. Son relevantes también las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La sanidad y nutrición del cultivo son claves para que el germoplasma demuestre todo su potencial genético.

Los rendimientos obtenidos en esta investigación son en general bajos si comparamos con el promedio de rendimiento de las dos variedades comerciales de quinua como son INIAP Tunkahuan con 2244 kg/ha e INIAP Pata de Venado con 1200 kg/ha y la línea promisorio ECU-6717 con 2800 kg/ha (Mazón, et al., 2007; Peralta, 2010; Monar y Silva, 2015).

Las ocho accesiones validadas en la zona agroecológica de Laguacoto son muy diferentes al territorio de origen de Bolivia, Chile y Perú, especialmente en cuanto a la altitud y latitud. Estas accesiones en reportes, de (Mujica, 2008; Bonifacio, 2009), reportan rendimientos promedios superiores a los 2500 kg/ha.

(Soto, et al., 2019), reportan rendimientos de las variedades Titicaca Tallo Amarillo, Titicaca Tallo Rojo, Puno Pasankalla y Quinua Negra, superiores a los 3000 kg/ha en Ayacucho, Perú en sitios sobre los 3800 m, con un sabor semiamargo y alto contenido de proteína, y grano de tamaño grande, superior a los 2 mm. Estos resultados muestran la fuerte interacción del genotipo ambiente y claramente el tamaño del grano y el rendimiento por planta tienen una relación directa con el rendimiento final de grano/ha.

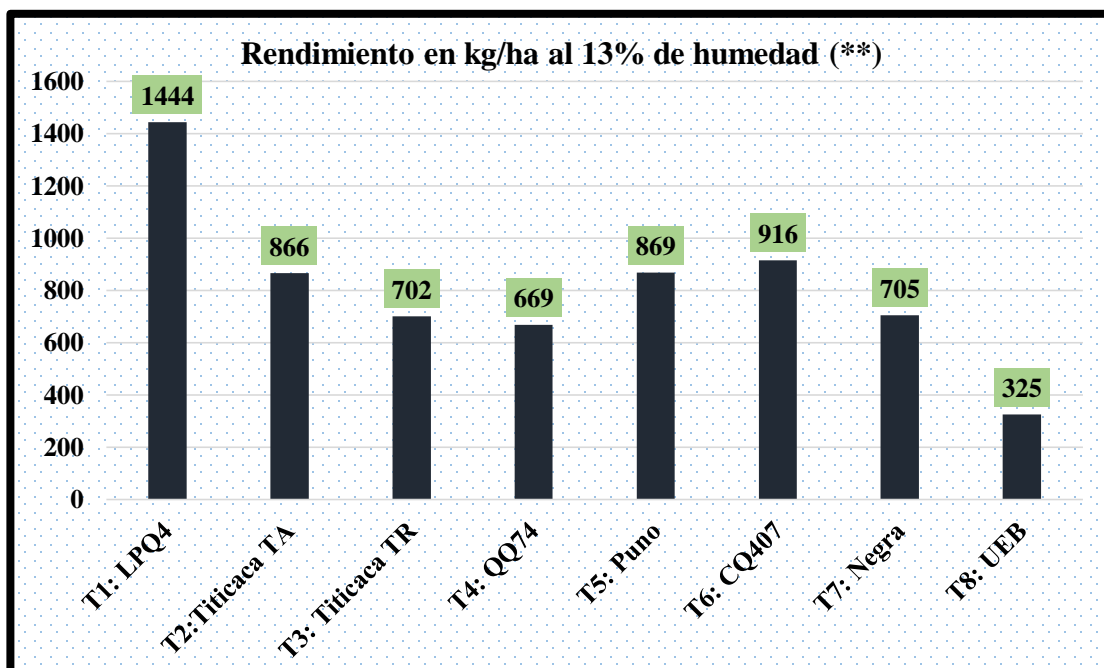


Figura 7. Resultados promedios de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en la variable Rendimiento de grano en kg/ha al 13% de humedad (RH).

5.2. Descriptores morfológicos

Cuadro 2. Principales descriptores morfológicos del grano de ocho accesiones de quinua validadas en la zona agroecológica de Lagucoto.

Accesión	Color	Forma	Sabor	Tamaño
T1: LPQ-4	Blanco	Redonda	Semi margo	Grande
T2: Titicaca Tallo Amarillo	Crema	Redonda	Semi amargo	Grande
T3: Titicaca Tallo Rojo	Café	Redonda	Semi amargo	Grande
T4: QQ-74 Misa Misa	Café	Redonda	Semi amargo	Grande
T5: Puno Pasankalla	Café	Redonda	Semi amargo	Grande
T6: CQ-407 Pasankalla	Crema	Redonda	Semi amargo	Grande
T7: Quinua Negra	Negro	Redonda	Dulce	Mediano
T8: UEB Crema	Crema	Redonda	Semi amargo	Mediano

Para el descriptor **Color del grano**, el tratamiento T1: LPQ-4, que corresponde al 12.5% de las accesiones, presentó un color blanco del grano. Los tratamientos T2: Titicaca Tallo Amarillo, el T6: CQ-407 Pasankalla y el T8: UEB con el 37.5% el grano fue de color crema. En las accesiones T3: Titicaca Tallo Rojo, T4: QQ-74 Misa Misa

y el T5: Puno Pasankalla con el 37.5% tuvieron un color café y el tratamiento T7: Quinoa Negra, tuvo el grano color negro con el 12.5% (Cuadro 2 y Figura 8). El color del grano, se ve afectado a más de la genética por las condiciones ambientales sobre todo en la cosecha.

El atributo color del grano es muy importante para la adopción de nuevas variedades dependiendo de los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Quinoa. Para el caso de Ecuador, se prefieren quinuas de color blanco y crema. No hay la cultura alimenticia para granos de colores rojo, negro, amarillo, etc. Sin embargo, para segmentos de consumidores orgánicos y mercado internacional son muy preferidos los granos multicolores de quinoa.

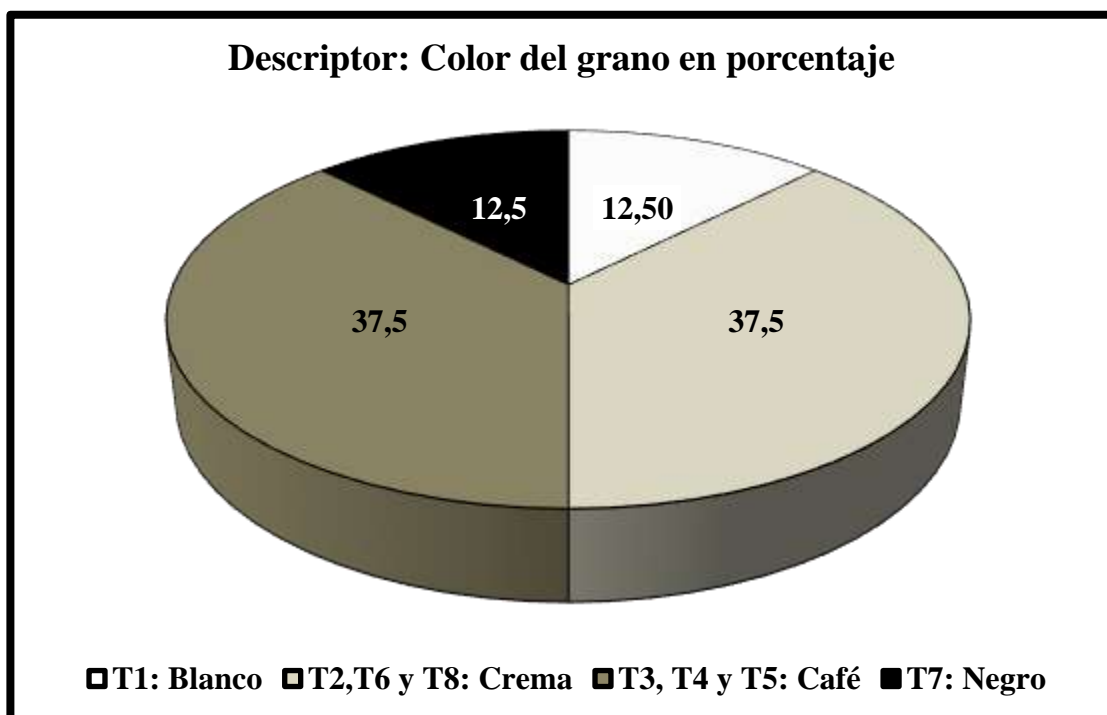


Figura 8. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinoa) en el descriptor color del grano.

Para el descriptor cualitativo sabor del grano, mismo que está relacionado con el contenido de saponina, del germoplasma evaluado, únicamente el tratamiento T7: Quinoa Negra que equivale al 12.5%, presentó el grano de sabor dulce, es decir apenas

con cierta trazabilidad de saponina. El resto de accesiones es decir con el 87.5%, el sabor del grano fue semidulce, esto quiere decir un contenido medio de saponina (Cuadro 2 y Figura 9). De acuerdo a la normativa del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2015), estable para Ecuador quinuas dulces con un contenido menor de 0.05% de saponina.

En los países de la Región Andina como Bolivia y Perú, mayormente se cultivan quinuas amargas que corresponden a la mayor diversidad de cultivares criollos. En Ecuador la preferencia del mercado es por quinuas dulces como las actuales variedades vigentes como son INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado cuyo contenido de saponina es menor a 0.05%.

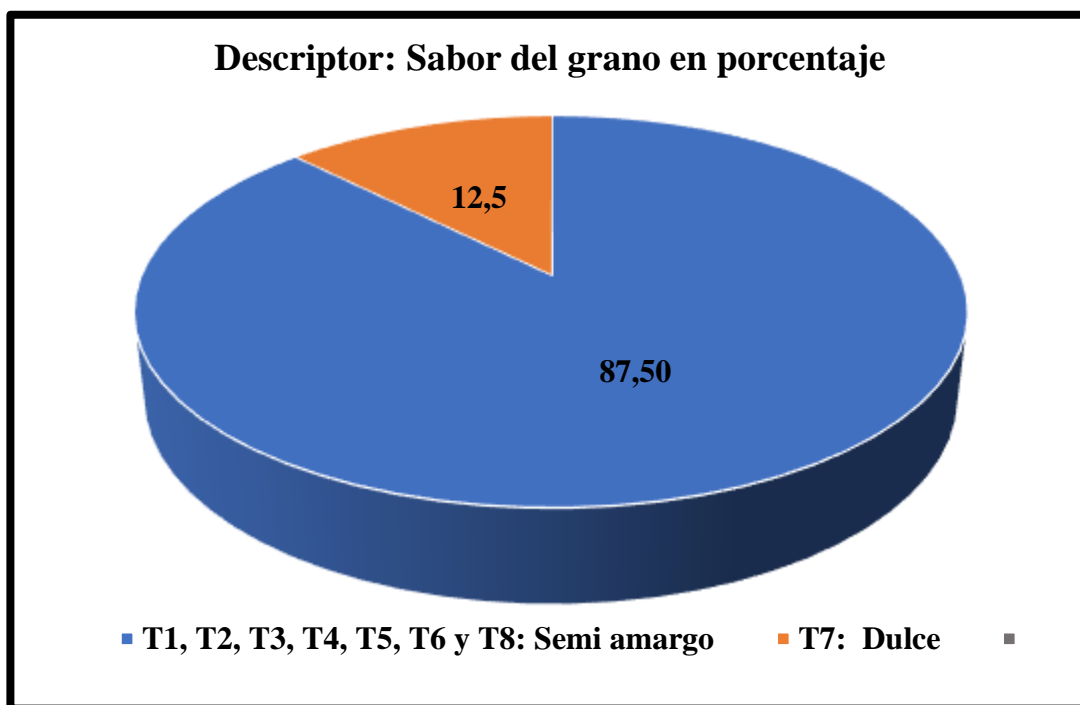


Figura 9. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en el descriptor Sabor cualitativo del grano.

Para el atributo tamaño visual del grano, los tratamientos T7: Quinua Negra y el T8: UEB Crema es decir el 25% presentaron un tamaño mediano. El resto de accesiones tuvieron grano grande lo que significó el 75% (Cuadro 2 y Figura 10).

Generalmente las quinuas amargas con su centro de origen de Bolivia y Perú como la quinua estrella de Bolivia la “Real Boliviana”, presentan granos de tamaño grande. Para el caso de Ecuador las variedades criollas y mejoradas tienen un calibre del grano mediano como son INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado. La línea promisoría ECU 6717, que por varios ciclos agrícolas se evaluó en la Granja Laguacoto y en otras localidades del cantón Guaranda, presenta los granos de un calibre grande, sin embargo, está pendiente la liberación como variedad comercial (Monar y Silva, 2015).

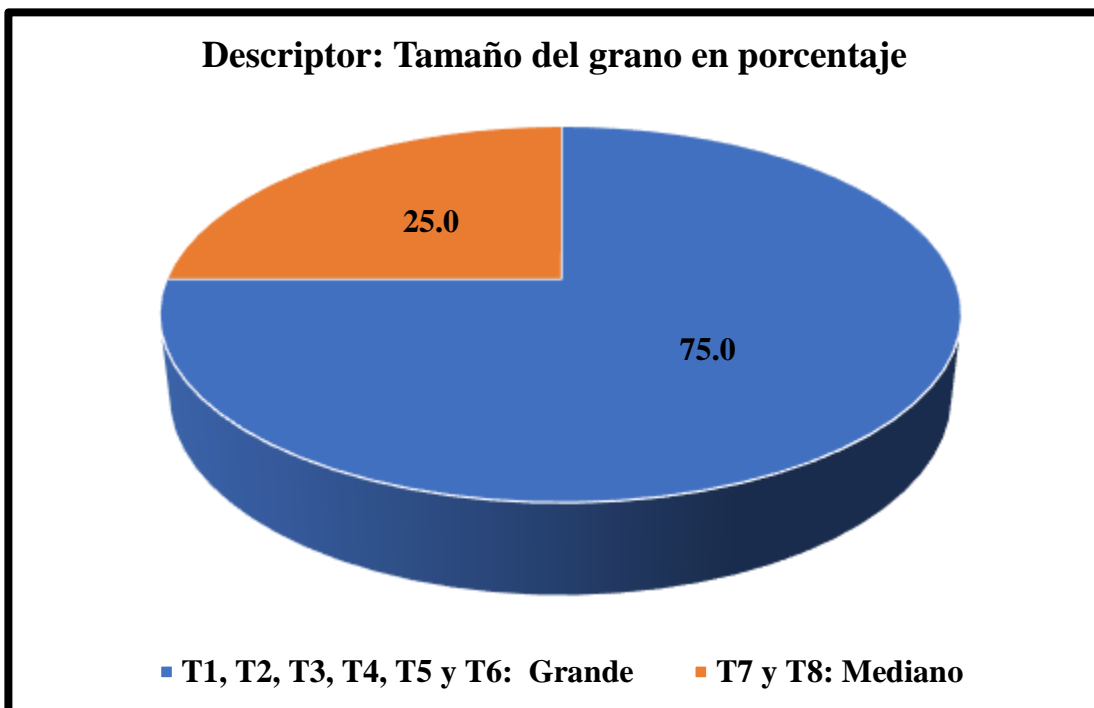


Figura 10. Resultados promedios en porcentaje de los tratamientos (ocho accesiones de quinua) en el descriptor visual Tamaño del grano.

Para la forma del grano el 100% del germoplasma, fue redondo (Cuadro 2).

Los atributos cualitativos como son el color, forma, tamaño y sabor del grano son determinantes para la adopción de nuevas variedades de quinua. Para Ecuador, se prefieren cultivares de ciclo intermedio o precoz, resistentes a las enfermedades foliares como el mildiú, acame del tallo, desgrane de panojas, granos de tamaño grande, color blanco, forma redonda y un bajo contenido de saponina.

5.3. Coeficiente de variación (CV)

El CV es un estadístico, que indica la variabilidad de los resultados y se expresa en porcentaje. Para muchos autores como (Beaver, J., y Beaver, L. 2002), mencionan que el valor del CV en variables que estén bajo el control del investigador como son la altura de planta, longitud y diámetro de panojas, peso por parcela, etc., el valor del CV no debe superar el 20%. Sin embargo, para variables que no estén bajo en control del investigador como la incidencia y severidad de enfermedades foliares, acame de plantas por efecto de los fuertes vientos, los valores del CV pueden ser mucho mayores del 20% y son resultados válidos. Por lo tanto, los resultados estadísticos cuantificados en esta investigación para las variables estudiadas, son válidos para esta zona agroecológica porque son inferiores al 20%.

5.4. Análisis de correlación, regresión lineal y coeficiente de determinación

Cuadro 3. Resultados del análisis de correlación (r) y regresión lineal (b) de los componentes del rendimiento que presentaron significancia estadística significativa con el rendimiento de quinua evaluado en kg/ha al 13% de humedad.

Componentes del rendimiento (Xs)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R ²) (%)
DC vs RH**	0.5784	24.6540	33
AP vs RH**	0.9446	15.3575	85
PGPP vs RH**	0.9476	55.7264	90
PGG vs RH**	0.5358	28.6345	29
PMG vs RH**	0.8897	994.246	76
PGP vs RH**	-0.5359	-28.6424	29

** Altamente significativo al 1%.

5.4.1. Correlación

Correlación es la relación positiva o negativa entre dos variables y no tiene unidades. Su valor máximo es +/-1. En esta investigación los componentes que presentaron una correlación altamente significativa y positiva con el rendimiento fueron el ciclo de cultivo reflejado a través de la variable Días a la Cosecha, Altura de Planta, Peso del Grano Por Planta, Porcentaje de Grano Grande y el Peso de Mil Granos. El componente que redujo el rendimiento fue la variable Porcentaje de Grano Pequeño (Cuadro 3).

5.4.2. Regresión lineal

El concepto más simple de regresión lineal, es el incremento positivo o reducción de la variable dependiente (Y: rendimiento de grano) por cada cambio único de las variables independientes (Xs).

Los componentes agronómicos que incrementaron significativamente el rendimiento de quinua fueron los valores promedios más elevados de los Días a la Cosecha (ciclo de cultivo un poco más tardío), Altura de Planta, Peso del Grano Por Planta, Porcentaje de Grano Grande y el Peso de Mil Granos. El componente que redujo el rendimiento fueron los valores promedios de las accesiones con el mayor Porcentaje de Grano Pequeño (Cuadro 3).

5.4.3. Coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación (R^2), es un estadístico que explica en qué porcentaje se incrementó o redujo el rendimiento de quinua (variable dependiente Y) por cada cambio único de la variable independiente (X). El valor máximo del R^2 es 100% y esto explica un ajuste perfecto a través de la regresión lineal: $Y = a + bX$; donde “Y” es la variable dependiente, “a” es intercepto (valor que tiene Y cuando $X = 0$), “b” es el coeficiente de regresión y “X” la variable independiente.

En esta investigación el 33% de incremento del rendimiento de quinua, fue debido a valores promedios más elevados de accesiones más tardías (Cuadro 3 y Figura 11).

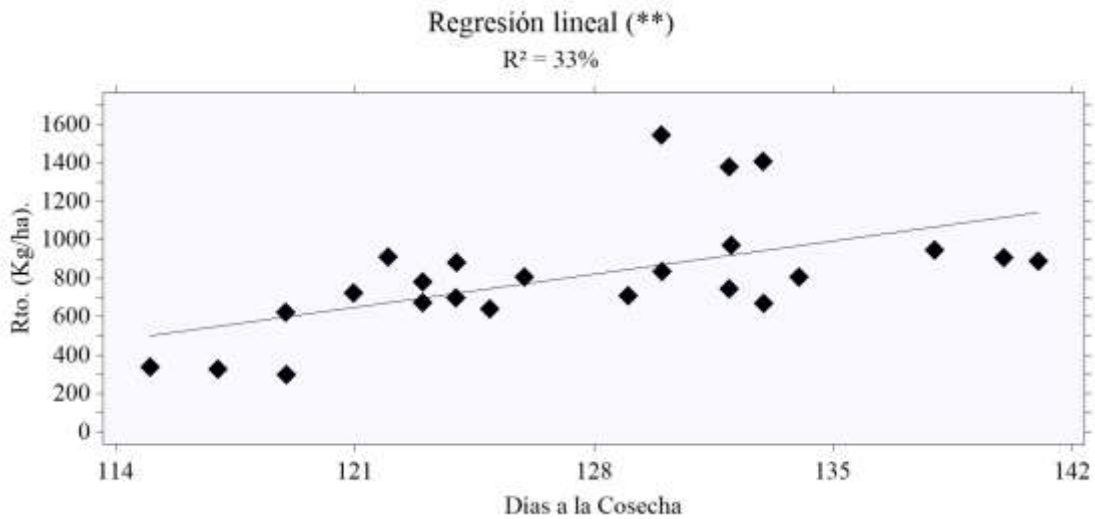


Figura 11. Regresión lineal entre la variable Días a la Cosecha versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

El 85% de incremento del rendimiento de quinua, fue debido a promedios superiores de altura de planta; es decir accesiones de mayor altura de plantas, panojas más largas y, por tanto, mayor rendimiento por planta y por hectárea (Cuadro 3 y Figura 12).

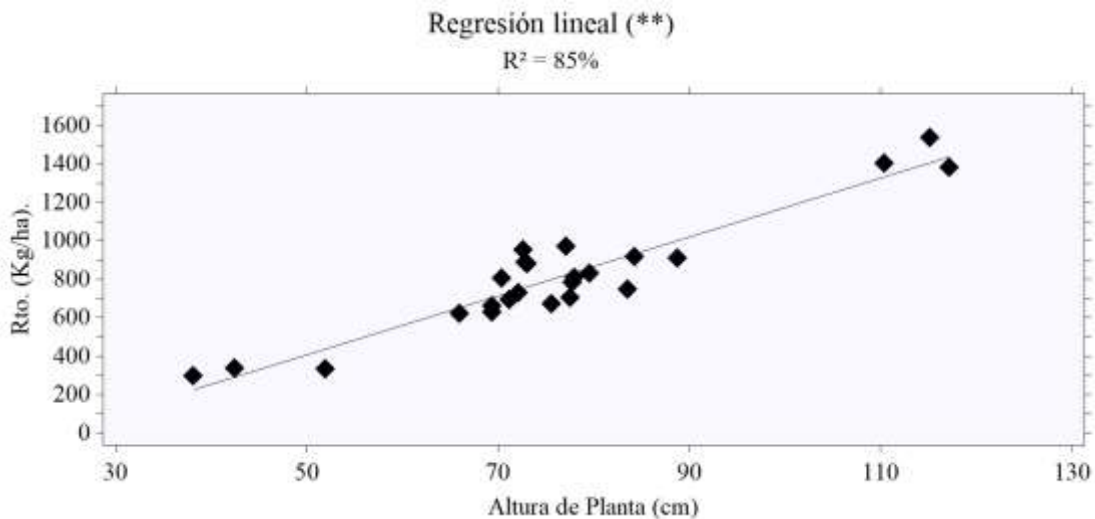


Figura 12. Regresión lineal entre la variable Altura de Planta versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

El mejor ajuste de datos se determinó entre la variable Peso de Grano Por Planta con el rendimiento; es decir el 90% de incremento de grano fue debido a valores promedios

más altos del Peso de Grano Por Planta (Cuadro 3 y Figura 13).

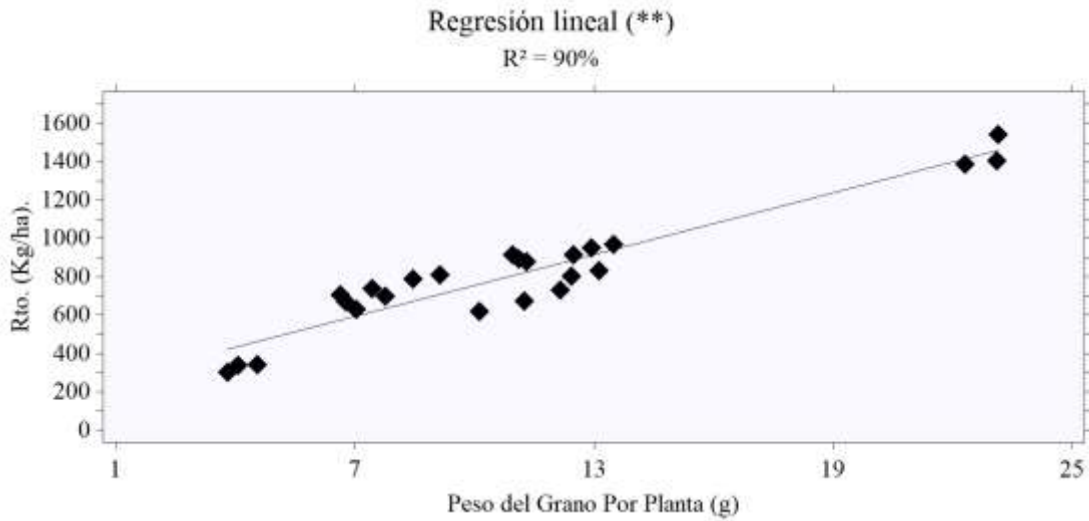


Figura 13. Regresión lineal entre la variable Peso del Grano Por Planta versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

El 29% de incremento del rendimiento, fue debido a valores promedios más altos del Porcentaje de Grano Grande; es decir accesiones de quinua con mayor tamaño del grano, más rendimiento (Cuadro 3 y Figura 14).

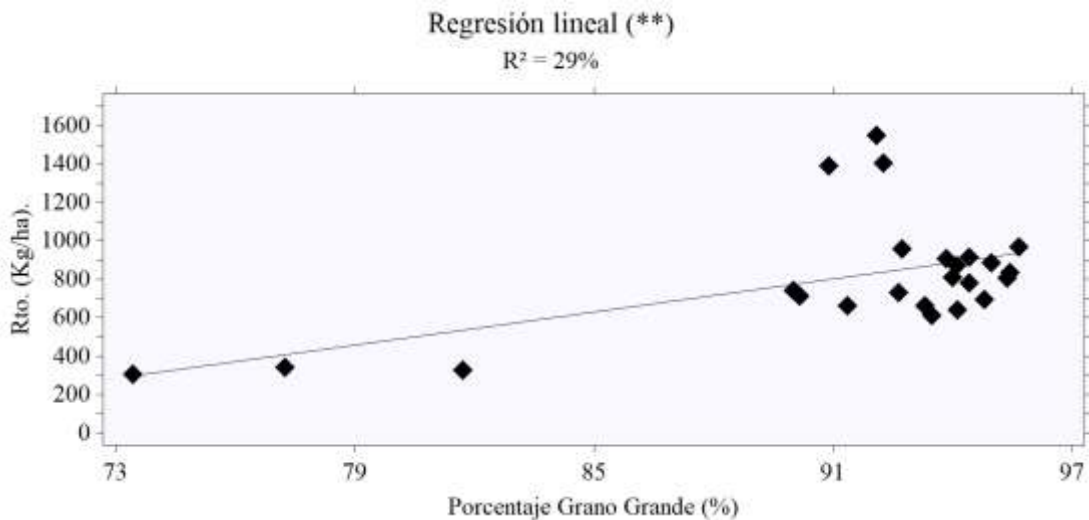


Figura 14. Regresión lineal entre la variable Porcentaje de Grano Grande versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

El componente agronómico Peso de Mil Granos, incrementó el rendimiento de quinua

en un 76% en accesiones con granos de mayor tamaño y peso (Cuadro 3 y Figura 15).

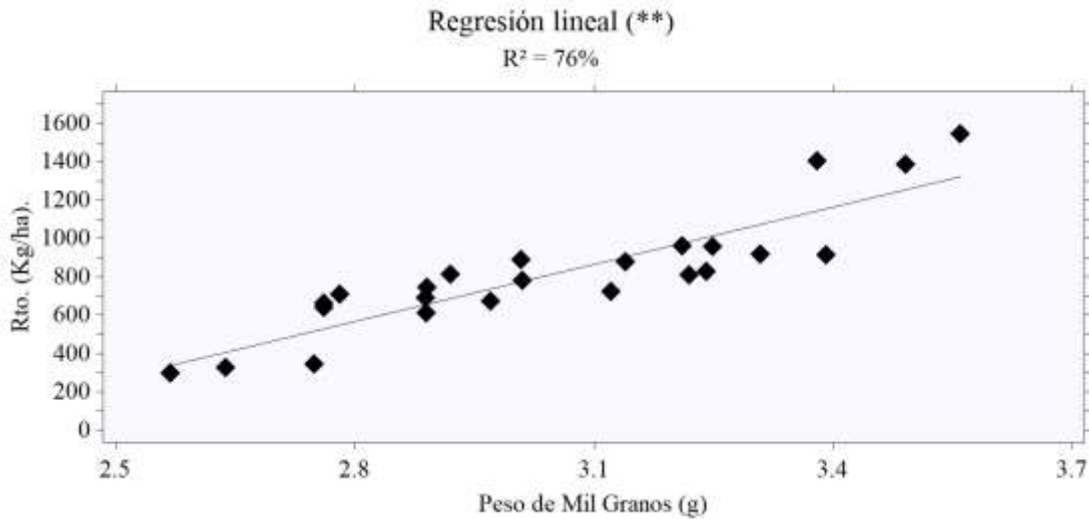


Figura 15. Regresión lineal entre la variable Peso de Mil Granos versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

Se calculó un 29% de la reducción del rendimiento en las accesiones que presentaron valores promedios más altos del Porcentaje de Grano Pequeño (Cuadro 3 y Figura 16).

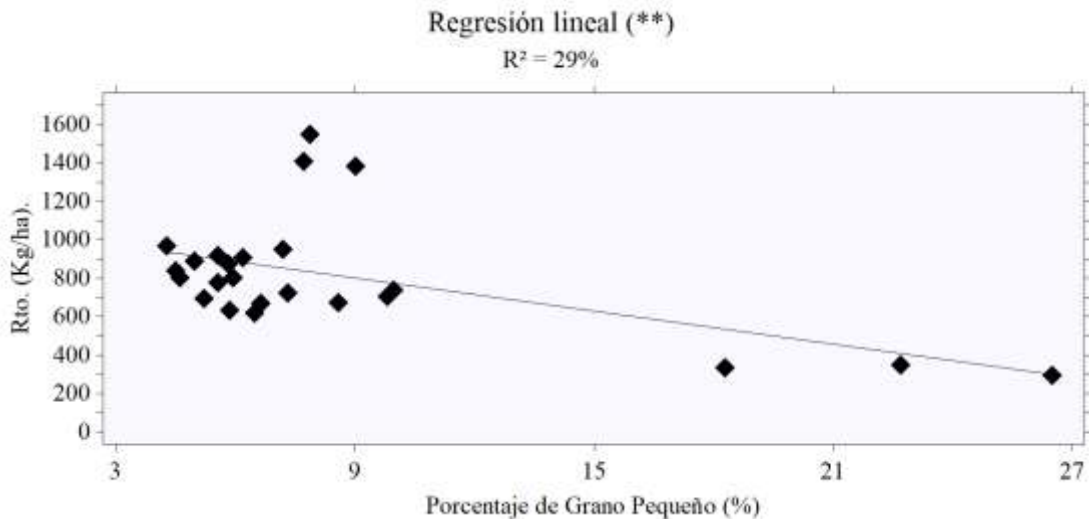


Figura 16. Regresión lineal entre la variable Porcentaje de Grano Pequeño versus el Rendimiento (RH) de grano en kg/ha al 13% de humedad.

Se ha demostrado claramente en esta investigación que son determinantes los componentes agronómicos como el ciclo de cultivo, altura de planta, peso por planta y

el peso de mil granos. Los indicadores de calidad del grano para los segmentos de la Cadena de Valor de la Quinoa, son la sanidad, tamaño, forma y color del grano.

Por lo tanto, el perfil de aceptabilidad de nuevas variedades de quinoa en la provincia Bolívar son medianamente precoces, resistentes al complejo de enfermedades foliares como el mildiú, acame de tallo, desgrane de espigas, color blanco o crema, forma redonda, tamaño grande del grano, y bajo contenido de saponina.

VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis estadística es la suposición que se realiza acerca de las características de una población. Es utilizada para verificarla o rechazarla tras realizar el análisis estadístico pertinente como resultado del estudio experimental de campo. En este estudio de validación de ocho accesiones de quinua en la zona agroecológica de Laguacoto, la hipótesis alterna planteada fue que las características morfoagronómicas de al menos dos tratamientos, son diferentes.

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos, con un 99% de evidencia estadística, se determinaron diferencias altamente significativas para la mayoría de los componentes agronómicos evaluados como fueron los días a la emergencia, días al panojamiento, días a floración, días a la cosecha, número de plantas por parcela, porcentaje de severidad de mildiú a través del tiempo, altura de planta, diámetro de panoja, peso del grano por planta, peso de mil granos, porcentaje de grano grande, porcentaje de grano pequeño, contenido de saponina y en la variable más importante como es el rendimiento de grano evaluado en kg/ha al 13% de humedad. Por tanto, se acepta la hipótesis alterna con suficiente evidencia científica (99%) a través de las pruebas de Fisher y de Tukey.

Sin embargo, para las variables longitud de la panoja, porcentaje de acame de raíz y de tallo, no se calcularon diferencias estadísticas significativas, aceptándose la hipótesis nula, en consideración que los resultados promedios fueron estadísticamente iguales.

Para los descriptores cualitativos como fueron el color, tamaño y el contenido de saponina en el grano fueron diferentes.

De acuerdo a estos resultados, hay suficiente evidencia científica que el germoplasma evaluado en la zona agroecológica de Laguacoto, fue diferente y dependió además de la interacción genotipo ambiente, especialmente relacionado con la altitud, latitud, cantidad y distribución de la precipitación, temperatura, calor y la presencia de vientos, en comparación al origen de este germoplasma que fueron de Bolivia, Chile y Perú.

En base a los resultados, hay germoplasma promisorio y resiliente al cambio climático para dar respuestas apropiadas a los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Quinoa en cuanto al ciclo de cultivo semiprecoz, resistente a mildiú, acame, rendimiento, color, forma y tamaño del grano.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

En función de los resultados generados a través del estudio experimental de campo los diferentes análisis estadísticos y agronómicos, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- La respuesta agronómica y morfológica de las ocho accesiones de quinua evaluadas en la zona agroecológica de Laguacoto fue diferente.
- Para los principales descriptores del grano, se registraron colores: blanco, crema, café y negro, con una forma dominante redonda, tamaño mediano a grande del grano, sabor dulce y contenido medio de saponina.
- El germoplasma evaluado presentó resistencia a la severidad del mildiú, acame de raíz, tallo y desgrane de las espigas.
- El ciclo de cultivo del germoplasma fue precoz y medianamente precoz con valores promedios menores a 150 días a la cosecha.
- El rendimiento promedio más elevado se determinó en los tratamientos T1: LPQ-4 con 1444 kg/ha al 13% de humedad, seguido de la accesión T6: CQ-407 Pasankalla con 916 kg/ha.
- Los componentes agronómicos que incrementaron significativamente el rendimiento fueron los valores promedios más altos de la altura de planta, peso de grano por planta, peso de mil granos y el tamaño grande del grano.
- Para el contenido de saponina en el grano la accesión T7: Quinua Negra presentó el valor promedio más bajo (quinua dulce) y el resto de cultivares un contenido medio de saponina (quinuas semi dulces).

- El perfil de variedades que demandan los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Quinoa para la provincia Bolívar son accesiones medianamente precoces, resistentes al complejo de enfermedades foliares como el mildiu, acame de tallo, desgrane de panojas, rendimiento, grano de color blanco, forma redonda, tamaño grande y un bajo contenido de saponina. Estos atributos tienen mayormente el tratamiento T1: LPQ-4 y para segmentos diferenciados de consumidores orgánicos y mercados internacionales estaría la accesión T7: Quinoa Negra.

7.2. Recomendaciones

De acuerdo a las principales conclusiones, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Validar este germoplasma en Laguacoto y en otras zonas agroecológicas como son el Alto Guanujo, Simiatug y Julio Moreno del cantón Guaranda incluyendo testigos locales como son las variedades INIAP Tunkahuan, INIAP Pata de Venado y la línea promisorio ECU - 6717 que dispone el Banco de Germoplasma de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Es muy importante caracterizar otros descriptores morfológicos, agronómicos y de calidad como son: hábito de crecimiento, tipo de raíz, tipo de ramificación, forma del tallo, color primario y secundario del tallo juvenil y en floración, forma, tamaño, borde y pigmentación de la axila de la hoja, presencia de estrías, color de la planta joven, color de la panoja en flor, color de la panoja en madurez fisiológica, tipo de panoja, pedicelos, peso hectolítrico, contenido de saponina en porcentaje, adaptación, contenido de proteína, cenizas, grasa, fibra bruta, carbohidratos, calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre y energía total (Kcal/100g).
- Con los materiales promisorios de quinua realizar la caracterización molecular para seleccionar germoplasma de calidad para futuras liberaciones de variedades comerciales que demanda la Cadena de Valor de la Quinua.
- Realizar la transferencia de tecnologías sobre el manejo integrado del cultivo de quinua en modelos de producción orgánicos o agroecológicos para segmentos de mercado diferenciados.
- La Facultad de Ciencias Agropecuarias a través de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial dar Valor Agregado a la quinua para contribuir al incremento de consumo de la quinua, misma que es un alimento de excelente calidad nutricional y mitigar la alta tasa de desnutrición crónica infantil de la provincia.

BIBLIOGRAFIA

Alarcón y Bonifacio, (2018). Evaluación de las variables agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y calidad de grano con aplicaciones de niveles de estiércol de ovino y urea. La Paz, Bolivia.

Andrade, (2012). Métodos de mejora genética en maíz (*Zea mays L.*). Quito, Ecuador.

Agrobanco, (2013). Manejo integrado en el cultivo de quinua. Recuperado el 12 de 9 de 2018, de:

<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-d-quinua.pdf>.

Agrocalidad, (2016). Buenas prácticas agrícolas para la quinua. Recuperado el 16 de 10 de 2018, de:

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/guia-quinua-27-09-2016>.

Ashby, (2015). Manual para la evaluación de tecnología con productores: IPRA (Proyecto de Investigación Participativa en Agricultura), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. 102 p.

Basantes, (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. San Golqui: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito, Ecuador

Bazile, et al., (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Ibarra, Ecuador.

Beaver, (2002). Diseños experimentales. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico.

Berdugo, (2014). Antología de la quinua en Boyacá y su papel en el desarrollo rural. Caso: Municipio de Tuta. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNAD. 190 p.

Biodiversity International, (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres. Roma, Italia.

- Bhargava y Srivastava, (2013). Quinoa: Botany, Production and Uses. India.
- Bonifacio, (2008). Evaluación agronómica de 12 cultivares de quinua en el Altiplano Boliviano. La Paz, Bolivia.
- Bonifacio, (2013). Mejoramiento Genético de la Quinoa en los Andes. VICongreso Mundial de la Quinoa y I Simposio Internacional de Granos Andinos. (Ibarra, 8-12 de Jul 2013) Memoria. Ibarra, Ecuador p 17- 18.
- Calla, (2012). Manejo agronómico del cultivo de la quinua. Manallasac: Agrobanco. Obtenido de:
<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-b-quinua.pdf>
- Cultivos Tradicionales, (2010). Manejo del cultivo de quinua.
http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tenologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manuales/Marroz_quinua/Manual_Quinoa.htm.
- Chalá, (2014). Evaluación agronómica de líneas f5 de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*), en dos localidades de la serranía. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito: UCE.93 p.
- Chimbolema, (2021). Caracterización morfo agronómica de germoplasma de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris L.*) en la granja Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Estatal de Bolívar. Carrera de Ingeniería Agronómica. Guaranda, Ecuador.
- Cruces, (2016). Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i5519s.pdf>.
- FAO, (2011). Oficina Regional para América Latina y el Caribe. La quinua cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. La Paz, Bolivia. 58 p.

FAO, (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Guía de cultivo de la quinua. Recuperado el 11 de 9 de 2018, de: <http://www.fao.org/3/ai5374s.pdf>.

Gandarillas, (2002). Mejoramiento de la quinua. Centro internacional de investigación para el desarrollo. San Fe de Bogotá, Colombia.

García, (2016). Estudio del consumo y valoración nutricional de la quinua en Ecuador. Informe de consultoría. FAO/MAGAP. Quito, Ecuador.

García, et al., (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en relación con el suelo y el clima. Informador Técnico [en línea], 2018, (Colombia) 82(2), pp. 241-249. ISSN:2256-5035. DOI <http://doi.org/10.23850/22565035.1451>. Disponible en: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1451/1918.

Gloria, (2009). Investigación Participativa con agricultores: Una opción de organización. Luna Azul, 99-100.

Gómez y Aguilar, (2016). Guía del Cultivo de la Quinua. 2^{da} ed. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. p 1-113.

Guilcapi, (2018). Evaluación de métodos para la extracción de saponina presente en el mojuelo de quinua amarga (*Chenopodium quinoa Willd*). Riobamba, Ecuador.

INEC, (2015). Normas de calidad para la quinua. Quito, Ecuador.

INEN, (1998). Reglamento y normativas de control de calidad de quinua. La Paz, Bolivia.

INIAP y Fundación IDEA, (2001). Manual de producción de Quinua de calidad en el Ecuador. (en línea). Consulta: 23 de septiembre del 2008. Disponible en: http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.concope.gov.ec/Ecunaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnología_innovación.

INIAP, (2008). Informe anual 2008. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA). Quito, Ecuador.

INIAP, (2009). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Informe Anual 2009. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

INIAP, (2010). Informe anual 2010. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA). Quito, Ecuador.

INIAP, (2012). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Informe Anual 2011. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

INIAP, (2015). Escala para evaluar la incidencia y severidad de Mildiú (*Peronospora farinosa*). Quito, Ecuador.

INIAP, (2018). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Manual agrícola de granos andinos chocho, quinua, amaranto y ataco. Recuperado el 12 de 9 de 2018, de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/833/4/iniapscm69.pdf>.

INIAP, (2019). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Informe Anual 2018. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador

Jellen, et al., (2014). Botánica, Filogenia y Evolución. Capítulo número 1.1. En: Bazile, D.; Bertero, D. y Nieto, C., “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 12.

Judd, et al., (2008). Plant Systematics aphylogenetic approach. Sinauer Associates, Inc, Publishers. USA. 811 p.

Lara, (2014). Cómo elaborar proyectos de inversión paso a paso. Quito,Ecuador.

Martínez, (2005). La quinua en el Ecuador. Editorial Publicación MAG. Quito, Ecuador. pp117.

Mazón, et al., (2007). Variedad de quinua INIAP Pata de Venado. Quito, Ecuador.

Monar, (2012). Informe anual de labores. Programa de Producción de Semillas. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.

Monar y Silva, (2014). Informe anual de actividades. Programa de Investigación y Producción de Semillas. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.

Monar y Silva, (2015). Informe anual de actividades. Programa de Investigación y Producción de Semillas. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.

Morales, (2012). Manual de nutrición y fertilización de la quinua (Vol. Primera edición). Lima, Perú: FUNART. Recuperado el 26 de 11 de 2019 de:
<https://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Manual-de-Fertilizacion-de-La-Quinoa.pdf>.

Mujica, et al., (2001). Capítulo II. Agronomía del cultivo de la quinua. In: Mujica A., Jacobsen S.E., Izquierdo J, Marathee J.P., editors. Quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): Ancestral cultivo andino, alimentodel presente y futuro. Santiago de Chile: FAO, UNA, Puno, Perú. pp. 20–48.

Mujica y Jacobsen, (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres. Universidad Mayor San Andrés. La Paz, Bolivia.

Mujica, (2008). Caracterización de germoplasma de quinua. Puno, Perú.

Mujica, (2010). El cultivo de quinua. Puno, Perú.

Nieto, et al., (1992). Variedades INIAP Ingapirca e INIAP Tunkahuan. Quito, Ecuador.

Peralta, (2010). Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto. Publicación Miscelánea No. 169 INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, (2011). La Quinoa en el Ecuador. Estado del Arte. PRONALEG-GA, INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, et al., (2012). Manual agrícola de granos andinos chocho, quinua, amaranto, ataco. Recuperado el 5 de 12 de 2018:

<http://quinua.pe/wpcontent/uploads/2015/02/MANUAL-AGRICOLA-GRANOS-ANDINOS-2012.pdf>

Peralta, et al., (2014). Manual agrícola de granos andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Publicaciones Miscelánea No. 69. 4^{ta} ed. Programa de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Sana Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

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

Sánchez, (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán en el sector Querochaca, Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Ecuador. 7-8 p.

Soto, et al., (2019). Caracterización morfoagronómica de 19 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la sabana de Bogotá. Colombia.

Suquilanda, (2007). Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Quito, Ecuador:

Zañudo, (2016). Consideraciones sobre el manejo agronómico del cultivo de la quinua en el Departamento de Nariño. Organización De Las Naciones Unidas, Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i4956s.pdf>.

Webgrafía:

<https://psicologiaymente.com/social/investigacion-accion-participativa>.

<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

www.fao.org/docrep.

<http://quinua.pe/wpcontent/uploads/2016/04/quinoajn14.pdf>.

A N E X O S

Anexo 1. Mapa físico de la ubicación geográfica del ensayo (GPS)



**Localidad:
Laguacoto
III**

Anexo 2. Base de datos

Codificación de variables agronómicas

Variable No.	Código	Descripción
V1	REP	Repeticiones: 3
V2	TRAT	Tratamientos: 8 Accesiones de quinua
V3	DE	Días a la Emergencia
V4	DP	Días al Panojamiento
V5	DF	Días a Floración
V6	DC	Días a Cosecha
V7	PSML1	Porcentaje Severidad de Mildiú Lectura 1
V8	PSML2	Porcentaje Severidad de Mildiú Lectura 2
V9	PSML3	Porcentaje Severidad de Mildiú Lectura 3
V10	AP	Altura de Planta (cm)
V11	LP	Longitud de Panoja (cm)
V12	DiPa	Diámetro de Panoja (cm)
V13	NPP	Número de Plantas Por Parcela
V14	PAT	Porcentaje Acame de Tallo
V15	PAR	Porcentaje Acame de Raíz
V16	PGPP	Peso del Grano Por Planta (g)
V17	PMG	Peso de Mil Granos (g)
V18	PGG	Porcentaje Grano Grande
V19	PGP	Porcentaje Grano pequeño
V20	RH	Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad
V21	CS	Contenido de Saponina (cm)
V22	PKP	Peso en Kg Por Parcela
V23	CHG	Contenido de Humedad del Grano (%)

Matriz Base de datos

REP	TRAT	DE	DP	DF	DC	PSML1	PSML2
1	1	5	55	69	132	11	20
1	2	4	48	61	124	8	18
1	3	4	48	61	124	10	22
1	4	4	45	57	121	12	23
1	5	5	55	68	132	11	18
1	6	4	65	74	140	4	15
1	7	5	55	69	132	9	17
1	8	4	45	57	117	11	22
2	1	5	54	70	130	11	22
2	2	4	49	63	122	10	20
2	3	4	50	62	123	12	23
2	4	4	47	59	119	10	20
2	5	5	56	67	130	11	22
2	6	4	66	72	138	6	18
2	7	5	57	70	129	11	23
2	8	4	47	58	115	12	20
3	1	6	56	72	133	10	20
3	2	5	50	65	126	10	21
3	3	5	52	63	125	11	22
3	4	5	49	60	123	11	20
3	5	6	57	68	134	10	20
3	6	5	67	70	141	4	15
3	7	6	58	72	133	11	22
3	8	6	46	59	119	10	20

PSML3	AP	LP	DiPa	NPP	PAT	PAR	PGPP
24	117.19	59.69	10.09	201	8	5	22.32
22	73.18	59.51	8.75	235	8	8	11.31
26	71.22	56.22	8.76	288	5	6	7.76
25	72.1	65.83	8.88	206	6	8	12.16
24	77.01	64.2	10.07	213	17	15	13.51
20	88.86	64.67	12.49	158	6	17	12.52
23	83.51	63.18	10.45	299	8	25	7.44
25	52.07	51.53	7.22	218	5	7	4.11
24	115.24	62.1	9.47	228	6	6	23.12
25	84.4	53.61	11.83	221	10	12	10.95
24	77.81	55.26	7.38	205	6	14	8.47
25	65.9	61.3	10.61	272	5	8	10.13
25	79.71	59.67	9.97	159	5	6	13.12
20	72.59	64.71	12.13	222	3	6	12.98
25	77.57	62.13	10.22	290	5	16	6.67
25	42.46	61.56	8.11	193	4	15	4.55
24	110.24	52.19	10.72	160	8	17	23.1
24	70.39	53.9	10.29	153	5	7	9.16
25	69.28	50.2	8.46	181	3	7	7.04
25	69.28	49.24	11.03	173	5	9	11.23
24	77.98	56.84	8.72	168	2	11	12.42
19	72.88	55.99	12.51	190	6	9	11.13
26	75.6	51.77	10.09	296	8	10	6.77
25	38.24	43.98	8.24	167	1	4	3.79

PMG	PGG	PGP	RH	CS	PKP	CHG
3.49	90.93	9.06	1383	1.7	1.69	14.2
3.14	94.14	5.86	875	1.4	1.25	27.8
2.89	94.78	5.22	691	1.3	0.99	26.7
3.12	92.68	7.32	725	1.5	1.04	27.1
3.21	95.7	4.3	966	1.2	1.22	17.3
3.39	93.82	6.18	908	1.3	1.14	16.7
2.89	90	10	741	0.9	0.92	15.6
2.64	81.71	18.29	333	1.5	0.42	16.3
3.56	92.09	7.91	1541	1.8	1.89	14.5
3.31	94.41	5.59	916	1.6	1.31	26.8
3.01	94.4	5.6	783	1.1	1.11	26.4
2.89	93.52	6.48	616	1.7	0.88	27.1
3.24	95.47	4.53	833	1.2	1.18	26.4
3.25	92.77	7.23	950	1.2	1.16	14.6
2.78	90.15	9.85	708	0.8	0.89	17.3
2.75	77.27	22.73	342	1.5	0.43	16.3
3.38	92.25	7.75	1408	1.6	1.72	14.7
2.92	94.03	5.97	808	1.8	1.15	26.5
2.76	94.14	5.86	633	1.4	0.86	23.4
2.97	93.32	6.68	666	1.5	0.94	26.1
3.22	95.37	4.63	808	1.4	1.15	27
3.01	94.99	5.01	891	1.1	1.11	16.9
2.76	91.37	8.63	666	0.7	0.84	17.7
2.57	73.46	26.54	300	1.4	0.37	15.9

Anexo 3. Resultados del análisis de varianza (Diseño de bloques completos al azar).

Randomized Complete Block AOV Table for Altura de Planta

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	167.33	83.66		
TRAT	7	7629.05	1089.86	44.99**	0.0000
Error	14	339.13	24.22		
Total	23	8135.50			

ns: no significativo. * Significativo al 5%. **Altamente significativo al 1%.

Grand Mean: 76.5 cm CV: 6.44%

Randomized Complete Block AOV Table for Contenido de Saponina

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.00083	0.00042		
TRAT	7	1.75167	0.25024	14.25**	0.0000
Error	14	0.24583	0.01756		
Total	23	1.99833			

Grand Mean: 1.4 cm CV: 9.76%

Randomized Complete Block AOV Table for Días a la Cosecha

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	49.33	24.667		
TRAT	7	1131.83	161.690	848.87**	0.0000
Error	14	2.67	0.190		
Total	23	1183.83			

Grand Mean: 127.58 (128 días). CV: 0.34%.

Randomized Complete Block AOV Table for Días a la Emergencia

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	6.7500	3.37500		
TRAT	7	5.1667	0.73810	17.71	0.0000
Error	14	0.5833	0.04167		
Total	23	12.5000			

Grand Mean: 4.7500 (5 días). CV: 4.30%.

Randomized Complete Block AOV Table for Días a Floración

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	10.750	5.3750		
TRAT	7	643.833	91.9762	53.84	0.0000
Error	14	23.917	1.7083		
Total	23	678.500			

Grand Mean: 65.250 (65 días). CV: 2.00%.

Randomized Complete Block AOV Table for Días al Panojamiento

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	22.583	11.292		
TRAT	7	915.292	130.756	226.46**	0.0000
Error	14	8.083	0.577		
Total	23	945.958			

Grand Mean: 53.208 (53 días). CV: 1.43%.

Randomized Complete Block AOV Table for Diámetro de Panoja

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.8499	0.42496		
TRAT	7	41.0076	5.85822	8.02**	0.0005
Error	14	10.2315	0.73082		
Total	23	52.0890			

Grand Mean: 9.85 cm. CV: 8.68%.

Randomized Complete Block AOV Table for Longitud de Panoja

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	391.995	195.998		
TRAT	7	218.769	31.253	2.66 ns	0.0567
Error	14	164.655	11.761		
Total	23	775.420			

Grand Mean: 57.47 cm. CV: 5.97%.

Randomized Complete Block AOV Table for Número de plantas Por Parcela

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	8370.3	4185.17		
TRAT	7	27845.3	3977.90	3.90*	0.0145
Error	14	14273.7	1019.55		
Total	23	50489.3			

Grand Mean: 212.33 (212 plantas). CV: 15.04%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje Acame de Raíz

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	18.083	9.0417		
TRAT	7	168.000	24.0000	0.83 ns	0.5830
Error	14	407.250	29.0893		
Total	23	593.333			

Grand Mean: 10.33%. CV: 52.19%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje Acame de tallo

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	42.583	21.2917		
TRAT	7	59.625	8.5179	0.96 ns	0.4973
Error	14	124.750	8.9107		
Total	23	226.958			

Grand Mean: 6.04%. CV: 49.41%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje de Grano Grande

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.591	0.796		
TRAT	7	713.527	101.932	37.69**	0.0000
Error	14	37.866	2.705		
Total	23	752.984			

Grand Mean: 91.43%. CV: 1.80%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje de Grano Pequeño

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.599	0.799		
TRAT	7	713.535	101.934	37.71**	0.0000
Error	14	37.842	2.703		
Total	23	752.975			

Grand Mean: 8.60%. CV: 19.04%.

Randomized Complete Block AOV Table for Peso del Grano Por Planta

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	3.002	1.5009		
TRAT	7	659.707	94.2438	210.72**	0.0000
Error	14	6.262	0.4473		
Total	23	668.970			

Grand Mean: 11.07 g. CV: 6.04%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje Severidad Mildiú Lectura 1

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	3.583	1.7917		
TRAT	7	98.000	14.0000	16.68**	0.0000
Error	14	11.750	0.8393		
Total	23	113.333			

Grand Mean: 9.83%. CV: 9.32%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje Severidad Mildiú Lectura 2.

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	10.750	5.3750		
TRAT	7	71.292	10.1845	3.51*	0.0217
Error	14	40.583	2.8988		
Total	23	122.625			

Grand Mean: 20.13%. CV: 8.46%.

Randomized Complete Block AOV Table for Porcentaje Severidad mildiú Lectura 3

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.0833	0.54167		
TRAT	7	67.1667	9.59524	11.60**	0.0001
Error	14	11.5833	0.82738		
Total	23	79.8333			

Grand Mean: 23.92%. CV: 3.80%.

Randomized Complete Block AOV Table for Peso de Mil Granos

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.11803	0.05902		
TRAT	7	1.47013	0.21002	21.94**	0.0000
Error	14	0.13403	0.00957		
Total	23	1.72220			

Grand Mean 3.05 g. CV: 3.21%.

Randomized Complete Block AOV Table for Rendimiento en Kg/ha.

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	19122	9561		
TRAT	7	2092813	298973	108.10**	0.0000
Error	14	38720	2766		
Total	23	2150655			

Grand Mean: 812.13 kg/ha. CV: 6.48%.

Anexo 4. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo.

	
<p>Limpieza y Preparación del suelo</p>	<p>Trazado y surcado del ensayo</p>
	
<p>Fertilización inicial y siembra del ensayo.</p>	<p>Registro días a la emergencia.</p>



Fertilización complementaria del ensayo.



Evaluación de mildiú.



Registro de Días a la Cosecha



Trilla



Evaluación del contenido de humedad de cosecha.



Registro del peso de campo en kg por parcela.



Peso de 1000 Gramos.



Determinación de contenido de Saponina.



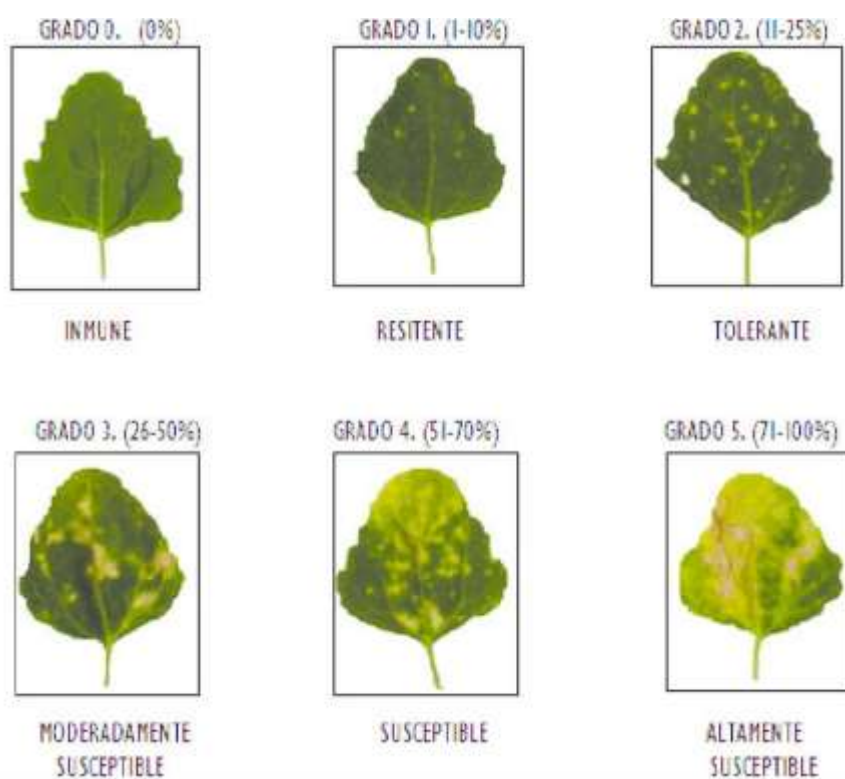
Registro de color del Grano



Visita de Productores

Anexo 5. Escala para la evaluación de la severidad de mildiu (*Peronospora farinosa*) (INIAP, 2015).

Escala	Avance de la enfermedad
1-3	Primer tercio bajo de la planta (35 %).
4-6	Segundo tercio medio (35 %).
7-9	Último tercio superior de la planta (30 %).



Anexo 6. Glosario de términos técnicos

Accesiones. - En términos agrícolas se refiere a cada uno de los materiales en estudio ya sean líneas, variedades, híbridos que se van a evaluar dentro de un ensayo, es decir se refiere a cada uno de los tratamientos en estudio.

Alveolo. – Hoyo pequeño de una superficie, frecuente en el receptáculo de las compuestas (Asteraceae).

Aynoka. - Es el banco de germoplasma en cultivo (*in situ*) de la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres con los cuales está estrechamente relacionada y en algunos casos entrecruzándose para mantener la variabilidad genética que la caracteriza a la quinua.

Biodiversidad. - También denominada diversidad biológica, se refiere al número de distintas especies en un área dada.

Caracterización. – Caracterizar es establecer todos los caracteres de un género o especie. La caracterización vegetal tiene diferentes finalidades: Identificación o determinación, sistemática, análisis de la diversidad genética, Gestión de bancos de germoplasma etc.

Cotiledones. - Hoja primera que, sola o junto a otra u otras, se forma en el embrión de una planta fanerógama, modificada especialmente y que en algunos casos acumula sustancias de reserva.

Descriptor. - Es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión.

Dicasio. - Inflorescencia cimosa en la que, por debajo del eje principal, y que remata en una flor, se desarrollan dos ramitas laterales también terminadas en flor.

Diversidad Genética. - Se refiere a la variación hereditaria dentro y entre poblaciones de determinada especie o grupo de especies. La diversidad genética que tienen las especies les permite responder y adaptarse (o no) a los cambios en su entorno.

Ecotipos. - Es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales.

Fenotipo. - Complejo total de caracteres de los organismos anatómicos, fisiológicos, bioquímicos, psíquicos, etc.

Genotipo. - Complejo total de información genética propia de un individuo dado. (Complejo de genes, constitución hereditaria).

Germoplasma. - Es la recopilación de variedades, accesiones, líneas, híbridos, etc. De una determinada especie que contienen características genotípicas y fenotípicas propias o que se han modificado por algún factor externo natural o artificial.

Híbrido. - En la cría y en la agricultura, los híbridos son plantas o animales producidos por un cruzamiento de dos variedades o especies genéticamente diferentes. Las plantas híbridas se crean cuando el polen de un tipo de planta se emplea para polinizar una variedad completamente diferente, resultando en una planta totalmente nueva. A menudo los híbridos no son fértiles y por lo tanto no pueden reproducirse.

Línea. - Es un individuo, o al grupo de individuos que descienden del germoplasma por autofecundación, que es homocigótico y que mantiene constantes sus caracteres.

Pedigrí. - Es un documento que analiza las relaciones genealógicas de un ser vivo en el contexto de determinar cómo una cierta característica o fenotipo se hereda y manifiesta de una generación a otra.

Perianto. - Conjunto de las hojas florales que forman la envoltura de la flor.

Pericarpio. - Parte exterior del fruto de las plantas que envuelve a las semillas.

Perigonio. - Perianto formado por sépalos y pétalos indistinguibles entre sí.

Perisperma. - Tejido de reserva de algunas semillas. Semillas perispermadas: el perisperma es el tejido nucelar que perdura y se carga de sustancias de reserva. Se encuentra en la familia de las Chenopodiaceae.

Saponina. - Sustancia que se encuentra en la quinua, soya y en muchas otras plantas. Las saponinas podrían ayudar a bajar el colesterol y podrían tener efectos contra el cáncer.

Semilla. - Grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie con las mismas características de sus progenitores.

Variedad. - Es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie.

Zona Agroecológica. - Un área geográfica con características similares en términos de clima, relieve y los suelos, y/o cobertura de la tierra, y un rango específico de potencial y limitaciones para el uso de la tierra.