

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) INTERCALADA
CON CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L) EN CONDICIONES DE POPAYÁN – CAUCA



ANDREA MOSQUERA CHACÓN
DAYANA MARYID SAMBONI ZEMANATE

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) INTERCALADA
CON CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L) EN CONDICIONES DE POPAYÁN – CAUCA

ANDREA MOSQUERA CHACÓN
DAYANA MARYID SAMBONI ZEMANATE

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de
Ingeniera Agropecuaria

Directores
I.A. M Sc. CONSUELO MONTES ROJAS
I.A M Sc. WILSON ANCHICO JOJOA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

Nota de aceptación

Los directores y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

I.A. M Sc. CONSUELO MONTES ROJAS
Directora

I.A M Sc. WILSON ANCHICO JOJOA
Director

Mg . FABIO ALONSO PRADO CERÓN
Presidente del Jurado

Mg. NOÉ ALBÁN LÓPEZ
Jurado

Popayán, 21 de abril de 2022

DEDICATORIA

Andrea Mosquera Chacón

A mi padre Edward Andrés Mosquera Agredo.

Este logro es para ti padre por tu amor, tu apoyo incondicional, el sacrificio de todos estos años, tus enseñanzas, tu sabiduría, tu paciencia y en especial tu perseverancia por sacar a la familia adelante.

A mis hermanos y hermanas.

Porque a su lado he formado mi ser, han creído en mis sueños y metas a lo largo de la vida brindándome su apoyo y motivación día a día.

A mi mejor amiga Zorany Karina Cerón Gallego.

Por lo que representa para mí, desde que te conocí siempre has estado en momentos cruciales de mi vida brindándome tu lealtad y amistad incondicional.

Dayana Maryid Samboni Zemanate

A mi padre Argemiro Samboni Espinoza

Quien hace muchos años partió de mi lado, pero siempre estará en lo más profundo de mi corazón. Sus recuerdos siempre son mi fortaleza para levantarme cada día a luchar por mis sueños y sé que hoy donde esté se siente muy orgulloso de mí.

A mi abuelo Andrés Zemanate Joaquí

Quien es mi gran ejemplo a seguir, con su sabiduría y amor a guiado mi camino.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor y bendiciones, acompañándome en cada momento de mi vida, llegar hasta aquí es un gran logro y el inicio de muchos más. Amén.

A mi padre que siempre está presente en cada paso que doy día a día. Gracias infinitas.

Andrea Mosquera Chacón

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud para poder terminar mi carrera.

A mi madre Mary Luz Zemanate quien ha hecho un gran esfuerzo por sacarnos adelante a mis hermanos y a mí.

También a mis compañeros de la carrera de ingeniería agropecuaria que se convirtieron en amigos, que en cada momento estuvieron allí aconsejándome para que no desfalleciera, a ellos gracias por cada momento compartido.

A la señora Aleida Mosquera quien me dio el medio para poder soñar con estudiar una carrera universitaria, por la confianza, los consejos y por su valiosa amistad incondicional.

A mi gran amiga Carolina Zúñiga y su familia que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

A todos mis compañeros de lucha universitaria de quienes aprendí tener un pensamiento crítico y a luchar por nuestros derechos.

Dayana Maryid Samboni Zemanate

A la UNIVERSIDAD DEL CAUCA por dar la oportunidad de estudiar.

A nuestra directora de tesis I.A. M. Sc Consuelo Montes por brindarnos su tiempo y conocimientos para poder terminar nuestros estudios.

A nuestro director de tesis I.A. M. Sc Wilson Anchico Jojoa quien confió en nosotras para hacer parte de su equipo de trabajo para aportar datos de investigación en su trabajo de tesis doctoral, a él, por brindarnos su tiempo y sus conocimientos.

Y de manera general a cada uno de los profesores que nos formaron profesionalmente.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Vereda Claridad del municipio de Popayán Cauca, con el objetivo de evaluar y comparar características agronómicas de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) intercalada en cultivo de café (*Coffea arabica* L) para determinar su potencial de adaptación a regiones cafeteras de Popayán.

El área de estudio fue de 406m² entre el café en estado de zoca y la siembra de quinua, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron sembradas con 5 progenies de Brs Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5, BCX6) y 5 accesiones (San José, Aurora, Piartal, Tunkahuan, Blanca dulce de Jericó). Se tomaron datos cada semana para evaluar el número de días después de la siembra que tardaba cada fase del ciclo fenológico, las cuales fueron días a emergencia, días a formación del primer, segundo y tercer par de hojas verdaderas, días a ramificación, días a inicio de panojamiento, días a panojamiento, días a inicio de la floración, días a floración, días a formación de grano acuoso, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a madurez fisiológica. En momentos de la cosecha se tomaron los datos, para altura de planta, longitud de panoja central y perímetro de panoja. Ya posterior a la cosecha se llevaron las plantas a un proceso de secado natural, trilla, limpieza, y almacenamiento de grano, hasta que llegara a un porcentaje de humedad del 12% para realizar los cálculos de rendimiento de materia seca, índice de cosecha, peso de mil granos y rendimiento de grano seco/ha.

Todos los genotipos de quinua presentaron ciclos precoces inferior a 118 días después de la siembra, destacándose San José, Aurora, BCX1 y BCX4, con promedios inferiores a 110DDS. Los rendimientos de grano en quinua oscilaron entre 1120kg.ha⁻¹ y 2900kg.ha⁻¹, sobresaliendo la progenie BCX6 con 2900kg.ha⁻¹ y la accesión Piartal con 2883kg.ha⁻¹. Por otro lado, todos los genotipos presentaron potencial de adaptación en una siembra intercalada con café en estado de zoca.

Palabras claves: genotipos, ciclo fenológico, variabilidad genética, características agronómicas.

ABSTRACT

The present research work was developed in the Vereda Claridad of the municipality of Popayán Cauca, with the objective of evaluate and compare agronomic characteristics of genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) intercropped in coffee cultivation (*Coffea arabica* L) to determine its potential for adaptation to coffee grow up regions of Popayán.

The study area was 406m² between the coffee in the zoca state and the quinoa planting, using a completely randomized block design with four replications. The plots were planted with 5 progenies of Brs Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5, BCX6) and 5 accessions (San José, Aurora, Piartal, Tunkahuan, Blanca dulce de Jericó). Data were taken each week to evaluate the number of days after planting that each phase of the phenological cycle took, which were days to emergence, days to formation of the first, second and third pair of true leaves, days to branching, days to start of panicle, days to panicle, days to start of flowering, days to flowering, days to watery grain formation, days to milky grain, days to pasty grain and days to physiological maturity. At harvest times, data were taken for plant height, central panicle length and panicle perimeter. After the harvest, the plants were taken to a process of natural drying, threshing, cleaning, and grain storage, until it reached a moisture percentage of 12% to perform the calculations of dry matter yield, harvest index, thousand grain weight and dry grain yield/ha.

All quinoa genotypes presented early cycles less than 118 days after planting, highlighting San José, Aurora, BCX1 and BCX4, with average less than 110 DDS. Quinoa grain yields range between 1120 kg. ha⁻¹ and 2900kg.ha⁻¹, with the BCX6 progeny standing out with 2900kg.ha⁻¹ and the Piartal accession with 2883kg.ha⁻¹. On the other hand, all the genotypes show adaptation potential in an intercropped planting with coffee in the zoca state.

Keywords: genotypes, phenological cycle, genetic variability, agronomic characteristics.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO REFERENCIAL	15
1.1 LA QUINUA	15
1.1.1 Origen.	15
1.1.2 Características taxonómicas y botánicas.	15
1.1.3 Morfología de la quinua.	16
1.1.4 Fenología de la quinua.	17
1.1.5 Requerimientos agroclimáticos del cultivo.	19
1.1.6 Fertilización y densidad de siembra.	19
1.1.7 Contenidos nutricionales de la quinua.	20
1.1.8 Usos de la quinua.	20
1.1.9 Importancia de la quinua en un sistema integrado de producción	21
1.2 CAFÉ O CAFETO	22
1.2.1 Renovación del cafeto	23
1.2.2 Café o cafeto en asociación	23
2. METODOLOGIA	25
2.1 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN	25
2.2 SELECCIÓN DE GENOTIPOS	25
2.2.1 BRS Syetetuba	25
2.2.2 Tunkahuan	25
2.2.3 Blanca Dulce Jericó	25

	pág.
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	26
2.4 ACTIVIDADES	26
2.4.1. Toma de muestra para análisis de suelo con el fin de establecer el plan de fertilización de quinua	26
2.4.2 Manejo del cultivo.	27
2.4.2.1 Preparación del terreno	27
2.4.2.2 Encalado y abonado	27
2.4.2.3. Siembra y fertilización	27
2.4.2.4 Raleo.	28
2.4.2.5 Desyerba	29
2.4.2.6 Aporque y segunda fertilización.	29
2.4.3 Cosecha	29
2.4.3.1 Trilla	31
2.4.3.2 Limpieza	31
2.4.3.3 Almacenamiento.	31
2.5 VARIABLES DE RESPUESTA	32
2.5.1 Ciclo fenológico.	32
2.5.2. Altura de planta	32
2.5.3 Longitud de panoja central	33
2.5.4 Perímetro de la panoja	33
2.5.5 Rendimiento de materia seca	33
2.5.6 Índice de cosecha (CI).	33
2.5.7 Peso de 1000 granos.	33
2.5.8 Rendimiento de grano seco/ha.	34

	pág.
2.5.9 Evaluación de enfermedades.	34
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1 CICLO FENOLÓGICO	36
3.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES AGRONÓMICOS	40
3.3 EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES	43
4. CONCLUSIONES	45
5. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	56

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Estadios fenológicos de la quinua	18
Cuadro 2. Contenido de nutrientes de <i>Chenopodium quinoa</i>	20
Cuadro 3. Análisis de varianza entre etapas del ciclo fenológico de quinua intercalada con café en estado de zoca	36
Cuadro 4. Ciclo fenológico de quinua intercalada con café en estado de zoca en días después de siembra (DDS) y prueba de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$)	37
Cuadro 5. Promedios para componentes agronómicos de quinua intercalada con café en estado de zoca y prueba de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$)	40
Cuadro 6. Análisis de varianza componentes agronómicos de quinua intercaladas con café en estado de zoca	41
Cuadro 7. Evaluación de incidencia y severidad de Mildeo de la quinua (<i>Peronospora variabilis</i>) en genotipos evaluados de quinua intercalada con café en estado de zoca	44

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diseño y distribución en campo de los tratamientos	26
Figura 2. Preparación del terreno	27
Figura 3. Labores de manejo del cultivo. A) Encalado; B) Abonado	28
Figura 4. Siembra y fertilización	28
Figura 5. Raleo	29
Figura 6. Desyerba	29
Figura 7. Aporque y segunda fertilización	30
Figura 8. Estado de madurez fisiológica de la quinua, momento de cosecha	30
Figura 9. Secado de quinua	31
Figura 10. Trilla de la quinua	31
Figura 11. Limpieza (a) y residuos (b) de semilla de quinua	32
Figura 12. Almacenamiento de semilla de quinua en bolsa de papel	32
Figura 13. Fase vegetativa de quinua evaluada en, Popayán Cauca	38
Figura 14. Fase reproductiva de quinua evaluada en, Popayán Cauca	39
Figura 15. Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	43
Figura 16. Sintomatología Mildew de la quinua (<i>Peronospora variabilis</i>)	44

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultado análisis de suelo área experimental	56
Anexo B. Registro de temperatura y precipitación durante el experimento	57

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es originaria de Los Andes, tiene un alto valor nutritivo cuya importancia es cada vez más reconocida en la seguridad alimentaria de generaciones presentes y futuras (FAO, 2013). La quinua fue adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales haciendo que la planta presente una amplia adaptación desde el nivel del mar hasta los 4000 metros, en zonas áridas, húmedas y tropicales (Mujica *et al.*, 2001). Además, la exploración de la variabilidad genética ha demostrado efectividad en la adaptación de quinua en diferentes ambientes (Anchico *et al.*, 2018). Debido al elevado contenido de proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (FAO, 2011).

En Colombia se estima que el área sembrada anual es de 2.600 ha, con un rendimiento promedio de 1,7 tonha⁻¹, para una producción total de 2800 ton. Las zonas de producción son Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca (Minagricultura, 2018). En el Cauca, en el año 2015 se sembraron 564 ha nuevas y en 2016 aproximadamente 889,5 ha, para un total de 1453,5 ha con quinua, principalmente en el Macizo Colombiano en los municipios de Santa Rosa, Bolívar, Almaguer, La Vega, Rosas y otros cercanos como Sotará, Puracé, Toribío, Totoró, Silvia, Caldon y Jámbalo (Montes *et al*, 2019). De esta manera su producción se ha concentrado en regiones específicas con altitudes superiores a los 2000 msnm.

Por otra parte, la producción cafetera en Colombia va en aumento en algunas regiones como Huila, Cauca y Nariño, donde se ha experimentado un incremento considerable en la última década, al elevar el área cultivadas con café en 49.700, 25.500 y 10.770 ha, respectivamente. También se destaca el comportamiento positivo de otras regiones cafeteras como Santander o Tolima, que aumentaron su área en los últimos 10 años en 9.000 y 8.570 ha (La Republica, 2019). Teniendo en cuenta que el departamento del Cauca cuenta con 93.000 familias cafeteras, que cultivan 95.600 hectáreas de café arábigo (Comité de Cafeteros del Cauca, 2017) y que durante el establecimiento del cultivo y cuando se realizan las zocas, se siembran en sus calles cultivos como frijol o maíz, principalmente para producir alimento para la familia y brindar cobertura vegetal al suelo, la quinua es una alternativa innovadora para integrar y diversificar el sistema cafetero de la región, aportando beneficios prometedores debido a su potencial productivo, comercial y de seguridad alimentaria; para lo cual es importante disponer de materiales adaptados a las zonas y disponibles para los agricultores. Por esta razón, esta investigación, se propone evaluar y comparar las características agronómicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) intercalada con cultivo de café en condiciones de Popayán – Cauca, con el fin de determinar su potencial de adaptación a regiones cafeteras de Popayán. Para ello se plantearon como objetivos específicos: identificar genotipos de quinua con mejor comportamiento de siembra intercalada con café en condiciones de Popayán- Cauca; comparar el comportamiento de las progenies BRS Syetetuba con accesiones cultivadas comercialmente en Colombia; determinar las características agronómicas de la quinua en respuesta a dos factores (altitud y siembra intercalada con cultivo de café) y describir el desarrollo fenológico de las progenies seleccionadas de quinua en condiciones de Popayán – Cauca.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 LA QUINUA

1.1.1 Origen. Por alrededor de 7000 años la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se ha cultivada en la región andina, donde ha sido apreciada por su valor nutritivo y durabilidad frente a condiciones ambientales difíciles. Su centro de origen se ubica en la región del Lago Titicaca (Perú y Bolivia) y fue un grano básico de la cultura Inca (Jacobsen y Sherwood, 2002).

Principalmente la quinua, la kañiwa y las especies de amaranthus comestibles constituyeron en conjunto un importante componente de la alimentación de los pueblos prehispánicos en las tierras altas de los Andes. Su uso fue común en las regiones andinas hasta el primer tercio de este siglo, cuando los países de la zona iniciaron la importación masiva de trigo (Tapia, 1979).

En la época prehistórica y antes de la llegada de los españoles a Colombia la quinua se cultivaba en el altiplano boyacense y cundinamarqués hasta las tierras de los pastos en el sur. Esa distribución geográfica continuaba en el Ecuador en toda su cordillera central de casi de norte a sur (Cardozo *et al.*, 1976).

Esencialmente la quinua es un cultivo potencialmente estratégico que desempeña un rol esencial en la seguridad y soberanía alimentaria, contribuye de forma significativa a las necesidades básicas de la población y es parte del patrimonio ancestral y cultural de los países andinos. Su amplia diversidad conforma un acervo genético extraordinariamente valioso que se expresa en la variabilidad de colores de la planta, inflorescencia y semilla, duración del ciclo de cultivo, valor nutritivo y agroindustrial, así como en el contenido de saponina del grano (Rojas *et al.*, 2013).

1.1.2 Características taxonómicas y botánicas. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd., tiene $2n=4x=36$ cromosomas, es una planta dicotiledónea de cultivo sudamericano (Jellen, 2013); familia Amaranthaceae, sub-familia Chenopodioideae (Wilson, 1990). Según (Mujica y Jacobsen, 2006) se han encontrado siete especies de parientes silvestres de quinua y gran variabilidad dentro de cada especie, *Chenopodium carnosulum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* ssp. *Melanospermum*, *C. ambrosioides* y *C. incisum*, estas encontradas en las aynokas del Altiplano peruano-boliviano. La quinua se divide en cinco grandes grupos dependiendo de la adaptación a las condiciones agroecológicas en los Andes. Tapia (1996) la describe como las quinuas de los valles interandinos, de zonas meso térmicas; las del altiplano norte del lago Titicaca, que comparten Perú y Bolivia con un corto periodo de crecimiento; las de los salares, en el Altiplano sur de Bolivia de halófilas adaptadas a suelos salinos y con un mayor tamaño de grano; las de nivel del mar, de grano oscuro y menor tamaño, que se cultivan en el centro y sur de Chile y las de los yungas, o zona subtropical en la vertiente oriental de los andes en Bolivia.

1.1.3 Morfología de la quinua. La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 180cm de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja. La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (Mujica *et al.*, 2001).

El tallo es cilíndrico a la altura del cuello y después anguloso debido a que las hojas son alternas a lo largo de cada una de las cuatro caras. Tiene una hendidura de poca profundidad, que abarca casi toda la cara, la cual se extiende de una rama a otra. A medida que la planta va creciendo, nacen primero las hojas y de las axilas de éstas, las ramas. De acuerdo a la variedad, el tallo alcanza diferente altura y termina en la inflorescencia. Así como existen en otras especies variedades altas y bajas, en la quinua también se observan ambos extremos, pudiendo variar la altura entre 50cm y 2 metros (Tapia *et al.*, 1979). Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, en la maduración la médula es esponjosa y seca; finalmente en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío (Gómez y Castellanos, 2016).

Las hojas son de carácter polimorfo en una sola planta; las de la base son romboides, mientras que las hojas superiores, ubicadas alrededor de la inflorescencia, son lanceoladas. La lámina de las hojas tiernas está cubierta por una pubescencia granulosa vesiculosa en el envés y algunas veces en el haz. Esta cobertura varía del blanco al color rojo-púrpura. Algunas variedades tienen hojas sin pubescencia. La coloración varía de verde claro en la variedad Nariño, hasta verde oscuro en Kcancolla; se transforma en amarilla, roja o púrpura según la madurez, cayéndose finalmente las hojas en la base. Contienen células ricas en oxalato de calcio que les dan la apariencia de estar cubiertas con una arenilla brillante; estos oxalatos favorecen la absorción y retención de humedad atmosférica, manteniendo turgentes las células y protegiéndolas de las heladas (Tapia, 2007).

La inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores se la denomina panoja (Tapia, 2007). Constituida por eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores y porque el eje principal está más desarrollado que los secundarios, esta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada) existiendo formas intermedias entre ambas, presentando características de transición entre los dos grupos, es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo), es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas, se designan con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus* (Mujica *et al.*, 2001).

Las flores son incompletas, carecen de pétalos. Las flores en el glomérulo pueden ser hermafroditas o pistiladas (femeninas) porcentaje que va depender de la variedad (Tapia *et al.*, 1979). También pueden ser androestériles, lo que indica que podría tanto autógama como alógama, faltando determinar con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que tiene 10% de polinización cruzada, aunque en algunas variedades alcanza hasta el 80% (Kcancolla) y el 17% (Piartal) (Mujica *et al.*, 2001).

Las flores presentan, por lo general un perigonio sepaloide, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sépalos de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central, plumoso y ramificado con dos a tres ramificaciones estigmáticas, ovario elipsoidal, súpero, unilocular, las flores hermafroditas en el glomérulo, son apicales y sobresalen a las pistiladas. En trabajos de cruzamientos se ha observado una gran cantidad de aberraciones florales en quinua, tales como protandria pues se observan estambres secos cuando las flores están completamente abiertas y protoginia, observando ramas estigmáticas extendidas sin apertura de las tecas de los estambres, flores ginomonoicos encontrando solo ramas estigmáticas en las partes inferiores de las flores, aunque es común observar flores en distintas fases de desarrollo en el mismo glomérulo: en formación, antesis, maduras y secas. Las flores androestériles muestran tecas vacías durante el desarrollo de los estigmas, mostrando coloración amarillenta y marrón clara, en algunos casos solo se observan pequeños filamentos que son los estaminodios, estas flores se reconocen fácilmente por presentar los perigónios translúcidos (Mujica *et al.*, 2001).

El fruto es un aquenio, mal llamado grano o pseudo cereal, con un perigonio que se desprende fácilmente y dos capas internas: episperma exterior y perisperma interior que difícilmente se separan del grano o fruto (Tapia, 2007). El pericarpio del fruto contiene saponinas que son compuestos ampliamente distribuidos por toda la planta, las saponinas del pericarpio pueden eliminarse por un descascarado de la semilla. Debajo del pericarpio hay un epispermo delgado. El embrión que constituye el cotiledón y la raíz que rodea la mayor parte del perispermo de la semilla en su mayoría blanco debajo del pericarpio y el epispermo. El perispermo que es el órgano de almacenamiento de semillas de quinua y se compone principalmente de almidón que deriva del nucelo y por lo tanto es diploide (Jacobsen y Stolen, 1993).

1.1.4 Fenología de la quinua. En el estudio de la fenología se determinan las etapas fenológicas, transformaciones que ocurren en los procesos de crecimiento y desarrollo de plantas, tales como germinación, brotación, floración y maduración. El conjunto de estas etapas es definido como una escala fenológica (Jesus, 2017).

La fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales (Mujica *et al.*, 2013) sin embargo, en cada estadio fenológico se va a presentar diferencias con respecto al tiempo porque las condiciones de ambiente y genotipo van a cambiar en cada establecimiento de cultivo (Anchico, 2018) en el cuadro 1 se describen los estadios fenológicos de la quinua según Mujica *et al.* (2013).

Cuadro 1. Estadios fenológicos de la quinua

Estadios Fenológicos de la Quinua	
Emergencia	Cuando los cotiledones están unidos, emergen del suelo con forma de fosforo. Esto ocurre seis días después de la siembra.
Dos hojas verdaderas	Se tienen las dos hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en el siguiente par de hojas, esto ocurre de los 15 a 20 días de la siembra.
Cuatro hojas verdaderas	Se observan dos hojas verdaderas completamente extendidas, se nota la presencia de hojas cotiledonales de color verde, encontrándose el botón foliar de las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; esto ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra. En esta fase la planta presenta buena resistencia al frío y la sequía porque ha extendido las raíces y muestra movimientos nictinásticos nocturnos cuando hacer frío.
Seis hojas verdaderas	Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan las hojas axilares desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esto ocurre de los 35 a 45 días de la siembra; la cual se nota bien el ápice vegetativo por las hojas más adultas.
Ramificación	Se nota ocho hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar descubierta la panoja, esto ocurre de los 14 a 50 días de la siembra.
Inicio de panojamiento	La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ocurre 55 a 60 días de siembra; se ve el primer par de hojas amarillándose, se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo.
Panojamiento	La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, se notan los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales corresponden a flores pistiladas, esto ocurre en 65 a 70 días de la siembra.
Inicio de floración	Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra.
Floración	El 50% de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas, ocurre a los 90 a 100 días de la siembra. Debe observarse al medio día, debido a que en la mañana y tarde las flores se encuentran cerradas porque son heliófilas, se eliminan la mayor parte de hojas inferiores por su baja actividad fotosintética; también hay abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla. En esta fase se es muy sensible a las heladas.
Grano acuoso	Se inicia la formación de la semilla después de ser fecundada, en donde al ser presionada por las uñas de los dedos pulgares se presenta una consistencia acuosa de color transparente a partir de esta fase se inicia la formación del fruto.
Grano lechoso	Los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción.
Grano pastoso	Los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra.
Madurez fisiológica	La planta completa su madurez y se reconoce cuando el grano al ser presionado presenta resistencia a la penetración, ocurre de 160 a 180 días de la siembra, en esta fase el contenido de humedad está entre 14 a 16%.

Cuadro 1. (Continuación)

Estadios Fenológicos de la Quinua	
Madurez fisiológica	Se reconoce el estado de madurez fisiológica cuando el grano al ser presionado presenta resistencia a la penetración, en esta fase el contenido de humedad esta entre 14 a 16% (Mujica <i>et al.</i> , 2013) para materiales semitardios según la escala de Wahli (1990). La razón por la cual no se llegó hasta los días de madurez de cosecha fue por las condiciones ambientales en campo (aumento de lluvias), ya que según Fernández de Jesús (2017) si en el entorno del cultivo hay mucha humedad las semillas deben recolectarse en los días que llegan a madurez fisiológica para evitar la germinación previa a la cosecha porque el daño, sería total y la semilla se deterioraría en campo afectando el rendimiento, calidad, y el vigor de la semilla.
Madurez de cosecha	La planta cosechada en madurez fisiológica es emparvada y los granos que se encuentran en las panojas han perdido suficiente humedad facilitando la trilla y el desprendimiento del grano contenido dentro del perigonio se efectúa con gran facilidad, la humedad del grano varía entre 12- 13% esto ocurre a los 180 a 190 días.

Fuente: Mujica *et al.* (2013).

1.1.5 Requerimientos agroclimáticos del cultivo. En cuanto al clima, la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (Mujica *et al.*, 2001).

En cuanto al suelo la quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje, francos, semi profundo con alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular. Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4.5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) hasta 9.0 (altiplano peruano boliviano y los salares de Bolivia) (Gómez y Castellanos, 2016).

1.1.6 Fertilización y densidad de siembra. En cuanto a fertilización, evaluaciones de rendimiento en quinua demuestran que responde bien a fertilizaciones realizadas teniendo en cuenta los análisis de suelos y requerimientos nutricionales del cultivo, con aplicaciones de macronutrientes y micronutrientes de forma sólida (suelo) y líquida (foliar), con buenas aplicaciones de materia orgánica (Montes *et al.*, 2019).

Según (Spehar, 2007), se puede recomendar un plan de fertilización de acuerdo a las cantidades de nutrientes que la planta puede extraer en el transcurso de su ciclo, proyectando un rendimiento de una tonelada de quinua por ha; 40 a 60 kg/ha de nitrógeno en temporadas húmedas, en dos aplicaciones al momento de siembra y a los 45 días después de siembra; en condiciones óptimas y para elevar el rendimiento se aplican hasta 60kg.ha⁻¹ de fósforo y 60 a 90 kg/ha de potasio para elevar rendimiento.

También la (FAO, 2019) menciona la importancia de la fertilización orgánica para mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto se deben realizar biofertilizantes líquidos y bioabonos, que mejoren la disponibilidad de macro y micro nutrientes por acción biológica de microorganismos.

Según Spehar y Rocha, (2009) la siembra se realiza en surcos espaciados de 40-50cm, evitando cubrir la semilla con más de 2cm de suelo para tener una densidad de siembra de 500 mil plantas por hectárea. (Montes *et al.*, 2019) mencionan que la quinua responde mejor a la siembra en chorrillo.

1.1.7 Contenidos nutricionales de la quinua. El valor nutricional de la quinua ha sido básicamente reconocido por su proteína de alta calidad, principalmente en aminoácidos esenciales y por su contenido de carbohidratos, según análisis de laboratorio e investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura y Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos (USDA) en el 2013. El contenido de nutrientes de *Chenopodium quinoa* se describe en el cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de nutrientes de *Chenopodium quinoa*

Nutriente	Unidad	Valor por 100 g
Agua	g	13,28
Energía	kcal	368
Energía	kJ	1539
Proteína	g	14,12
Lípidos Totales (grasa)	g	6,07
Cenizas	g	2,38
Carbohidratos por diferencia	g	64,16
Fibra total dietaria	g	7,00
Almidón	g	52,22
Calcio, Ca	mg	47,00
Hierro, Fe	mg	4,57
Magnesio, Mg	mg	197,00
Fósforo, P	mg	457,00
Potasio, K	mg	563,00
Sodio, Na	mg	5,00
Zinc, Zn	mg	3,10
Cobre, cu	mg	0,59
Manganeso, Mn	mg	2033,00
Selenio, Se	µg	8,50

Fuente: USDA 2013. Tomado de FAO 2013

1.1.8 Usos de la quinua. La quinua se usa para la alimentación humana porque es muy versátil puesto que su valor nutritivo es relevante, puede ser consumido el grano entero, la harina cruda o tostada, hojuelas, sémola, polvo instantáneo y muchas recetas tradicionales e innovadoras, también se combina con leguminosas como habas secas, frijol y tarwi para mejorar la calidad de la dieta. En la alimentación animal la planta entera se usa como forraje verde y los residuos de cosecha para alimentar vacunos, ovinos, cerdos, caballos y aves.

Por otro lado, la planta tiene propiedades medicinales, a los que se atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas contra el dolor de muelas, desinfectantes de las vías urinarias, hemorragias internas y repelente de insectos (FAO, 2013).

1.1.9 Importancia de la quinua en un sistema integrado de producción. La quinua puede considerarse como un cultivo útil para la lucha contra la inseguridad alimentaria de los pueblos andinos, incluyendo a Colombia. Además de ser una fuente importante para suplir las necesidades nutricionales requeridas para una vida activa y saludable de la población, también puede constituirse en un medio para obtención de recursos económicos, gracias al creciente mercado internacional porque es una planta con una gran variabilidad genética, que permite la producción en diferentes condiciones agroecológicas (Higuera *et al.*, 2011). La quinua tiene diferentes alternativas de uso en el sistema de producción, como lo demostrado por López, (2009), quien realizó un estudio de inclusión de quinua para alimentación de pollos de engorde, demostrando un aporte significativo para la nutrición y rentabilidad en la unidad productiva, porque el valor del alimento es determinante para la producción avícola.

En el proceso de escarificado del grano de quinua se obtiene el afrecho, el cual está compuesto por el pericarpio o cascara de grano, este subproducto se puede utilizar para alimentar ovejas, llamas, cuyes o para elaborar compost. El aporte de proteína puede ser del 11.14% a 14.94% esto va depender del proceso que se dé al grano (Aduviri, 2006).

En rumiantes la utilización de quinua básicamente es la forma de forraje, ensilaje y la adición de residuos de cosecha (tallos y hojas), no existiendo problemas por la presencia de saponinas, al contrario, ayuda al control de parásitos internos (Blanco, 2013).

Por otro lado, la quinua tiene un porcentaje de saponinas, quinuas dulces (<0,11%) o amargas (>0,11%) (Gómez *et al.*, 2014). Es un excelente insecticida interfiriendo en procesos de crecimiento y desarrollo de insectos, también las saponinas tienen la capacidad de formar espumas estables parecidas al jabón (Troisi, 2013).

Por esto y otras razones, la quinua no es un solo un cultivo que provee alimento (capital humano y natural) y una fuente de ingresos (capital financiero), es una fuente importante de capital social (redes de intercambio), capital humano (acceso a capacitaciones y una mejora en la autoestima, sobretodo de las mujeres), capital cultural (rescate de un cultivo ancestral y el conocimiento tradicional asociado), capital natural (reconocimiento y valoración de prácticas amistosas con el ambiente y rescate de la agro biodiversidad) y capital construido (acceso a infraestructura productiva) (Higuera *et al.*, 2011). A esto sumado que la humanidad necesita un paradigma alternativo de desarrollo agrícola, que fomente la agricultura biodiversa, resiliente, sostenible y socialmente justa (Altieri y Nicholls, 2012).

La siembra de quinua intercalada con café, es opción para contribuir a la seguridad alimentaria de las familias cafeteras, adicionalmente, al diversificar la producción de café

se pueden generar ingresos extras para los caficultores mientras avanza el crecimiento vegetativo del café sin que se vea afectado su producción (Díaz *et al.*, 2008): La quinua tiene efectos alelopáticos en tres tejidos vegetales las hojas, las raíces y las inflorescencias, punto importante para control de plagas y reducción del uso de insecticidas que pueden causar daños ambientales, otras investigaciones revelan que las saponinas que contiene los granos de quinua son utilizadas como insecticidas, nematocidas, acaricidas y moluscicidas destacando un potencial para el uso en programas de manejo integrado de plagas y enfermedades (FAO, 2011).

1.2 CAFÉ O CAFETO

El café pertenece al género *coffea* con aproximadamente 100 especies. No obstante, en Colombia se cultiva comercialmente, *Coffea arabica* L. (Mora, 2008).

El cafeto tiene un ciclo de vida y un potencial productivo característico. En el transcurso de este ciclo es posible distinguir una serie de fases de desarrollo, en las cuales, la planta o sus órganos, permanecen por períodos de corta o larga duración, dependiendo de sus características genéticas y de las condiciones ambientales que ocurran en el sitio de cultivo (Arcila, 2007). El café es un arbusto perenne, cuya altura varía entre dos a seis metros, su dosel tiene una forma cilíndrica, con solo una rama vertical de la cual emergen regularmente ramas laterales horizontales. Las hojas cuando son adultas son de color verde brillante, de forma elíptica, bordes ondulados, costillas secundarias de poca profundidad y dominios glabros y parcialmente desarrollado.

La inflorescencia se desarrolla en la axila de la hoja y da lugar a cuatro flores en una estructura llamada glomérulo. Los frutos tienen forma oblonga, amarilla o rojo terminados en dos semillas rodeadas por una membrana resistente comúnmente llamada pergamino (Alves, 2007). Por las características especiales y la calidad del café de Colombia se estableció que se cultive solo la especie Arábica en diferentes variedades que se adaptan a la geografía colombiana entre los cuales están borbón, tabí, caturra, típica, y variedad Colombia.

Como en todos los cultivos de importancia comercial el café tiene un manejo agronómico que permite garantizar una buena producción y calidad del grano. Por ser este un cultivo perenne se requiere construir germinador con el fin de garantizar un adecuado manejo fitosanitario de las plantas en su estado inicial de desarrollo y así permitir una correcta selección de chapolas al momento del trasplante al almacigo (Castro y Rivillas, 2005). Otra actividad no menos importante es el manejo de arvenses que permite eliminar plantas agresivas que compiten por el agua y nutrientes del suelo y deja una cobertura de arvenses nobles protegiendo al suelo de la erosión y brindando albergue a insectos de control biológico de los enemigos naturales del café, de la misma manera el control de plagas y enfermedades es motivo de constante trabajo y esfuerzo para las familias de los caficultores. La productividad de los cafetales depende en gran medida de una adecuada nutrición. La fertilización busca que las plantas se alimenten apropiadamente y produzcan

de manera sostenible las cosechas que sean abundantes y de calidad (Café de Colombia, 2020).

1.2.1 Renovación del cafeto. La planta del café tiene un tiempo de vida comercial, después del cual su productividad se reduce, por lo que es necesario intervenir la planta o lote para recuperar dicha productividad (Moreno, 2010). El ciclo productivo está relacionado con las condiciones del suelo, clima, topografía, variedad y manejo del cultivo (Ramírez y Moreno, 2013). Un aspecto importante es que los cultivos envejecidos pueden ser afectados por problemas fitosanitarios que comprometen el desarrollo de las cosechas o lo que hace necesario efectuar un plan de renovación para recuperar la capacidad productiva (Rendón, 2016), por esta razón es necesario modificar hábitos naturales de crecimiento de la planta cada cierto número de años para estimular la formación de tejidos nuevo (tallo o ramificaciones) y así mantener un promedio de producción alta, regular y rentable, a este conjunto de prácticas se le conoce como sistema de “poda y renovación” (Arcila, 2007).

La renovación de cafetales es clave para la sostenibilidad de la caficultura colombiana ya que influye directamente en la productividad y calidad. Para mantener una agricultura vigorosa, se requiere renovar 100.000 hectáreas por año, con el fin de lograr llevar a la productividad por hectárea de 18,7 sacos en el 2017 a 22 sacos en el 2024 (Pinzón, 2018). Para lo cual la Federación Nacional de cafeteros pone a disposición el programa renovación de cafetales, facilitando créditos y recursos para fertilización edáfica por cada sitio de renovación por siembra o zoca (FNC, 2018), con la renovación también se presentan otras oportunidades para fortalecer la economía de los cafeteros, que durante el periodo de crecimiento de los cafetales en renovación se puedan implementar producciones simultaneas que generen bajos costos de producción, empleo e ingresos adicionales.

1.2.2 Café o cafeto en asociación. Una asociación consiste en la siembra conjunta de distintos cultivos con la intención de que se ayuden entre sí, para la captación de nutrientes, control de plagas, polinización y reducción de arvenses, todo esto con el fin de mejorar la productividad de los cultivos involucrados.

Lo más importante para la implementación de una asociación es identificar los sistemas de producción, lo que permite valorar el grado de diversificación de la zona y de esta forma establecer alternativas que visualicen, según las condiciones específicas de la zona (condiciones edafoclimáticas), la manera de mejorar la calidad de vida y optimizar los recursos de la región (Sepúlveda *et al.*, 2001).

En Colombia el café lidera la lista de los cultivos permanentes con mayor área sembrada 39,8% (DANE, 2019). Por tal razón se convierte en uno de los cultivos con mayor experimentación en sistemas de producción con el café como cultivo principal, como una forma de ofrecer opciones tecnológicas a los agricultores para generar ingresos adicionales en su etapa de establecimiento, o en estado de zoca la cual es improductiva y exige gastos como la desyerba (Moreno, 2007). Por ende, las asociaciones son la mejor opción para tener un manejo y aprovechamiento de los espacios que contribuyan a la conservación del

medio ambiente, que se puedan planificar producciones y así mismo entradas económicas, sin necesidad de agotar los recursos de los productores.

En la renovación por zoca o siembras nuevas de café, se aprovechan las calles para la siembra de maíz, frijol, tomate etc. y el plátano, banano y otras especies se siembran como barrera en el cafetal; los cultivos asociados se manejan de manera independiente al cafetal, esto genera ingresos adicionales y reducción de costos al sistema cafetero (CENICAFE, 2004).

El maíz puede intercalarse en el cultivo de café hasta dos ciclos seguidos con 45.000 plantas/ha en lotes zoqueados, sin que afecte la producción. Las ventajas que tiene este sistema de producción es que el maíz se siembra sobre los residuos que quedan después de zoquear el lote y toda esa biomasa, aparte de retardar la aparición de arvenses, se recicla y contribuye al mejoramiento del suelo. Este arreglo interespecífico, es una opción económica para que el caficultor pueda aliviar su flujo de caja antes de la primera cosecha de café, bajar costos de producción, diversificar la producción y obtener ingresos adicionales (Moreno, 2017).

Café, frijol y maíz: los caficultores pueden reemplazar el tutor artificial por un tutor productivo como el maíz para obtener producción y calidad de frijol, para lo cual se recomienda sembrar frijol un mes antes de la fecha que usualmente se hace, teniendo en cuenta una buena disponibilidad de agua. Si se hace así, no se afecta el crecimiento del café en cuanto a la longitud de ramas, número de cruces y distancia entre nudos (Granada *et al.*, 2008).

Café y plátano: el plátano es un cultivo que tradicionalmente ha estado vinculado al desarrollo social y económico de Colombia, principalmente en las zonas cafetera (Farfán, 2005). Además de generar un ingreso adicional por cada cosecha de plátano y al ser un cultivo permanente las labores agronómicas van a beneficiar al café y de la misma manera a reducir costos.

2. METODOLOGIA

2.1 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolló en la Vereda la Claridad a 2 km de la ciudad de Popayán, a una altitud de 1850 msnm, con temperatura media de 19°C, localizada a 2° 27' latitud Norte e 76° 37'18 "de longitud Oeste. Cuenta con temperatura máxima de 29°C en los meses de julio, agosto y septiembre y mínima de 10°C, con precipitación media anual de 1941 mm (Alcaldía de Popayan. 2020).

2.2 SELECCIÓN DE GENOTIPOS

Se seleccionaron cinco progenies de BRS Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5, y BCX6) y cinco accesiones Tunkahuan, Blanca dulce de Jericó, Piartal, Aurora Y San José. A continuación, se describe cada uno de los genotipos:

2.2.1 BRS Syetetuba. Evaluada de una progenie Q4, originaria de los Alpes Ecuatorianos. Tiene un hipocotíleo de color rosa claro, hojas políformes, tallo erecto de color verde o morado del cual se desprenden ramificaciones con inflorescencia diferenciada y terminal. Al alcanzar su madurez fisiológica la planta se torna de color amarillo, sus granos son cilíndricos y planos, con pericarpio blanco siendo involucrado el perigonio que se abre en la maduración. Tiene un rendimiento 2,3 ton. ha⁻¹ en grano, 7,5 ton. ha⁻¹ en biomasa total, en un ciclo de 120 días desde su emergencia hasta la maduración. (Spehar *et al.*, 2011). Progenies seleccionadas (BCX 1, BCX 2, BCX 4, BCX 5, BCX 6).

2.2.2 Tunkahuan. Es originaria de una población de germoplasma de Ecuador en la provincia de Grachi. Tiene crecimiento erecto, alcanza alturas de 144 cm en promedio, raíz pivotante, tallo redondo de color verde claro, panoja glomerulada de color verde claro inmadura y amarilla anaranjada en maduración, grano blanco de 1,7 a 2,1 mm. Alcanza rendimientos 2.200 kg. ha⁻¹ en promedio, su ciclo vegetativo dura 180 días por lo que se considera una variedad semitardía, ligeramente susceptible a la sequía y heladas, tolerante a exceso de humedad y a granizadas (Nieto *et al.*, 1992). Accesoión seleccionada (TUN).

2.2.3 Blanca Dulce Jericó. Procedente de Boyacá y Cundinamarca, tiene porte alto, con ramificaciones abiertas desde la base, su panoja es de color blanco rosado y se caracteriza por ser semitardía (Sañudo, 2005). Puede llegar a tener rendimientos entre 2475 a 2814, 50 kg. ha⁻¹ en alturas de 2400 msnm en regiones como Nariño - Colombia (López *et al.*, 2008). Accesoión seleccionada (BLA).

2.2.4 Piartal. Originaria de norte de ecuador planta de color purpura, alcanza alturas 245 cm, grano blanco opaco de aproximadamente 2 mm de diámetro y presenta susceptibilidad

al mildéu (Álvarez y Rutte, 1990). Su ciclo vegetativo puede tardar entre 160 a 178 días a madurez de cosecha (López *et al.*, 2008). Accesoión seleccionada (PRI).

2.2.5 Aurora. Es considerada precoz, su periodo de vida desde siembra a cosecha, es menor de seis meses, tiene porte bajo con un tamaño de 90 a 130 cm, la panoja al llegar a la madurez tiene una tonalidad blanca-rosada sus ramas son pequeñas y sus flores se acomodan de forma semicompacta (FAO, 2015). Accesoiones seleccionadas (AUR y SAN).

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las siembras experimentales de quinua fueron realizadas entre las calles del café en estado de zoca.

El área experimental fue de 406m² (29m x 14m), dividido en cuatro bloques (repeticiones) de 29m x 1,5m para un área por bloque de 43,5m², cada uno compuesto por 10 parcelas de 3m x 1,5m, y separado por 1m entre ellas. Cada una de las parcelas está compuesta por 3 surcos de 3m separados por 0,5m. La siembra fue realizada manualmente con una densidad de 50 semillas por metro lineal. A los 20 días fue realizado el raleo para una densidad final de 30 plantas por metro lineal.

El experimento fue conducido en bloques completamente al azar (Figura 1). Las parcelas fueron compuestas por 5 progenies de Brs Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5, BCX6), y 5 accesoiones (San José, Aurora, Piartal, Tunkahuan, Blanca Dulce de Jericó) obtenidos en evaluaciones en condiciones de 1100 a 1800 msnm (Anchico *et al.*, 2018).

Figura 1. Diseño y distribución en campo de los tratamientos

GENOTIPOS											
BLOQUES	1	BXC 6 R1	SAN R1	BCX 2 R1	BCX 4 R1	PRI R1	BCX 5 R1	BLA R1	TUN R1	BCX 1 R1	AUR R1
	2	TUN R2	BCX 5 R2	BLA R2	BCX 1 R2	BCX 4 R2	SAN R2	AUR R2	BCX 2 R2	BCX 6 R2	PRI R2
	3	BCX 1 R3	AUR R3	PRI R3	BLA R3	BCX 2 R3	BCX 6 R3	BCX 4 R3	SAN R3	BCX 5 R3	TUN R3
	4	BCX 2 R4	BCX 1 R4	BCX 5 R4	PRI R4	AUR R4	BCX 4 R4	TUN R4	BCX 6 R4	SAN R4	BLA R4

2.4 ACTIVIDADES

2.4.1. Toma de muestra para análisis de suelo con el fin de establecer el plan de fertilización de quinua. Se tomaron 10 submuestras en el área experimental para

recolectar una muestra de 1 kg y posteriormente ser enviada a laboratorio. Se recorrió el área experimental en zigzag, se limpió el área dejándola libre de arvenses, luego se abrió un hoyo de 25 x 25 cm de lado y aproximadamente 20cm de profundidad, se sacó una palada de suelo y luego se mezclaron las 10 submuestras en un balde limpio, posteriormente en una bolsa platica de 1kg se empacó la muestra definitiva del suelo. Los resultados se encuentran en el anexo A.

2.4.2 Manejo del cultivo. A continuación, se describen las actividades realizadas para el manejo del cultivo.

2.4.2.1 Preparación del terreno. La limpieza del terreno seleccionado para el experimento se hizo de forma manual un mes antes de la siembra (figura 2).

Figura 2. Preparación del terreno



2.4.2.2 Encalado y abonado. Teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo las recomendaciones de Spehar (2007) sobre extracción de nutrientes y el análisis de suelo se realizó la aplicación de la enmienda (figura 3A) y abono (figura 3B). La enmienda consistió en:(cal agrícola) en una dosis de 150g por surco y el abono orgánico (compost) en dosis de 1kg por metro lineal.

2.4.2.3. Siembra y fertilización. La siembra se realizó el 1 de junio de 2020 de forma manual a chorrillo; la aplicación de fertilizante se realizó teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo, las recomendaciones de Spehar (2007), la extracción de nutrientes y el análisis de suelo (figura 4). Se aplicó súper fosfato simple en una cantidad de 24,5g dividida en dos aplicaciones.

Figura 3. Labores demanejo del cultivo. A) Encalado; B) Abonado



Figura 4. Siembra y fertilización



2.4.2.4 Raleo. A los 20 días después de la siembra se realizó un raleo para una densidad final de 30 plantas por metro lineal (figura 5).

Figura 5. Raleo



2.4.2.5 Desyerba. Durante del ciclo de cultivo se realizaron dos desyerbas manuales (figura 6).

Figura 6. Desyerba



2.4.2.6 Aporque y segunda fertilización. A los 45 días después de la siembra se realizó aporque y segunda fertilización (Figura 7).

2.4.3 Cosecha. Se realizó cuando la planta alcanzo madurez fisiológica porque en esta etapa se alcanza la máxima acumulación de materia seca, coincidiendo con máxima calidad fisiológica (figura 8).

Figura 7. Aporque y segunda fertilización



Figura 8. Estado de madurez fisiológica de la quinua, momento de cosecha



Para la recolección se seleccionaron 20 plantas del área útil, las cuales fueron cortadas desde su base para toma las variables de respuesta. Posterior a la cosecha las plantas se llevaron a secar al aire libre, cubiertas de los rayos de luz directos y lluvias como se observa en la figura 9.

Figura 9. Secado de quinua



2.4.3.1 Trilla. Las panojas fueron separadas del resto de la planta (tallo) y el fruto fue retirado de la panoja por medio de fricción manual, con ayuda de una zaranda se separó la episperma exterior del perisperma interior (figura 10).

Figura 10. Trilla de la quinua



2.4.3.2 Limpieza. Las semillas fueron ventiladas por medio de un separador artesanal para remover hojas, piedras y todo tipo de impurezas (figura 11).

2.4.3.3 Almacenamiento. El almacenamiento de las semillas se realizó en bolsas de papel porque garantiza la viabilidad de la semilla y la refrigeración en nevera casera (figura 12).

Figura 11. Limpieza (a) y residuos (b) de semilla de quinua



Figura 12. Almacenamiento de semilla de quinua en bolsa de papel



2.5 VARIABLES DE RESPUESTA

2.5.1 Ciclo fenológico. Las evaluaciones fenológicas en cada parcela, se realizaron tomando como base que el 50% de las plantas cumplieran con cada fase a describir, se realizaron observaciones diarias y se realizó registro fotográfico. Los datos se registraron en días después de siembra (DDS), toda la información se fue sistematizando en excel. Las fases fenológicas evaluadas fueron: días a emergencia, días a formación del primer, segundo y tercer par de hojas verdaderas, días a ramificación, días a inicio de panojamiento, días a panojamiento, días a inicio de la floración, días a floración, días a formación de grano acuoso, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a madurez fisiológica.

2.5.2. Altura de planta. Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada parcela; midiendo desde el nivel suelo hasta el ápice de la inflorescencia, esto antes de la cosecha y su medida se expresó en centímetros

2.5.3 Longitud de panoja central. De cada parcela se seleccionaron 10 plantas al azar; se midió la panoja desde el vértice principal hasta la base de inserción. Su medida se expresó en centímetros.

2.5.4 Perímetro de la panoja. Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada parcela y se midió su perímetro en centímetros en la parte media de la panoja principal.

2.5.5 Rendimiento de materia seca. Las plantas seleccionadas del área útil fueron cortadas desde la base y secadas en ambiente natural, hasta que llegaron a un peso constante. Posteriormente se pesaron y el resultado se extrapolo a kg/.

2.5.6 Índice de cosecha (CI). Se determinó dividiendo el peso de granos entre el peso de masa seca de las plantas que se seleccionaron del área útil; donde se obtuvo un porcentaje de la relación grano/planta, haciendo uso de la fórmula:

$$CI = \frac{\text{producción de granos}}{\text{producción de masa seca}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

2.5.7 Peso de 1000 granos. Según la metodología de las reglas para el análisis de granos (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento BRASIL, 2009), se evaluaron ocho repeticiones de 100 granos por cada parcela experimental, seguido del cálculo de la varianza, desviación estándar y coeficiente de variación. El resultado fue calculado al multiplicar por 10 el peso medio obtenido.

El peso de mil granos se utiliza para calcular la densidad de siembra, el número de semillas por paquete y el peso de la muestra de trabajo para el análisis de pureza; también da una idea de tamaño de las semillas, así como su estado de madurez y sanidad. La muestra de trabajo es semilla pura, se tomaron ocho repeticiones de 100 granos, se tuvo en cuenta el % de humedad para semilla de quinua, que debe ser inferior al 12%. Las ocho muestras se pesaron en g.

Se tomó una muestra de trabajo de la semilla pura, se calculó el peso de mil semillas con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de mil semillas (PMS)} = \frac{\text{peso de muestra} \times 1000}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Cuando se utilizaron las ocho repeticiones de 100 granos, se calculó la varianza, la desviación estándar, y el coeficiente de variación de los valores obtenidos del pesaje, de la siguiente manera

$$Varianza = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde: x= peso de cada repetición y n = número de repeticiones

$$Desviación\ estandar\ (S) = \sqrt{varianza} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$Coeficiente\ de\ varianza = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde X = peso promedio de 100 semillas

El resultado de la determinación se calculó multiplicando peso medio obtenido de las repeticiones por 10.

2.5.8 Rendimiento de grano seco/ha. Después de cosecharse y someterse al proceso de secado y limpieza, se realizó el cálculo de rendimiento de grano seco/ha, esta determinación se realizó con la siguiente formula:

$$\text{Kg h}\bar{a}^1 = \frac{\text{peso parcela útil} \times 10.000\text{m}^2}{\text{Área parcela útil m}^2} \quad (\text{Ec. 6})$$

2.5.9 Evaluación de enfermedades. Para identificación de alguna enfermedad en las plantas de quinua se observa cada una de las parcelas de los diferentes genotipos constantemente durante el ciclo fenológico. Para el cual la determinación se hace por método directo, lo que comprende valoraciones visuales en términos de incidencia y severidad (Ivancivich y Lavilla 2016).

Incidencia: se tomó como el porcentaje de plantas enfermas o afectadas por la enfermedad con relación al total ((Ivancivich y Lavilla, 2016)), en este caso se tomaron 40 plantas de cada parcela al azar y se valoró si presentaba algún indicativo de enfermedad. Para calcular la incidencia se calculó por medio de la siguiente formula:

$$incidencia = \frac{\%de\ las\ plantas\ enfermas}{total\ (sanas\ +\ enfermas\ observadas)} * 100 \quad (\text{Ec. 7})$$

Severidad: se tomó como el porcentaje de la superficie de la planta afectada por la enfermedad (tallos, raíces, hojas o frutos) (Ivancivich y Lavilla, 2016). se seleccionan 10

plantas de cada parcela, para evaluar el porcentaje de la superficie afectada por la enfermedad.

$$severidad = (\text{área de tejido enfermo} * \text{area total}(\text{sano} + \text{enfermo}) - 1) * 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CICLO FENOLÓGICO

El análisis de varianza para el ciclo fenológico de quinua intercalada con café en estado de zoca, no detecto diferencias estadísticamente significativas en las etapas de la fase vegetativa; por el contrario, en las etapas de la fase reproductiva se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 3). La prueba de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$) para las etapas reproductivas formó entre 4 y 6 grupos en cada etapa (cuadro 4), donde la accesión San José fue la más precoz en la etapa de madurez fisiológica (R12) con un ciclo de 92 DDS, seguido por BCX1 con 99 DDS.

Cuadro 3. Análisis de varianza entre etapas del ciclo fenológico de quinua intercalada con café en estado de zoca

Etapa fenológica	Fuentes de variación	Suma de	gl	Cuadrados medios	F	Error	Sig.
		Cuadrados					
VO	Entre genotipos	0	9	0	.	0,00	.
	Dentro del genotipo	0	30	0			
V1	Entre genotipos	0,225	9	0,02	1	0,02	0,46
	Dentro del genotipo	0,75	30	0,02			
V2	Entre genotipos	1,62	9	0,18	0,80	0,07	0,62
	Dentro del genotipo	6,75	30	0,22			
V3	Entre genotipos	0,22	9	0,02	1	0,02	0,46
	Dentro del genotipo	0,75	30	0,02			
V4	Entre genotipos	42,5	9	4,72	2,77	0,24	0,02
	Dentro del genotipo	51	30	1,7			
R5	Entre genotipos	1080,62	9	120,06	165,61	0,84	*
	Dentro del genotipo	21,75	30	0,72			
R6	Entre genotipos	1179,22	9	131,02	141,64	0,87	*
	Dentro del genotipo	27,75	30	0,92			
R7	Entre genotipos	1177,22	9	130,80	28,28	0,91	*
	Dentro del genotipo	138,75	30	4,62			
R8	Entre genotipos	1442,4	9	160,26	93,35	0,97	*
	Dentro del genotipo	51,5	30	1,71			
R9	Entre genotipos	2683,1	9	298,12	103,39	1,33	*
	Dentro del genotipo	86,5	30	2,88			
R10	Entre genotipos	3232,72	9	359,19	114,33	1,46	*
	Dentro del genotipo	94,25	30	3,14			
R11	Entre genotipos	2211,02	9	245,66	1091,86	1,29	*
	Dentro del genotipo	6,75	30	0,22			
R12	Entre genotipos	2247,62	9	249,73	1997,89	1,20	*
	Dentro del genotipo	3,75	30	0,12			

V1: emergencia, V0: primer par de hojas verdaderas, V2: segundo par de hojas verdaderas, V3: tercer par de hojas verdaderas, V4: ramificación, R5: inicio de panojamiento, R6: panojamiento, R7: inicio de floración, R8: floración, R9: grano acuoso, R10: grano lechoso, R11: grano pastoso, R12: madurez fisiológica, *: diferencia estadísticamente significativa

Cuadro 4. Ciclo fenológico de quinua intercalada con café en estado de zoca en días después de siembra (DDS) y prueba de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$)

MATERIALES	V1	V0	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
San José	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	34,50a	40,00a	43,00a	50,00a	54,00a	68,00a	79,00a	89,00a	92,00a
BCX 1	4,00a	16,00a	23,52a	27,25a	33,00a	44,00b	47,00b	54,75ab	59,00b	79,25b	83,75b	96,00b	99,00b
Aurora	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	34,50a	45,00bc	47,00b	56,50bc	60,75b	79,00b	89,00c	102,25c	106,50c
Piartal	4,00a	16,00a	23,50a	27,00a	34,50a	47,00c	50,00c	59,00bcd	61,00b	82,00b	96,00d	110,00d	113,00d
BCX 4	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	33,50a	51,00d	55,50d	60,50cde	67,75c	82,00b	89,50c	103,00c	106,00c
BCX 5	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	33,50a	54,00e	57,00d	62,50de	69,50cd	89,00c	96,00d	110,00d	113,00d
BCX 6	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	36,00a	56,25f	60,00e	62,00de	68,75cd	92,50cd	102,25e	110,00d	113,00d
BCX 2	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	33,00a	54,00e	57,00d	64,50e	71,25de	94,25d	102,75e	110,00d	112,75d
Tunkahuan	4,00a	16,00a	23,00a	27,00a	34,00a	53,50e	56,25d	65,00ef	68,75cd	89,00c	99,50de	110,00d	113,00d
Blanca dulce	4,00a	16,25a	23,50a	27,00a	36,00a	54,00e	57,00d	70,00f	73,75e	96,00d	110,00f	114,00e	118,00e

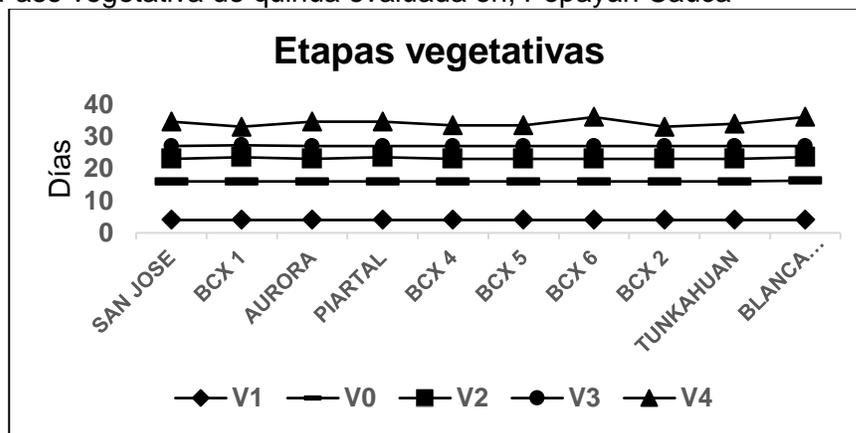
V1: emergencia, V0: primer par de hojas verdaderas, V2: segundo par de hojas verdaderas, V3: tercer par de hojas verdaderas, V4: ramificación, R5: inicio de panojamiento, R6: panojamiento, R7: inicio de floración, R8: floración, R9: grano acuoso, R10: grano lechoso, R11: grano pastoso, R12: madurez fisiológica

Promedios seguidos por las mismas letras no presentan diferencias significativas según el test de Tukey ($P \leq 0,05$)

Como se observa en el cuadro 4, la duración del ciclo fenológico desde el día de siembra hasta madurez fisiológica de los genotipos oscilo entre 92 y 118 días, lo cual permite determinar que son genotipos precoces según la escala de clasificación para la precocidad expuesta por Wahli, (1990), quien considera materiales precoces aquellos cuyos días a fructificación son menores a 130 días.

Todos los genotipos de quinua emergieron a los 4 días (Figura 13), Anchico, *et al.*, (2018) obtuvo resultados de 6 días bajo condiciones similares de siembra. Por otro lado, Montes *et al.*, (2018) quienes evaluaron 3 genotipos de quinua (Aurora, Tunkahuan y Blanca dulce Jericó) obtuvieron emergencia a los 3 días a una temperatura promedio entre 7 y 12,5°C y precipitación con un máximo de 494mm durante el ciclo de cultivo; López, (2008) reporta que la emergencia para Piartal es de 7 días a una altitud de 2400msnm, temperatura media de 16°C y precipitación anual de 1100mm. Como se observa el efecto de emergencia está directamente relacionado con la temperatura y la precipitación, evidenciando el potencial de adaptabilidad de la quinua a diferentes condiciones agroclimáticas. Los factores de mayor influencia en las fases de germinación y emergencia de las plántulas de quinua para el establecimiento del cultivo son la temperatura del suelo y la del aire circundante (Boero *et al.*, 2000). En ese sentido, se conoce que los efectos de la temperatura sobre las plantas son substanciales y a menudo, pueden provocar variaciones en la germinación, crecimiento y/o rendimiento del cultivo (White y Montes, 1993). Así mismo, la quinua es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniendo producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200mm (Bojanic, 2011).

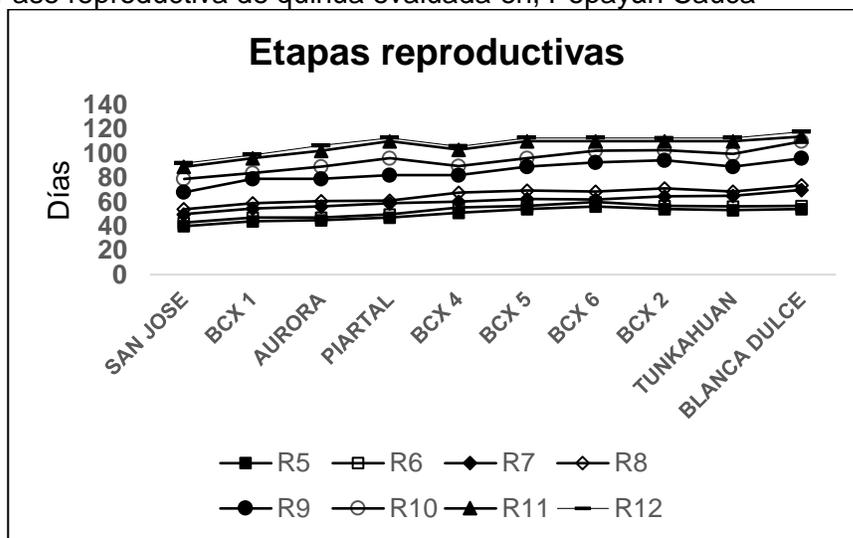
Figura 13. Fase vegetativa de quinua evaluada en, Popayán Cauca



Otro aspecto importante es el inicio de panojamiento (Figura 15), donde se encontraron diferencias significativas entre genotipos, siendo el más precoz San José con 40 DDS y BCX6 con 56 DDS. Delgado, (2009) reporta formación de panoja de las accesiones Piartal, Blanca dulce Jericó y Tunkahuan a los 64, 77 y 72 días respectivamente, de igual manera López, (2008) reporta los mismos promedios de 66 días. Estos resultados difieren con los obtenidos en el presente estudio, donde las accesiones de Piartal, Tunkahuan y Blanca dulce, tuvieron inicio de formación de panoja a los 47, 53 y 54 días respectivamente, esta diferencia puede deberse que en el presente estudio fueron evaluadas en condiciones de

menor altitud y mayor temperatura. Por otra parte, Anchico *et al.* (2020) reporta para las progenies de Syetetuba (BXC1, BCX2, BCX4, BCX5 Y BCX6) promedios de 43,8 días a una altitud de 1100msnm, mostrando de esta manera diferencias con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde las mismas progenies presentaron formación de panoja entre los 51 y 56 días a una altitud de 1850msnm (cuadro 4), corroborando que a mayor altitud el ciclo fenológico es más largo.

Figura 14. Fase reproductiva de quinua evaluada en, Popayán Cauca



Teniendo en cuenta las condiciones donde se desarrolla el cultivo y la amplia variabilidad genética que se dispone, la quinua muestra adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos y puede soportar temperaturas desde 4°C hasta 38°C; por esto está clasificada entre las semillas más resistentes al cambio climático junto con el haba, maíz, amaranto, cebolla entre otras (Bojanic, 2011).

En este estudio se evaluó los días a floración, aspecto importante que determina el rendimiento de grano (Curti *et al.*, 2016), Bertero y Ruíz, (2008) afirman que el periodo de floración, desde la primera antesis hasta el final de la floración aparece como el más sensible al medio ambiente en quinua; en la presente investigación la floración de quinua estuvo en el rango entre 54 y 73 DDS (cuadro 4). Estudios realizados por Montes *et al.*, (2018) a 3023 msnm con las accesiones Aurora, Tunkahuan y Blanca Dulce de Jerico, presentaron promedios de 126 DDS para floración, por lo que los resultados obtenidos en la presente investigación, permiten inferir que el ciclo fenológico se prolonga en condiciones de mayor altura y menor temperatura, demostrando el potencial de adaptación a diferentes condiciones, siendo necesario caracterizar los genotipos para recomendarlos a condiciones agroecológicas particulares (Mujica *et al.*, 2001). En ese sentido, cuando se utilizan genotipos poco adaptados a diversas condiciones, se pueden presentar situaciones donde las plantas crecen vegetativamente sin llegar a fructificar o son de ciclos tan cortos que están listas para cosechar en pleno periodo de lluvias con bajos rendimiento y calidad de grano (Gómez y Castellanos, 2016).

Por lo tanto, es importante deducir que los genotipos de quinua evaluados son materiales precoces que se adaptan a una altura de 1850 msnm y así mismo al sistema de siembra intercalada con café en estado de zoca.

3.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES AGRONÓMICOS

En el cuadro 5 se observan los promedios de los componentes agronómicos de quinua intercalada con café en estado de zoca.

Cuadro 5. Promedios para componentes agronómicos de quinua intercalada con café en estado de zoca y prueba de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$)

MATERIALES	RG (kg.ha ⁻¹)	HP (CM)	LP (CM)	PP (CM)	RMS (kg.ha ⁻¹)	PM (g/1000)	IC (%)
San José	1120,00 a	102,30 a	25,78 a	23,30 ab	4195,00 a	2,04 a	27,02 ab
Blanca Dulce	1475,00 ab	159,80 d	30,45 ab	23,20 ab	8050,00 ab	2,33 ab	18,47 a
Aurora	1545,00 ab	123,98 abc	29,00 ab	24,43 b	5910,00 ab	2,47 bc	26,28 ab
BCX 1	1620,00 ab	118,95 ab	29,10 ab	20,95 ab	5520,00 a	2,63 bcd	28,99 ab
Tunkahuan	2100,00 ab	137,50 bcd	26,05 a	19,28 ab	8255,00 ab	2,76 cd	25,62 ab
BCX 4	2490,00 ab	146,10 cd	33,95 ab	23,28 ab	8325,00 ab	2,87 d	30,14 ab
BCX 2	2585,00 ab	147,60 d	29,53 ab	20,15 ab	9090,00 ab	2,77 cd	28,40 ab
BCX 5	2800,00 b	151,53 d	25,05 a	17,63 a	8585,00 ab	2,69 cd	32,29 b
Piartal	2885,00 b	146,95 cd	38,35 b	24,63 b	10905,00 b	2,81 cd	29,08 ab
BCX 6	2900,00 b	149,25 d	31,30 ab	19,18 ab	9160,00 ab	2,89 d	31,04 ab

Altura (HP), longitud de panoja (LP), perímetro de panoja (PP), rendimiento de grano (RG), rendimiento de masa seca (RMS), peso de mil semillas (PM) índice de cosecha (IC).

Promedios seguidos por las mismas letras no se diferencian significativamente según el test de Tukey ($P \leq 0,05$)

El análisis de varianza (cuadro 6) para componentes agronómicos de quinua permite detectar diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de las variables evaluadas, excepto índice de cosecha.

La prueba de promedios de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro 5) permitió formar entre 3 y 7 grupos de acuerdo a la variable evaluada. Para altura de planta la accesión San José fue la de menor tamaño, se clasifica de porte bajo, según la escala propuesta por Sañudo *et al.*, (2005), donde las mayores a 2m son de porte alto; 2,0 -1,5m porte medio y menores a 1,5m son de porte bajo. Teniendo en cuenta lo anterior el 80% de los genotipos de quinua evaluados son de porte bajo (cuadro 5), lo cual los resultados son similares a los publicados por Anchicó *et al.*, (2020) para las progenies Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5, BCX6) y las accesiones Aurora, Tunkahuan y Piartal. De igual manera los estudios de López *et al.*, (2008) son similares, para las accesiones Blanca dulce de Jericó (155.70cm), Piartal (123.45cm), y Tunkahuan (116.55cm). Sin embargo, en otros estudios realizados en Brasil por Spehar *et al.*, (2011) para las progenies Syetetuba obtuvieron promedios en altura de 1,8m clasificándose como de porte medio. Según investigaciones anteriores los cultivares de quinua se adaptan a una amplia gama de entornos a través de una considerable plasticidad fenológica (Bertero *et al.*, 1999) determinada por las condiciones ambientales, lo que puede variar en resultados diferentes según la zona donde se cultive.

Cuadro 6. Análisis de varianza componentes agronómicos de quinua intercaladas con café en estado de zoca

Componente agronómico	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Error	Sig.
Altura de planta	Entre genotipos	11422,00	9	1269,06	13,41	3,03	*
	Dentro del genotipo		30	94,63			
Longitud de panoja	Entre genotipos	588,00	9	65,33	3,93	0,84	*
	Dentro del genotipo	498,80	30	16,63			
Diámetro de panoja	Entre genotipos	220,00	9	24,444	3,64	0,52	*
	Dentro del genotipo	201,30	30	6,709			
Rendimiento de grano	Entre genotipos	15983840,00	9	1775982	4,32	134,75	*
	Dentro del genotipo	12340000,00	30	411333			
Rendimiento de masa seca	Entre genotipos	144330490,00	9	16036721	3,72	418,91	*
	Dentro del genotipo	12942110030,00	30	4314037			
Peso de mil semillas	Entre genotipos	2,67	9	0,29647	13,87	0,03	*
	Dentro del genotipo	0,64	30	0,02137			
Índice de cosecha	Entre genotipos	536,90	9	59,65	2,08	0,95	0,06
	Dentro del genotipo	860,20	30	2867			

Datos inferiores a 0,05 se encuentran diferencias significativas entre algunos de los genotipos.

*: diferencia estadísticamente significativa

En cuanto a la longitud y perímetro de la panoja los cuales también son caracteres cuantitativos importantes porque dependiendo del tamaño de la panoja se determina el rendimiento en gramos de semilla por inflorescencia (FAO, 2013), se alcanzaron valores entre 25,05 y 38,05 cm para longitud y de 17,63 a 24,63 cm para perímetro, el análisis de varianza detectó diferencias estadísticamente significativas, donde la de mayor longitud de panoja la tuvo Piartal con 38,35 cm, resultados similares a los obtenidos por Anchico *et al.*, (2020) y López *et al.*, (2008) para esta misma accesión. Por otro lado, las progenies BCX5 y San José fueron las de menor longitud de panoja.

En cuanto al rendimiento de grano en quinua, es importante tener en cuenta que las diferencias de producción se pueden atribuir a la interacción genotipo por ambiente (GxE), según Bertero *et al.*, (2004) destacan la relevancia de la interacción (GxE) en las determinaciones de rendimiento de cultivo y sus características, sugiriendo la importancia de tener en cuenta este factor para selección de genotipos. En esta investigación los mejores rendimientos se obtuvieron con las progenies Syetetuba (BCX5 y BCX6) y la accesión Piartal y el menos rendimiento se obtuvo con la accesión San José, lo cual se puede atribuir que este fue su primer ciclo de evaluación. Estudios realizados por Delgado *et al.*, (2009) muestran que las accesiones de Tunkahuan, Blanca dulce de Jerico y Piartal obtuvieron resultados similares de rendimiento de grano con 2090,83, 1901,75 y 2360 kg. ha⁻¹. Esto indica que existe una alta interacción genotipo por ambiente lo que afecta la producción y el rendimiento.

Para la variable rendimiento de masa seca, los diferentes órganos de la planta tienen un papel fundamental, debido a que el rendimiento viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Gálvez, 2005). El menor rendimiento de masa seca lo presentó San José y el mayor Piartal (cuadro 5). Resultados obtenidos por Anchico *et al.*, (2020) para las progenies Syetetuba (BCX1 6526, 39 kg.ha⁻¹, BCX2 7578,24 kg.ha⁻¹, BCX4 7374,99 kg.ha⁻¹, BCX5 8086,57 kg.ha⁻¹ y BCX6 7840,27 kg.ha⁻¹) y accesiones (Aurora 8625 kg.ha⁻¹, Piartal 8091,20 kg.ha⁻¹ y Tunkahuan 7173,42 kg.ha⁻¹) difieren de los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales pudieron ser influenciados por diferentes factores ambientales como precipitación, temperatura, densidad de siembra, fertilidad del suelo, desarrollo completo de algunos órganos (tallos, ramificaciones y panojas) además del aprovechamiento de la luz para realizar la fotosíntesis (Rodríguez, 2005).

Un aspecto clave es el peso de mil granos siendo una característica importante que mide directamente la calidad del grano, porque el mayor peso de mil granos indica una mejor calidad y vigor de su semilla (Apaza, 1995). SESAN (2013) señala que el peso de mil semillas en quinua varía entre 1,93 y 3,35 g con un promedio de 2,30 g. Las progenies seleccionadas de Syetetuba según Spehar *et al.* (2011) se encuentran en un rango de 2,5 a 3,3 g coincidiendo con los resultados de esta investigación (cuadro 5), donde el mayor peso se obtuvo con la progenie Syetetuba (BCX6). Por otra parte, tuvieron resultados similares a los obtenidos por Veloza *et al.* (2016) Piartal (2,9g) y López *et al.*, (2008) Piartal (2,73g y Tunkahuan 3,15g).

El Índice de cosecha (IC, relación entre el peso de granos y el peso de la masa seca), permite determinar el porcentaje de grano con respecto a la planta, este parámetro de selección determina que a mayor % de IC, mejor es el genotipo, dado que la relación grano planta es mayor. En el cuadro 5 se observa que las progenies Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5 y BCX6) presentan los IC más altos comparados con las accesiones evaluadas, lo cual se puede atribuir a las investigaciones realizadas en Brasil, que han logrado ir uniformizando las características agronómicas y la capacidad de adaptación (Spehar *et al.*, 2011) por lo que influye en la eficiencia de la planta en cuanto a la relación de grano por materia seca, resultados similares se obtuvieron en la investigación de Anchico *et al.*, (2020) donde las progenies Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5 y BCX6) presentaron los índices de cosecha más altos, con resultados que oscilaron entre 24 y 29%. En la presente investigación Blanca Dulce de Jericó presentó el menor valor de IC, lo cual es de analizar porque esta es una de las accesiones mayormente cultivadas en Colombia por sus características organolépticas.

Los resultados obtenidos con las progenies Syetetuba (BCX1, BCX2, BCX4, BCX5 y BCX6) con respecto a los componentes agronómicos, se atribuyen a que van en sexta generación de selección – evaluación, lo que se ha permitido estabilizar las características evaluadas en cuanto al ciclo fenológico, componentes agronómicos y su capacidad de adaptación.

En algunas zonas cafeteras hace algunos años se viene intercalando cultivos entre las calles donde el café es cultivo principal. Se han realizado algunos experimentos con el fin

de ofrecer otras opciones tecnológicas a los caficultores que representen ingresos adicionales en su etapa de establecimiento o renovación (Moreno, 2013), donde el arreglo espacial es importante y se debe hacer de tal manera que no haya efecto por competencia de nutrientes, luz, agua y que por el contrario favorezca el desarrollo vegetativo y la producción. Según diversos estudios realizados por CENICAFE, el café ha tenido un buen resultado al intercalarse con maíz, frijol, tomate, cítricos, plátano y forestales. Por esta razón la renovación de cafetales mediante el zoqueo permite intercalar cultivos durante la etapa de crecimiento, la quinua se evaluó como una alternativa, logrando un arreglo espacial definido en surcos, a manera de una superposición sin generar competencia (Moreno, 2007).

El rendimiento de grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de quinua intercalada con café en la presente investigación fue más alto para las progenies de Syetetuba (BCX2, BCX4, BCX5, BCX6) y accesiones Tunkahuan y Piartal (cuadro 5) comparado con el rendimiento obtenido por Anchico, (2018) quien comparo quinua en monocultivo y dichas progenies (BCX2, BXC4, BCX5, BCX6) presentaron $\text{RG}(\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1})$ 1895, 2043, 1971, 1944 respectivamente, las accesiones Tunkahuan $1318 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Piartal $1539 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo cual permite corroborar que la quinua presenta un buen comportamiento cuando se siembra intercalada con café, porque tuvo un buen desarrollo fenológico y productivo. Se realizaron observaciones al café y no lo afectaron plagas o enfermedades como se puede observar en la figura 15.

Figura 15. Café (*Coffea arabica* L.)



3.3 EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES

A través de observación periódica de los genotipos de quinua se pudo detectar que al inicio de la floración las hojas comienzan a presentar manchas cloróticas las cuales al paso del tiempo se fueron uniendo hasta que la hoja se desprende de la planta. Con ayuda de la Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en la zona Andina (FAO 2016), se concluyó que era una enfermedad causada por el hongo (*Peronospora variabilis*), comúnmente conocida como mildew (figura 16).

Figura 16. Sintomatología Mildeo de la quinua (*Peronospora variabilis*)



El Mildeo de la quinua (*Peronospora variabilis*) es una enfermedad típica de la región andina, dado que su desarrollo se concentra en condiciones con alta humedad relativa, nubosidad y precipitación continua (FAO 2016). En el cuadro 7 se puede observar los resultados de la evaluación de incidencia y severidad. Para progenies y accesiones de quinua, la incidencia fue del 100%, puesto que todas las plantas presentaron síntomas de la enfermedad. En cuanto a el daño de la enfermedad osciló entre 3,63% y 12,54%. Aunque la severidad alcanzo niveles de daño económico, el efecto no fue alto, debido a que todos los genotipos resultaron precoces, y su cosecha se dio antes de que llegaran las lluvias intensas, factor importante porque esta le da las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de la enfermedad. Según estudios realizados esta enfermedad es importante en quinua y se debe tener en cuenta en épocas prolongadas de lluvia, dado que puede elevar los costos de producción y bajar el rendimiento (Delgado *et al.*, 2009).

Cuadro 7. Evaluación de incidencia y severidad de Mildeo de la quinua (*Peronospora variabilis*) en genotipos evaluados de quinua intercalada con café en estado de zoca

Materiales	Incidencia%	Severidad%
BCX5	100	3,63
Blanca dulce	100	4,41
BCX1	100	4,45
Piartal	100	6,70
Aurora	100	7,36
BCX4	100	8,88
Tunkahuan	100	10,52
BCX2	100	10,96
BCX6	100	11,44
San José	100	12,54

4. CONCLUSIONES

La progenie BCX6 con 2900kg.ha⁻¹ y la accesión Piartal con 2883kg.ha⁻¹ fueron las de mejor comportamiento en siembra intercalada con café.

El rendimiento de todos los genotipos a 1850 msnm e intercalado con café en estado de zoca tuvieron rendimientos que oscilaron entre 1120kg.ha⁻¹ y 2900kg.ha⁻¹.

Las progenies de BRS Syetetuba presentaron mayor rendimiento de grano en comparación con los genotipos cultivados comercialmente (Piartal, Aurora, Blanca dulce de Jericó y Tunkahuan) en Colombia en zonas de productoras de quinua (Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Cauca).

Todos los genotipos de quinua evaluados a 1850 msnm intercalados con café presentaron ciclos precoces inferiores a 118 días después de la siembra, destacándose San José, Aurora y las progenies BCX1 y BCX4, con promedios inferiores a 110 DDS.

Los genotipos evaluados son de porte bajo, excepto Blanca dulce de Jericó que fue de porte medio.

Las accesiones Tunkahuan y Piartal presentaron buenos rendimientos en alturas de 1850 msnm, siendo importantes para evaluar en clima medio.

La accesión San José, aunque no se destacó con los mejores rendimientos, arrojó datos a tener en cuenta para futuras investigaciones de selección y mejoramiento como precocidad (92 DDS), altura (102,30cm), diámetro de panoja (25,78cm) e IC (27,01%).

Los genotipos evaluados presentaron una gran variabilidad genética, lo que permite establecer procesos de mejoramiento enfocados en la selección y obtención de diferentes características para la producción de quinua.

La siembra intercalada de quinua con café puede favorecer la seguridad y la soberanía alimentaria de los pequeños productores, ya que la quinua por su alto valor nutritivo suplementa la alimentación del productor y su familia.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con procesos de adaptación y selección de materiales de quinua que presenten características deseables en altitudes altas, medias y bajas para Colombia y el Cauca específicamente.

Se recomienda realizar talleres con los pequeños cafeteros para que utilicen la quinua intercalada con café.

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, se recomienda seguir con la evaluación agronómica de líneas, progenies o accesiones para intercalar con cultivo de café que permitan tener un mayor rango de selección para las zonas agroecológicas del Cauca y Colombia.

Se sugiere que cuando se siembre quinua intercalada con café la densidad de siembra de quinua sea menor para mejorar la aireación dentro del cultivo.

Como una opción para diversificar los sistemas cafeteros, la quinua es viable y beneficiosa, porque mejoraría la calidad nutricional de las comunidades cafeteras, además de realizar aportes a su economía, sin olvidar el beneficio que puede traer a las unidades productivas por su gran aporte de biomasa a los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

ADUVIRI, Grover. Aplicación de diferentes niveles de subproductos del beneficiado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en la preparación de raciones para cuyes (*Cavia porcellus L.*) en crecimiento y engorde. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia: 2006, 116 p.

ALTIERI, M.A. y NICHOLLS, I.C. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica. En: Agroecología, 2012, vol. 7, no. 2, pág. 65-83.

ÁLVAREZ, M.; RUTTE, S VON. Quinoa hacia cultivo comercial. Editorial Larinreco S.A. Quito, Ecuador: 1990.

ALVES P, Antonio. Cultivares de café. Brasilia: 2007. EMBRAPA , 247 p. CDD-663.93.

ANCHICO JOJOA, Wilson. Características agrônômicas de genótipos de quinoa em diferentes altitudes e densidades de sementeira. Tesis Maestría en Agronomía. Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília: 2018.

ANCHICO, Wilson; SPEHAR, Carlos Roberto; VILELA, Michelle Souza. Adaptability of quinoa genotypes to altitudes and population densities in Colombia. En: Biosci. J., Uberlândia, 2020, vol. 36, no. 1, pág. 14-21, <http://dx.doi.org/BJ-v36n0a2020-4824>.

APAZA TAPIA, Walter Eduardo. Efectos de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en Costa Central. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú: 1995, 112 p.

ARCILA P., Jaime; FARFAN V., Fernando; MORENO V., Argemiro; ZALASAR G., Luis F; HINCAPIE G., Edgar. Sistemas de Producción de Café en Colombia. Colombia. FNC-CENICAFE, 2007. ISBN 978 958 98193 0, p. 256.

BAZILE, D.; BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. In: BAZILE, D. *et al.* Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Chile) y CIRAD (Francia). FAO: 2013. Cap. 1,4, pág. 50-55.

BERTERO, H.D. y RUIZ, R. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) cultivars. En: European Journal of Agronomy, 2008, vol. 28, no. 3, pág. 186–194, doi: 10.1016/j.eja.2007.07.002

BERTERO, H.D; KING, R. y HALL, A.J. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: Field Crops Research, 1999, vol. 60, no. 3, pág. 231-243. doi: 10.1016/S0378-4290(98)00128-2

BERTERO, H., DE LA VEGA, A.; CORREA, G.; JACOBSEN, S. y MUJICA, A. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. En: Field Crops Research, 2004, vol. 89, no. 2-3, pág. 299–318, doi: 10.1016/j.fcr.2004.02.006

BOERO, C., GONZALES, J.A. y PRADO, F.E. Efecto de la temperatura sobre la germinación de diferentes variedades de quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.). En: Research Gate Lilloa, 2000, vol. 40, no. 1, pág. 103-108.

BOJANIC, ALAN. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC). 2011, 66 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAFÉ DE COLOMBIA: Manejo Agronómico Colombia: Federación Nacional de Cafeteros [en línea]. FNC: 3, febrero, 2020 [citado 27, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <https://www.cafedecolombia.com/particulares/?s=manejo+agronomico+cafe>

CARBAJAL, Maria Claudia. Comportamiento de once variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de costa central La Molina. Tesis Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú): 2019, 92 p.

CARDOZO Armando; ROMERO, Arturo; SOTOMAYOR, Emilio y NAVARRO, Olga. El cultivo de la quinua en el Ecuador y Colombia. Convención internacional de Quenopodiaceas (2: Quinoa-cañahua. Universidad Boliviana Tomás Frías. Instituto interamericano de ciencias Agrícolas, Potosí-Bolivia, 1976). 206 p.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SILVEIRA, T.R.D. y CASAROTTO, G. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. En: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2010, vol. 45, pág. 1363-1371.

CASTRO C., Bertha y MONTOYA R., Esther C. Zoqueo de los Cafetales y su Relación con la Infección con Macana. En: Avances Técnicos Cenicafe, 1997, no. 240, 4 p. ISSN-0120-0178

CASTRO T., María y RIVILLAS O., Carlos. Biorregulación de *rhizoctonia solani* en Germinadores de Café [en línea]. En: Avances Técnicos Cenicafé, 2005, no. 336, 12 p. Disponible en internet en: <http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4521842>

CENICAFE. Obtención de Ingresos Adicionales [en línea]. En: CENICAFE, 2004, cartilla no. 24. Disponible en internet en: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas/publicaciones_cartilla_cafetera_cap._12._sombrio_de_cafetales

COLOMBIA. ALCALDIA DE POPAYAN. Nuestra Geografía [en línea]. Popayan, Colombia: 2020 [citado 20, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. En los últimos 4 años, la quinua ha tenido un crecimiento de más de 150% en áreas de producción [en línea]. Bogotá: 24, mayo, 2018 [citado 13, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-los-%C3%BAltimos-4-a%C3%B1os,-la-quinua-ha-tenido-un-crecimiento-de-m%C3%A1s-del-150-en-%C3%A1reas-de-producci%C3%B3n-.aspx>

_____. _____. La quinua en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento [en línea]. Bogotá: 30, marzo, 2016 [citado 10, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-quinua-en-Colombia-es-uno-de-los-cultivos-con-gran-potencial-de-crecimiento.aspx>

_____. _____. MinAgricultura fortalece agronegocios de 1.930 familias del Cauca [en línea]. Agronet ©: 20, septiembre, 2016 [citado 10, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/MinAgricultura-fortalece-agronegocios-de-1930-familias-del-Cauca---.aspx>

COMITÉ DE CAFETEROS DEL CAUCA. Informe de Gestión 2017 [en línea]. FNC: 2018 [citado 10, mayo, 2020]. Disponible en internet en: https://issuu.com/cafedecolombiacauca/docs/informe_de_gesti_n_2017

CURTI, R.N.; DE LA VEGA, A.J.; ANDRADE, A.J.; BRAMARDI, S.J. y BERTERO, H.D. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. En: Field Crops Research, 2016, no. 189, pág. 10–18. doi: 10.1016/j.fcr.2016.01.014

DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) [en línea]. Bogotá, Colombia: 2017 [citado 1, junio, 2020]. Disponible en internet en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2017/boletin_ena_2017.pdf

DELGADO P., A.I.; PALACIOS C., J.H. y BETANCOURT G., C. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). En: *Agronomía Colombiana*, 2009, vol. 27, no. 2, pág. 159-167.

DIMITRIOS J. Bilalis; TRAVLO, Ilias S.; KARKANIS, Anestis; GOURNAKI, Maria; KATSENIOS, Giannis; HELA, Dimitra and KAKABOUKI, Ioanna. Evaluation of the allelopathic potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). En: *Romanian Agricultural Research Gate*, 2013, no. 30. ISSN 2067-5720

EL PAÍS. Actualidad. Economía. La crisis del café: hay más que nunca, pero ni ustedes ni los productores se benefician [en línea]. Bogotá. *El País* @: 14, julio, 2019 [citado 14, mayo, 2020]. Disponible en internet en: https://elpais.com/economia/2019/07/11/actualidad/1562860938_787058.html

EL TIEMPO. Economía. Crisis de tiempo de café se ha llevado 27000 hectáreas cultivadas [en línea]. Bogotá. *El Tiempo* @: 11, mayo, 2019 [citado 14, mayo, 2020]. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cafe-la-crisis-de-precios-tumba-millones-de-plantas-360342>

FARFÁN, Fernando. Producción de café en un sistema intercalado con plátano dominico hartón con o sin fertilización química. En: *Cenicafé*, 2005, vol. 56, no. 3, pág. 269-280.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Renovación de cafetales [en línea]. FNC: 2018 [citado 27, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <https://federaciondefeteros.org/wp/programas/renovacion-de-cafetales/>

FIGUEIREDO FILHO, D.B. y SILVA JÚNIOR, J.A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). En: *Revista Política Hoje*, 2009, vol. 18, no. 1, pág. 115-146.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Consideraciones sobre el manejo agronómico del cultivo de la quinua en el departamento de Nariño, recopilación de experiencias con pequeños productores [en línea]. Bogotá. FAO: 2016 [citado 7, junio, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/3/a-i4956s.pdf>

_____. El año internacional de la quinua la conferencia [en línea] (1: La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. ONU, New York: FAO, 2011) [citado 11, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>

_____. Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en la zona Andina [en línea]. FAO: 2016 [citado 13, mayo,

2020]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/3/i5519s/i5519s.pdf> ISBN 978-92-5-309152-2

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina regional para América Latina y el Caribe: 2011. <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>

GÓMEZ PANDO, Luz y CASTELLANOS, Enrique. Guía de cultivo de la quinua. 2a. ed. Lima, Perú: FAO - Universidad Nacional Agraria La Molina: 2016, 121 p. ISBN 978-92-5-309069-3

GRANADA DÍAZ, Dayhan; MORENO B, Miguel Argemiro; GARCÍA ALZATE, Javier y MEJÍA, Wilson Jhon. Sistema "Frijol Relevo Maíz" intercalado en zocas de café, una opción para diversificar la producción. En: Avances Técnicos Cenicafe, 2008, no. 375, 4 p. ISSN-0120-0178

HIGUERA, Nubia; RIVAS, Gonzalo; GUTIÉRREZ, Isabel; SÁNCHEZ, Adriana; CÁRDENAS, Jeanette, CÁRDENAS, Gustavo; GARCÍA, Daniel. La quinua: una alternativa para la seguridad alimentaria y medios de vida de pequeñas familias productoras. Consideraciones para políticas de fomento en Colombia. CATIE. Costa Rica: 2011, 3p. ISSN 1659-3480

HIGUERA MORA, Carolina Nubia. Relación del agroecosistema quinua con los medios de vida y seguridad alimentaria de pequeños productores de la zona andina colombiana. Tesis Maestría en Agricultura Ecológica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica: 2011, 192 p.

INGUILÁN, J. y PANTOJA, C. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinua* Willd.) en el municipio de Córdoba, departamento de Nariño. Tesis Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia: 2007.

IVANCOVICH, Antonio, LAVILLA, Miguel. Manejo Integrado de Enfermedades. Tesis Maestría en protección vegetal. La Plata: 2016.

JACOBSEN SVEN, Erik y SHERWOOD, Stephen. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Quito, Ecuador: julio, 2002, 82 p. ISBN:9978-22-258-8

JACOBSEN, S, E. y STOLEN, O. Quinoa- Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. En: Eur. J. Agronomy, 1993, vol. 2, no. 1, 24 p.

JELLEN, E; PETER J.M; FUENTES, F. y BOZENA A, K. Botánica, filogenia y evolución. Estado del arte de la quinua. Capítulo 1.1. BAZILE D. et al. Estado del arte de la quinua en el mundo. FAO – CIRAD: 2013.

LA REPUBLICA. Ruta del café, Huila es el departamento líder cafetero con 16% del área cultivada [en línea]. La República @: 2019 [citado 13, mayo, 2020]. Disponible en internet en: <https://www.larepublica.co/especiales/ruta-del-cafe/huila-es-el-departamento-lider-cafetero-con-16-del-area-cultivada-2840686>

LOPEZ J, Fredy; PORTILLA, Sandra y MOSQUERA, Mari. Evaluación del efecto nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) con diferentes niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde. En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2009, vol. 7, no 1, 15 p.

LOPEZ, Jasmin, P; TIMARAN, Mauricio y BETANCOURTH, Carlos. Evaluación de 16 selecciones de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en el municipio de Guaitarilla, Nariño. En: Revista Universidad de Nariño, 2008, vol. 1-2, 20 p. ISSN- 0120-0135.

MONTES ROJAS, C., BURBANO CATUCHE, G.A. Y MUÑOZ CERTUCHE, E.F. Evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra en Cauca. En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2019, vol. 18, no. 1, 10p. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>.

MONTES, R.C; BURBANO C.G.A; MUÑOZ C., E.F. y CALDERON Y, Y. Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de *Chenopodium quinoa* Willd, en Purace –Cauca-Colombia. En: Revista biotecnológica del sector agropecuario, 2018, vol. 16, no. 2.

MORA S, Norma. Agrocadena del café [en línea]. Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección Regional Huetar Norte. Costa Rica: 2008 [citado 1, junio, 2020]. Disponible en internet en: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/03/a00080.pdf>

MORENO B, A.M. Regulación de *rhizoctonia solani* en Germinadores de Café. En: Avances Técnicos Cenicafé, 2010, no. 398.

_____. Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos. Manual de cafeteros de Colombia: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. FCN – CENICAFE. Chinchiná, Colombia: 2013, vol. 3, pág. 65-85.

MUJICA, A.; SUQUILADA, M.; CHURA, E.; RUIZ, E.; LEÓN, A.; CUTIPA, S. y PONCE, C. Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Universidad Nacional del Altiplano, FINCAGRO. Puno, Perú: 2013, 118 p.

MUJICA, Ángel y JACOBSEN, S. La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz, Bolivia: 2013. 449-457 p.

_____ ; _____ ; IZQUIERDO, J. y MARATHEE, J.P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Versión 1. Santiago de Chile: 2001.

NIETO, Carlos; VIMOS, Carlos; MONTEROS, Cecilia; CAICEDO, Carlos y RIVERA, Marco. INIAP ingapirca, INIAP tunkahuan dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. Instituto nacional de investigación agropecuaria de Ecuador: Estación experimental Santa Catalina: 1992.

PATTO RAMALHO, Magno Antonio; DOS SANTOS, João Bosco; BRASIL PEREIRA PINTO, César Augusto, DE SOUZA, Elaine Aparecida; AVELAR GONÇALVES, Flávia Maria e DE SOUZA, João Cândido. Genética na agropecuária. 5a. ed. Editora Ufla.

PEIL M., Roverta y GALVEZ, Jose. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. En: R. Bras. Agrociência, 2005, vol. 11, no. 1, pág. 5-11. <https://doi.org/10.18539/cast.v11i1.1171>

RODRÍGUEZ CALLE, Juan. El papel del tamaño de las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia: 2005, 230 p.

ROJAS, W.; PINTO, M.; ALANOCA, C.; GOMEZ, P.; LEÓN, L.; ALERCIA, A.; DIULGHEROFF, S.; PADULOSI, S.; BAZILE, D. Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua. Capítulo 1.5. BAZILE D et al. Estado del arte de la quinua en el mundo 2013. FAO – CIRAD.

SAÑUDO, B.; ARTEAGA, G.; BETANCOURTH, C.; ZAMBRANO, J. y BURBANO, E. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Pasto: Unigraf, 2005, 74 p.

SESAN. Investigación sobre el Cultivo de la Quinoa o Quinoa (*Chenopodium quinoa*). Gobierno de Guatemala. Secretaría de Seguridad alimentaria y Nutricional. Guatemala: 2013.

SPEHAR Carlos Roberto, Quinoa alternativa para a diversificacao agrícola e alimentar. Embrapa Cerrados: 2007.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J.E.S. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. En: Bioscience Journal, 2009, vol. 25, no. 4, pág. 53-58.

SPEHAR, CARLOS ROBERTO; ROCHA, JULIANA EVANGELISTA DA SILVA; SANTOS, ROBERTO LORENA DE BARROS. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (brs syetetuba) no cerrado. En: Pesqui. Agropecu. Trop., 2011, vol. 41, no.1. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>

TAPIA, M.E. y FRIES, A.M. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú: 2007, 75 p.

TAPIA, Mario. Eco desarrollo en los Andes. Fundación Friedrich Ebert. Lima Perú: 1996.

TAPIA, M; GANDARILLAS, H; ALANDIA, S; CARDOZO, A. y MUJICA, A. La Quinoa y la Kañiwa: cultivos andinos. Bogotá: CIID, Oficina Regional para América Latina, 1979, 228p.

TESTEN, L, Anna; JIMENEZ-GASCO, Maria del Mar; OCHOA, B, José, BACKMAN, A, Paul. Molecular detection of *Peronospora variabilis* in quinoa seed and phylogeny of the quinoa downy mildew pathogen in South America and the United States. En: Ecology and Epidemiology, 2014, vol. 104, no. 4, 379p. doi: 10.1094/PHYTO-07-13-0198-R.

THINES, MARCO; CHOI, YOUNG-JOON. Evolution, Diversity, and Taxonomy of the Peronosporaceae, with Focus on the Genus *Peronospora*. En: Phytopathology Review, 2016, vol. 106, no. 1. doi: 10.1094/PHYTO-05-15-0127-RVW.

TROISI J. Saponinas. Capítulo 3.3. BAZILE D et al. Estado del arte de la quinua en el mundo 2013. FAO- CIRAD, pág. 317-327.

VELOZA RAMÍREZ, C.; ROMERO GUERRERO, G. y GOMEZ PIEDRAS, J.J. Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Sabana norte de Bogotá. En: Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient., 2016, vol. 19, no. 2, pág. 325-332.

WAHLI, C. Quinoa hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco. 1990.

WHITE, Jeffrey W y MONTES R., Consuelo. The Influence of Temperature on Seed Germination in Cultivars of Common Bean. En: Journal of Experimental Botany, 1993, vol. 44, no. 12, pág. 1795–1800. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.12.1795>

WILSON, H.D. Quinoa and relatives (Chenopodium sect. Chenopodium subsect. Cellulata). EN: Economic Botany, 1990, vol. 44.

ZABALA, Rafael *et al.* Seguridad y Soberanía Alimentarias. Semana sostenible. Colombia: 28, junio, 2014. Disponible en internet en: <https://sostenibilidad.semana.com/ediciones/articulo/seguridad-soberania-alimentarias/31416>

ANEXOS

ANEXO A. Resultado análisis de suelo área experimental

Parámetros	Resultados	Interpretación
REACCIÓN		
pH	5,74	Moderadamente ácido
ELEMENTOS MAYORES		
Fósforo (P) (mg/kg)	3,16	Bajo
Potasio (cmol/kg)	0,22	Medio
ELEMENTOS SECUNDARIOS		
Azufre (S) (mg/kg)	4,32	Bajo
Magnesio (cmol/kg)	0,87	Bajo
Calcio (cmol/kg)	5,02	Adecuado
ELEMENTOS MENORES		
Cobre (mg/kg)	0,82	Bajo
Hierro (mg/kg)	18,86	Bajo
Zinc (mg/kg)	0,56	Bajo
Manganeso (mg/kg)	0,89	Bajo
Boro (mg/kg)	0,09	Bajo
SALINIDAD Y SODICIDAD		
C.E (dS/m)	0,06	Normal
Sodio cmol/kg	0,07	Adecuado
%Na	1,13	Ideal
%C.O	6,28	
Nt(%)	0,54	
Da (g/cm ³)	0,7	
C.I.C.E	6,18	Bajo
%M.O Muestra	10,83	
TEXTURA		
%Arena	66	
%Limo	32	
%Arcilla	2	
Clasificación		FRANCO-ARENOSO

Fuente: Laboratorio TECNIANALISIS S.A.S

ANEXO B. Registro de temperatura y precipitación durante el experimento

Mayo				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
1	24	15	19,5	15
2	25	14	19,5	0
3	25	14	19,5	24
4	23	13	18	0
5	27	14	20,5	2
6	25	13	19	43
7	22	12	17	0,5
8	28	14	21	15
9	26	14	20	15
10	24	15	19,5	41
11	25	14	19,5	25
12	25	14	19,5	59
13	23	13	18	4
14	27	14	20,5	7
15	25	13	19	7
16	22	12	17	0
17	28	14	21	28
18	26	13	19,5	11
19	24	12	18	15
20	27	13	20	0
21	26	14	20	24
22	27	15	21	0
23	25	14	19,5	2
24	26	13	19,5	43
25	20	15	17,5	0,5
26	25	14	19,5	15
27	21	13	17	15
28	23	14	18,5	0
29	24	13	18,5	26
30	25	12	18,5	4
31	21	10	15,5	20
				361,5
Junio				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
1	22	14	18	10
2	27	13	20	0,5
3	28	14	21	0
4	29	15	22	0
5	29	15	22	0
6	31	15	23	0
7	26	15	20,5	1
8	18	15	16,5	12
9	22	13	17,5	20
10	26	13	19,5	36
11	26	14	20	2
12	19	14	16,5	7

Junio				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
13	25	15	20	0
14	22	14	18	5
15	23	15	19	0
16	26	15	20,5	0
17	28	14	21	1
18	26	13	19,5	24
19	24	14	19	2
20	25	13	19	6
21	24	10	17	36
22	27	15	21	0
23	28	14	21	23
24	29	15	22	0
25	25	14	19,5	0
26	24	13	18,5	76
27	26	13	19,5	27
28	28	12	20	0
29	27	15	21	0
30	25	14	19,5	0,5
				289
Julio				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
1	22	14	18	28
2	23	12	17,5	2,5
3	22	13	17,5	10
4	25	14	19,5	3
5	24	14	19	3
6	24	14	19	18
7	23	14	18,5	10
8	21	15	18	46
9	23	13	18	46
10	22	14	18	28
11	21	14	17,5	14
12	21	15	18	40
13	21	14	17,5	10
14	18	13	15,5	1
15	24	14	19	20
16	26	13	19,5	1
17	25	15	20	12
18	24	14	19	0,5
19	27	16	21,5	0
20	23	15	19	0
21	25	14	19,5	4
22	21	13	17	20
23	25	14	19,5	0
24	25	14	19,5	0
25	26	15	20,5	0
26	26	16	21	0
27	28	15	21,5	0
28	25	13	19	0

Julio				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
29	25	15	20	0
30	28	16	22	0
31	25	14	19,5	0,5
Agosto				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
1	25	14	19,5	0
2	29	15	22	0
3	29	17	23	0
4	25	14	19,5	4
5	27	15	21	0
6	29	14	21,5	0
7	24	13	18,5	36
8	22	13	17,5	1
9	22	14	18	0
10	23	13	18	0
11	26	14	20	0,5
12	27	14	20,5	26
13	26	13	19,5	12
14	23	13	18	2
15	24	14	19	0,5
16	24	14	19	0
17	23	14	18,5	0
18	26	13	19,5	28
19	24	14	19	2
20	26	14	20	6
21	23	13	18	9
22	24	13	18,5	0,5
23	22	12	17	5
24	24	13	18,5	6
25	26	14	20	0
26	26	14	20	0,5
27	24	13	18,5	0,5
28	25	14	19,5	2
29	17	13	15	0,5
30	27	14	20,5	0
Septiembre				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
1	27	14	20,5	0
2	26	15	20,5	0
3	26	14	20	0
4	25	13	19	2
5	24	13	18,5	43
6	26	14	20	0,5
7	26	14	20	15
8	27	14	20,5	15
9	25	13	19	41
10	26	14	20	25

Septiembre				
Día	Máxima	Mínima	Media	Precipitación
11	24	14	19	59
12	26	13	19,5	0,5
13	27	13	20	26
14	28	13	20,5	12
15	25	14	19,5	2
16	27	13	20	0,5
17	26	14	20	0
18	25	13	19	0
19	26	14	20	28
20	25	14	19,5	0,5
21	28	14	21	5
22	27	14	20,5	6
23	26	14	20	0
24	26	13	19,5	0,5
25	25	14	19,5	0,5
26	26	14	20	2
27	25	14	19,5	0,5
28	28	14	21	0,5
29	27	14	20,5	26
30	26	13	19,5	12
31	26	14	20	0