



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) CON CUATRO CULTIVOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL SECTOR LA ARGELIA CANTÓN LOJA

Trabajo de
Titulación previa a la
obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

José Daniel Amay Ortiz

DIRECTOR:

Ing. Santiago Cristóbal Vázquez Matute PhD.

Loja - Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICADO

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) CON CUATRO CULTIVOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN LOJA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, del egresado **José Daniel Amay Ortiz**, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido por la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja.

En mi calidad de Director de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio del egresado.

Loja, 24 de marzo de 2022



Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO
CRISTOBAL VASQUEZ
MATUTE

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, José Daniel Amay Ortiz declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional- Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**JOSE
DANIEL**

Cedula: 1150026217

Fecha: 9 de agosto del 2022

Correo electrónico: jose.d.amay@unl.edu.ec

Celular: 0969783175

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, José Daniel Amay Ortiz declaro ser autor, de la tesis titulada “EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) CON CUATRO CULTIVOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL SECTOR LA ARGELIA, CANTÓN LOJA”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Agrónomo por lo que autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 9 días del mes de agosto del dos mil veintidós.

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**JOSE
DANIEL**

Autor: José Daniel Amay Ortiz

Número de cedula: 1150026217

Dirección: Calle. Galileo Galilei y Milton Patiño

Correo electrónico: jose.d.amay@unl.edu.ec

Celular: 0969783175

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: PhD. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

Tribunal de grado:

Presidente: PhD. Max Enrique Encalada Córdova

Vocal: PhD. Marina Mazón Morales

Vocal: PhD. María Natalia Morales Palacio

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza para culminar el trabajo en tiempos difíciles. A mis padres José Amay y Macrina Ortiz por su amor trabajo y sacrificio en todos estos años, e impulsarme a ser una persona de bien. A mis hermanas y hermanos por su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos. Finalmente quiero dedicar este trabajo a mis sobrinos por ser una motivación para lograr cumplir tan anhelada meta

José Daniel Amay Ortiz

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones y ser apoyo y fortaleza durante los momentos difíciles para culminar con éxito y satisfacción la etapa de mi vida universitaria.

A mis padres, José Amay y Macrina Ortiz; hermanas y hermanos por todo su apoyo, esfuerzo, amor, confianza y motivación que me brindaron a lo largo de la carrera, así mismo, a mi abuelo por impulsarme a cumplir esta gran meta.

A la Universidad Nacional de Loja por haberme brindado todos los recursos y escenarios en el transcurso de la carrera y en el trabajo de investigación, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería agronómica por haber contribuido en mi formación, de manera especial a mi director de tesis Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD, por todo su apoyo y asesoramiento durante la investigación, así mismo extendiendo mis agradecimientos a la Ing. Diana Iñiguez, técnica del laboratorio de suelos de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables por su incondicional ayuda.

José Daniel Amay Ortiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1 ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
Objetivo general	6
Objetivo específico	6
HIPÓTESIS:	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1 Origen de la quinua	6
4.2 Importancia de la quinua	6
4.3 Producción de quinua en el Mundo	6
4.4. Producción de quinua en el Ecuador	7
4.5. Clasificación taxonómica	7
4.6. Fenología	7
4.6.1 Emergencia	7
4.6.2 Dos hojas verdaderas	8
4.6.3 Cuatro hojas verdaderas	8
4.6.4 Seis hojas verdaderas	8
4.6.5 Ramificación	8
4.6.6 Inicio de panojamiento	9
4.6.7 Panojamiento	9
4.6.8 Inicio de floración	9
4.6.9 Floración o antesis	9
4.6.10 Grano lechoso	9
4.6.11 Grano pastoso	10

4.6.12 Madurez fisiológica	10
4.7 Requerimientos Edafoclimaticos	10
4.7.1 Clima	10
4.7.2 Suelos.....	10
4.7.3 Precipitación.....	10
4.7.4 Fotoperiodo	10
4.7.5 Temperatura	11
4.7.6 Altitud	11
4.8 Morfología.	11
4.8.1 Raíz:.....	11
4.8.2 Tallo:.....	11
4.8.3 Hojas.....	11
4.8.4 Inflorescencia	11
4.8.5 Flores	11
4.8.6 Fruto	12
4.8.7 Semilla	12
4.9 Plagas y enfermedades.....	12
4.9.1 Plagas.....	12
4.9.2 Enfermedades	13
4.10 Cultivos de cobertura.....	14
4.11 Beneficios de los cultivos de Cobertura.	14
4.12 Malezas del cultivo de la quinua	15
4.13 Rendimiento.	15
4.14 Componentes del rendimiento.....	15
4.14.1 Número de granos.....	15
4.14.2 Peso del grano	16
4.14.3 Biomasa del cultivo	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
5.1 Ubicación del lugar de estudio	17
5.2 Metodología general.....	17
5.3 Tipo de Investigación	18
5.4 Diseño experimental.....	18
5.4.1 Modelo Estadístico.	19
5.4.2 Análisis estadístico	20
5.4.3 Metodología para el primer objetivo específico	20
5.4.4 Metodología para el segundo objetivo específico	23
6. RESULTADOS	25

6.1 Biomasa de los cultivos de cobertura	25
6.2 Cobertura vegetal de los cultivos de cobertura	25
6.3 Dinámica poblacional de arvenses en el cultivo de quinua	26
6.4 Índice de diversidad de Simpson y de Margalef	27
6.5 Biomasa de Malezas	29
6.6 Cobertura vegetal de las malezas	30
6.7 Supresión de Malezas	31
6.8 Relación entre la supresión de maleza y la biomasa de los cultivos de cobertura y de la maleza	32
6.9 Condiciones de temperatura y humedad ambiental durante el crecimiento de la quinua	32
6.10 Altura de la planta del cultivo de la quinua	33
6.11 Rendimiento de grano y sus componentes	34
6.12 Relación entre el rendimiento, número de granos por planta de la quinua y biomasa en cosecha de la quinua	35
7. DISCUSIÓN.....	37
8. CONCLUSIONES	42
9. RECOMENDACIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA	44
11. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos de cobertores vegetales constituidos por especies gramíneas y leguminosas en monocultivo y mezclas.	19
Tabla 2. Población de Arvenses en el cultivo de quinua	27
Tabla 3. Índice de diversidad de Simpson y Margalef de malezas en el cultivo de la quinua, en el estadio noveno par de hojas verdaderas (BBCH19)	28
Tabla 4. Índice de diversidad de Simpson y Diversidad de Margalef de malezas en el cultivo de la quinua en el estadio inicio de floración (BBCH60)	29
Tabla 5. Rendimiento de grano y sus componentes	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del experimento	17
Figura 2. Esquema del diseño experimental que se estableció en el campo	19
Figura 3. Biomasa de los cultivos de cobertura	25
Figura 4. Cobertura vegetal de cobertores a los 50 días después de la siembra.....	26
Figura 5. Biomasa de las malezas en el estadio (BBH19) del cultivo de la quinua.	30
Figura 6. Biomasa de las malezas en el estadio (BBCH 60) del cultivo de quinua	30
Figura 7. Cobertura vegetal de los cobertores vegetales, a partir de los 36 hasta los 72 días después de la siembra, a) en monocultivo, b) mezcla doble y triple de las especies de cobertores vegetales.....	31
Figura 8. Supresión de malezas en el estadio (BBCH19).....	31
Figura 9. Supresión de malezas en el estadio fenológico inicio de floración (BBCH60)..	32
Figura 10. Relación lineal de la biomasa de cobertor en función; a) supresión de malezas y biomasa de malezas en función de; b) supresión de malezas	32
Figura 11. Temperatura media diaria y humedad relativa diaria del cultivo de la quinua. Los triángulos rojos hacia abajo y los números indican los estados fenológicos según la escala BBCH (0) siembra, (12) segundo para de hojas verdaderas, (60) floración y (99) cosecha	33
Figura 12. Dinámica de la altura del tallo del cultivo de la quinua bajo distintos cultivos de cobertura, a) en monocultivo, b) mezcla doble y triple de los cultivos de cobertura.....	34
Figura 13. Relación lineal del rendimiento en función de; a) número de granos por planta; y número de granos por planta en función de; b) biomasa de la quinua.	36
Figura 14. Preparación del terreno	
Figura 15. Levantamiento de camas	53
Figura 16. Siembra de cultivos de cobertura	
Figura 17. Virado de cobertores.....	53
Figura 18. Siembra de la quinua	
Figura 19. Fertilización.....	53
Figura 20. Toma de altura.....	54
Figura 21. Seguimiento del cultivo	54
Figura 22. Secado de muestras.....	54
Figura 23. Pesaje de muestras	54
Figura 24. Peso de 1000 granos.....	54
Figura 25. Semillas de la quinua	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculos de Fertilización.....	48
Anexo 2. Análisis del Suelo	50
Anexo 3. Escala Fenológica BBCH de la quinua	52
Anexo 4. Evidencias Fotográficas	53
Anexo 5. Certificación de traducción del Abstract.	55

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.)
CON CUATRO CULTIVOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL SECTOR LA
ARGELIA, CANTÓN LOJA.**

2. RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sudamérica su valor nutritivo radica en el balance ideal de los aminoácidos de su proteína que lo convierten en un componente excelente en las dietas. El objetivo de la presente investigación consistió en, evaluar el crecimiento de malezas y el rendimiento de la quinua, bajo cuatro cultivos de cobertura vegetal (CC): avena, cebada, vicia y arveja El ensayo se estableció en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” ubicada en la ciudad Loja, utilizando un diseño en bloques completamente al azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones, constituidos por los CC con especies gramíneas y leguminosas como monocultivo y mezclas. Se evaluaron, supresión de malezas, la biomasa, la diversidad y cobertura vegetal de las malezas. Por otro lado, en el cultivo de quinua se evaluó el rendimiento final del grano y sus componentes. Las arvenses dominantes fueron cerraja (*Sonchus oleraceus*) y coquito (*Cyperus rotundus*). La mayor cantidad biomasa de malezas en los estados fenológicos BBCH 19 y BBCH60, se presentó cuando la quinua creció bajo los cultivos de cobertura vicia (T5), arveja (T6), y, arveja + vicia (T12), mientras que la menor biomasa de maleza se observó en los cultivos de cobertura compuestos por gramíneas (avena y cebada). La supresión de malezas fue mayor en los tratamientos de cebada + vicia (T9), así como, cebada + arveja + avena (T14) superaron el 90% de supresión en BBCH19, y, el 75 % en BBCH60. Por otro lado, la menor supresión de malezas se presentó en los tratamientos constituidos por leguminosas como vicia (T5) arveja (T6) y arveja + vicia (T12) cuyos valores de supresión más bajos estuvieron cercanos al 40%. El rendimiento en el cultivo de quinua fue mayor en los tratamientos (cebada + arveja + avena) con 4525,6 kg. ha⁻¹ T12 (vicia + arveja) 3759,8 kg. ha⁻¹ T5(vicia) 3085,5 kg. ha⁻¹ y el T1 (control sin maleza) 3664,1 kg. ha⁻¹. En cuanto al tratamiento T2 (control con maleza) no se obtuvo resultados en el rendimiento debido a la interferencia de malezas, Por lo tanto, el cultivo debe permanecer libre de malezas ya que es una mala competidora de malezas para evitar pérdidas del rendimiento. En la presente tesis, se demuestra que el uso de cultivos de cobertura usando especies gramíneas y su combinación con leguminosas como antecesores de la quinua puede ser una alternativa para el mejorar el manejo de las malezas y la productividad de la quinua.

Palabras claves: Cultivos de cobertura, malezas, quínoa

2.1 ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is an Andean crop domesticated thousands of years ago by the ancient cultures of the Andean Region of South America. Its nutritional value lies in the ideal balance of amino acids in its protein, which makes it an excellent component in diets. The objective of this research was to evaluate the growth of weeds and the yield of quinoa, under four plant cover crops (CC): oats, barley, vetch and peas. The trial was established in the Quinta Experimental Docente "La Argelia" located in the city of Loja, using a completely randomized block design with 14 treatments and 3 repetitions, consisting of CCs with grass and legume species as monoculture and mixtures. Weed suppression, biomass, diversity and plant cover of weeds were evaluated. On the other hand, in the quinoa crop, the final yield of the grain and its components was evaluated. The dominant weeds were cerraja (*Sonchus oleraceus*) and coquito (*Cyperus rotundus*). The highest biomass of weeds in the phenological stages BBCH 19 and BBCH60, occurred when quinoa grew under cover crops vetch (T5), peas (T6), and peas + vetch (T12), while the lowest biomass of weeds was observed in cover crops composed of grasses (oats and barley). Weed suppression was greater in the barley + vetch (T9) treatments, as well as barley + pea + oats (T14) they exceeded 90% suppression in BBCH19, and 75% in BBCH60. On the other hand, the lowest suppression of weeds occurred in the treatments consisting of legumes such as vetch (T5), peas (T6) and peas + vetch (T12), whose lowest suppression values were close to 40%. The yield in the quinoa crop was higher in the treatments (barley + peas + oats) with 4525.6 kg. ha⁻¹ T12 (vetch + pea) 3759.8 kg. ha⁻¹ T5(vetch) 3085.5 kg. ha⁻¹ and T1 (control without weeds) 3664.1 kg. ha⁻¹. Regarding the T2 treatment (control with weeds), no results were obtained in the yield due to the interference of weeds. Therefore, the crop must remain free of weeds since it is a poor competitor of weeds to avoid yield losses. In this thesis, it is shown that the use of cover crops using grass species and their combination with legumes as predecessors of quinoa can be an alternative to improve weed management and productivity of quinoa

Keywords. cover crops, weeds, quinoa

3. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sudamérica. Existen evidencias de que fue alimento básico para las poblaciones pre-hispánicas hasta la época de la conquista, por muchos siglos la quinua fue alimento de auto subsistencia humana y animal. El cambio de los hábitos alimenticios y la preferencia por alimentos nutritivos y orgánicos a nivel global promovieron el reconocimiento y la revaloración de la quinua, dando lugar al incremento de su producción. Su valor nutritivo radica en el balance ideal de los aminoácidos de su proteína que lo convierten en un componente ideal en las dietas. Adicionalmente contiene una cantidad adecuada de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que incrementan su valor nutracéutico (Aguilar y Gomez, 2016).

De acuerdo a las estadísticas del MAGAP, el país siembra alrededor de 2 mil hectáreas de quinua al año, con una producción total de 1.400 toneladas métricas, que se acercan a un promedio de 0,70 toneladas métricas por hectárea (entre 10 y 15 quintales por hectárea) (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017).

Se conoce que la quinua tiene problemas para el establecimiento del cultivo, debido a que es una especie que tiene un lento crecimiento inicial, por consiguiente, puede ser afectada drásticamente por las malezas. Estudios previos han determinado que el periodo crítico para la competencia de arvenses en la quinua se extiende hasta el periodo de floración (Merino *et al.*, 2019).

Las malezas son un factor limitante muy importante en el cultivo de la quinua debido a que pueden originar pérdidas significativas de rendimiento porque compiten por factores esenciales para el crecimiento y desarrollo del cultivo como es el agua, los nutrientes y la luz. Las malezas, adicionalmente, pueden ser fuente de enfermedades y plagas, y dificultar la cosecha y las semillas de algunos parientes silvestres pueden reducir la calidad y el precio de la cosecha de granos o semillas (Taipicaña, 2019).

Los cultivos de cobertura son especies que se introducen en las rotaciones de cultivos para proporcionar servicios para el agro sistema, como: protección del suelo contra la erosión, captura y prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, fijación del nitrógeno en el caso de leguminosas, incremento del carbono del suelo y mejoramiento de sus características físicas y químicas, incremento de la diversidad biológica con organismos benéficos y supresión de maleza y plagas (Teasdale, 2004). Además, los cultivos de cobertura se impulsan cada vez más

por sus beneficios para el manejo de malezas, particularmente el manejo de malezas resistentes a los herbicidas (Smith, Warren, y Cordeau, 2020).

La información sobre cobertores vegetales en el cultivo de quinua y su impacto en el rendimiento es muy limitada, existe un estudio realizado en Perú quienes exploraron el control de malezas en el cultivo de la quinua con coberturas de frijol, maíz y de trigo, donde, se observaron rendimientos de 3 208,1 kg. ha⁻¹, 2 270 kg. ha⁻¹. y 2 210 kg. ha⁻¹ (González, 2011). Sin embargo, las especies utilizadas como cobertores fueron distintas a las que se emplearon en el presente estudio por lo cual es de gran relevancia determinar qué especies son más aptas para el control de malezas y obtener rendimientos satisfactorios, Además, se realizó en condiciones muy distintas a las que experimentan los cultivos crecidos en ambientes de valles interandinos de Ecuador

El presente trabajo tiene importancia debido a que evaluó el efecto de los cultivos de servicio con el fin de mejorar el manejo y control de malezas, lo que permite reducir la aplicación de herbicidas, así como mejorar la producción de quinua mediante prácticas agronómicas amigables con el ambiente. Cabe mencionar que el uso de cultivos de cobertura en quinua ha sido escasamente explorado, por lo que, se espera que los resultados de este trabajo proporcionen bases para la aplicación de esta tecnología en quinua.

Objetivo general.

Evaluar el crecimiento de malezas y el rendimiento de la quinua, (*Chenopodium quinoa* WILLD) con cuatro cultivos de cobertura vegetal en el sector la Argelia, cantón Loja

Objetivo específico.

Evaluar cómo influyen los cobertores vegetales, vicia, arveja, cebada y avena, sobre el crecimiento de malezas en el cultivo de quinua.

Determinar el efecto que tienen los cobertores vegetales, vicia, arveja, cebada y avena sobre el rendimiento de grano en el cultivo de quinua

HIPÓTESIS:

Los cultivos de avena, cebada, vicia y arveja como cobertores vegetales mejoran el rendimiento de la quinua, sin embargo, estos difieren en la generación de biomasa, por lo tanto, su capacidad para controlar malezas y modificar el rendimiento en el cultivo de quinua será distinto.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen de la quinua

La quinua es una planta andina que tuvo sus orígenes en Perú y Bolivia a los alrededores del lago Titicaca, misma que fue cultivada y domesticada por civilizaciones prehispánicas hace 7 000 años y remplazada durante la colonización de los españoles por varios granos como: arveja, avena, etc. A pesar de ser un alimento base para las personas y animales en esa época (FAO, 2001).

4.2 Importancia de la quinua

La quinua es un alimento muy importante en la nutrición humana por ser completo y de fácil digestión, pues posee aminoácidos esenciales, oligoelementos y un gran equilibrio y balance de proteínas, grasas y carbohidratos, es rico además en fibra, minerales y vitaminas. Tiene muy diversas preparaciones en la gastronomía, así como en la panificación y pastelería, inclusive si se lo fermenta puede obtenerse cerveza y chicha, bebida tradicional de los Andes (Peralta, 2006).

4.3 Producción de quinua en el Mundo

El cultivo de la quinua está en expansión, encontrándose en la actualidad en más de 70 países. En 2002 fueron registradas 80 000 hectáreas de quinua en el mundo, las cuales se producen principalmente en la región andina. Los principales productores del mundo son Bolivia, Perú y los Estados Unidos. Sin duda, los mayores países productores de quinua en la

región andina y en el mundo son Perú y Bolivia. El año 2008 la producción de ambos países representó el 92 % de la quinua producida en el mundo. Más atrás se encuentran: Estados Unidos, Ecuador, Argentina y Canadá, totalizando cerca del 8 % de los volúmenes globales de producción. En los últimos años (2009) la producción en la región andina fue de aproximadamente 70 000 toneladas (FAO, 2013).

4.4. Producción de quinua en el Ecuador

En el año 2018 el área cultivada en Ecuador fue de 2 048 hectáreas, con rendimientos promedio de 10 479 kg. ha⁻¹ y una producción a nivel nacional de 2 146 toneladas (FAOSTAT, 2018).

4.5. Clasificación taxonómica

Según, Gandarillas (1979) se encuentra clasificada de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Fanerogamae

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Centropermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

4.6. Fenología.

La fenología son cambios externos identificables a la vista del proceso de desarrollo de la planta, mismos que son el resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento es una tarea muy importante para agrónomos y agricultores, puesto que ello servirá para efectuar futuras programaciones de control de plagas, control de arvenses , control de enfermedades, aporques, identificación de épocas críticas; también permite evaluar la marcha de la campaña agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, puesto que el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.1 Emergencia.

Es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, siendo susceptibles al ataque, de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea,

salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el episperma y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.2 Dos hojas verdaderas

Es cuando fuera de las hojas cotiledonales, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata* (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.3 Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica bicolor* (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.4 Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.5 Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.6 Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoae* (Q'hona-q'hona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas. (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.7 Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; asimismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales. (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.8 Inicio de floración

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón. (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.9 Floración o antesis

La floración es cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.10 Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.11 Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'hona q'hona (*Eurissacca quinoae*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano (Mujica y Canahua, 1989).

4.6.12 Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, Ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Mujica y Canahua, 1989).

4.7 Requerimientos Edafoclimaticos

4.7.1 Clima

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 qué genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (Peralta, 2006).

4.7.2 Suelos

Es una planta resistente a la sequía y a la salinidad. Se adapta mejor en los suelos franco arenosos sueltos, con buen drenaje, medianamente fértiles, con buena presencia de materia orgánica y con un pH entre los 6,3 a 7,3 (Peralta, 2006).

4.7.3 Precipitación

Durante su ciclo vegetativo requiere de una precipitación media entre 400 a 1 000 mm (Peralta, 2006).

4.7.4 Fotoperiodo

Es un cultivo que necesita de una buena luminosidad, debiendo seleccionarse aquellos lugares que reciban pleno sol, aunque no en exceso, ello favorecerá los procesos de la fotosíntesis y de transpiración de la planta, requiriéndose de 6-7 horas/sol/día (Peralta, 2006).

4.7.5 Temperatura

La quinua se adapta a muy diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco hasta el frío y seco, más dentro de ello prefiere los climas templados y fríos que es en donde alcanza un mayor rendimiento, con una temperatura óptima entre los 8°C a 15°C (Peralta, 2006).

4.7.6 Altitud

En el Ecuador se cultiva dentro de un amplio rango altitudinal, teniendo como una altitud óptima alrededor de los 2 400 a los 3 200 m s.n.m (Peralta, 2006).

4.8 Morfología.

4.8.1 Raíz:

La raíz de quinua es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de 0.8 a 1.5 m. Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.2 Tallo:

El tallo en la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.3 Hojas

Las hojas tienen dos partes diferenciadas: el peciolo y la lámina. El peciolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los peciolos que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del peciolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.4 Inflorescencia

Es una panoja con una longitud variable de 15 – 70 cm. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.5 Flores

Las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. La posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.6 Fruto

Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden 10 con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos (Aguilar y Gómez, 2016).

4.8.7 Semilla

Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perisperma. El epispermo, es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30 % del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados (Aguilar y Gómez, 2016).

4.9 Plagas y enfermedades

4.9.1 Plagas

➤ *Agrotis ipsilon*

En sus primeros estadios se alimentan de las hojas inferiores de la planta de quinua; larvas más desarrolladas cortan las plantas por la base. Durante el día permanecen refugiadas en el suelo. Polilla robusta, dorsalmente de color marrón. En el primer par de alas se puede distinguir una mancha en forma de riñón ubicada en el área central, en su máximo desarrollo mide de 40 a 50 mm de longitud. Coloración general marrón grisáceo de aspecto grasiento; cabeza y tórax de color café oscuro. Las larvas son de actividad crepuscular y nocturna (FAO, 2010).

➤ *Spodoptera eridania*

Las larvas al emerger se alimentan raspando la epidermis de las hojas. Larvas más desarrolladas consumen vorazmente el follaje, y pueden subir a la panoja para alimentarse de las flores y los granos en desarrollo, en su máximo desarrollo alcanza de 35 a 40 mm de longitud. La cabeza es amarillo rojizo con manchas reticuladas de color pardo rojizo. Huevos: Ovoides, de color verde esmeralda, colocados en masas, con escasas escamas blancas. (FAO, 2010)

➤ *Epitrix* spp.

De color negro, pequeñito, con las antenas filiformes y los fémures posteriores robustos, condición que le permite movilizarse por el salto, y por ello recibe el nombre de “pulguilla”. En las hojas de la quinua, en especial en plantas pequeñas, se observan numerosos pequeños agujeros circulares, dando la impresión de que las hojas han sido perforadas por tiros de munición fina. Estos agujeros son realizados por los adultos. No se tienen evidencias sobre los daños ocasionados por las larvas en el sistema radicular de este cultivo. saltona” (FAO, 2010)

➤ *Chloridea virescens*.

Adulto: Con alas anteriores de color amarillento pajizo, con tres bandas diagonales oscuras. Alas posteriores blanquecinas. Cabeza y tórax de color oliváceo, y el abdomen marrón anaranjado. Larvas: En su máximo desarrollo miden hasta 35 mm. Su coloración es variable, de verde amarillento a pardo rojizo, con numerosos puntos ordenados longitudinalmente. Las larvas al emerger se alimentan de brotes y hojas tiernas. En la etapa de panojamiento se alimentan de las flores y granos en desarrollo (FAO, 2010).

➤ *Epicauta* spp.

Los adultos de estas especies son escarabajos de color negro y de 10 a 15 mm de longitud. *E. latitarsis* es de color totalmente negro, los élitros sin pelos, sin embargo, alrededor del protórax existen escasos pelos claros. Los adultos infestan hojas e inflorescencias tiernas, siendo las infestaciones más intensas entre noviembre y marzo. Durante los veranillos o periodos de sequía o alta insolación. Pueden provocar la defoliación de las plantas (FAO, 2010).

4.9.2 Enfermedades

➤ *Mildiu* (*Peronospora farinosa*)

- Esta enfermedad ataca hojas, ramas, tallos e inflorescencias (panojas)
- Infecta durante cualquier estado fenológico del cultivo
- Los daños son mayores en plantas jóvenes (ramificación a panojamiento), provoca caída de hojas afectando el normal desarrollo y fructificación de la quinua (Vives y Carrasco, 2013).

➤ *Ascochyta hyalospora*

- Los síntomas de esta enfermedad son manchas negras de forma circular, con el centro color crema y los bordes marrones en las hojas (Vives y Carrasco, 2013).

- Estas manchas son de un tamaño aproximado de 5 a 10 milímetros de diámetro
- Cuando el ataque es fuerte provoca la caída de hojas (Vives y Carrasco, 2013).

➤ *Sclerotinia (Sclerotinia sp.)*

Es una enfermedad nueva en la quinua causada por el hongo Sclerotinium. Los daños son:

- Pudrición del tallo a nivel del cuello
- Se presenta en forma focalizada
- Ocasiona la muerte de la planta
- Presencia de gránulos de color negro (parecido al excremento de ratas) en el interior del tallo (Vives y Carrasco, 2013).

➤ *Cercospora sp.*

Los síntomas iniciales son manchas necróticas en las hojas, de forma más o menos circular a irregular. Cuando los ataques son severos se produce una intensa defoliación y por lo tanto se reduce la capacidad fotosintética, y si la panoja está en formación afecta la calidad de los granos (FAO, 2010).

4.10 Cultivos de cobertura

Es una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)". Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas. Ejemplos de cultivos de cobertura no-leguminosas son avena negra (*Avena strigosa*), avena amarilla (*Avena byzantina*), *Raphinus sativus var. oleiferus* y el rye grass italiano (*Lolium multiflorum*), los cuales son usados como cultivos de cobertura invernales en el sur de Brasil para suprimir malezas y reducir la erosión en la estación previa a la siembra de maíz o soya (FAO, 1994).

4.11 Beneficios de los cultivos de Cobertura.

Los beneficios de usar cultivos de cobertura contra fenómenos erosivos, para mantener la fertilidad del suelo, permitir una mayor infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. El uso de trabajos de superficie repetidos como un método para manejar el olivar entre hileras, para el control de las malezas y para la conservación del agua, conduce a largo plazo a una

reducción de la sustancia orgánica, a problemas de compactación del suelo debajo (Estupiñán *et al.*, 2019).

4.12 Malezas del cultivo de la quinua

Según, Mujica. (1997) las principales malezas que infestan los campos cultivados de quinua son las siguientes:

Amor seco o Chiriro (*Bidens pilosa*), mishico (*Bidens andicola*), trébol carretilla (*Medicago hispida*), Cebadilla, Socella (*Bromus uniloides*) k'cacho, pasto (*Poa annua* L.), auja Auja (*Erodium cicutarum* L.), aracpapa (*Solanum acaule* L.), kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), kora o Ruppú (*Malvastrum capitatum* Saret.), trébol Layo (*Trifolium amabile* H.B.K.), chiqchupa (*Tagetes mandonii*), ayara (*Chenopodium quinoa* var. *melanospermum*), mostaza o nabo (*Brassica campestris* L.), pasto o Grama salada o Chiji en suelos salinos (*Distichlis humulis* Phil.), pasto o Kemillo (en suelos húmedos) (*Eleocharis albibracteata*) y bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*).

En la costa existen malezas endémicas que infestan en forma agresiva a la quinua entre estas tenemos: Pata de pajarito (*Eleusina indica*), rábano silvestre (*Raphanus sativus* L.), meliloto (*Melilotus officinalis*), atacco o Amaranto silvestre o Bledo (*Amaranthus hybridus* L.), quinua silvestre o hierba de gallinazo (*Erodium cicutarum* L.) (*Melilotus officinalis*), (*Chenopodium album* L.), mata conejo (*Lepidium chichicara*), coquito (*Cyperus ferax* L.C. Rich), cola de ratón (*Hordeum muticum*), moco de pavo (*Paspalum notatum*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y grama dulce (*Cynodon dactylon*) (Mujica, 1997).

4.13 Rendimiento.

El rendimiento es la producción obtenida por unidad de superficie, se expresa usualmente en TM/ha. Un buen rendimiento es el resultado de una buena calidad de tierra, o una explotación más intensiva en trabajo o técnicas agrícolas, como la utilización de abonos, fertilizantes, control de malas hierbas, etc (FAO, 2014).

4.14 Componentes del rendimiento

4.14.1 Número de granos

Este componente de rendimiento de grano identifica la etapa de crecimiento y el estado reproductivo, que va a depender del número de flores que son polinizadas y del número de flores polinizadas que se llenan y se convierten en grano (Ríos *et al.*, 2011).

4.14.2 Peso del grano

El peso de la semilla está en función de la masa de cada semilla individual y su volumen, como también el tamaño. En el caso del trigo, hay un gran efecto de deterioro en la masa de la semilla, ocasionando con ello una estrecha relación con su calidad fisiológica, es decir cuanto menor sea el peso volumétrico, será menor la calidad fisiológica de las semillas (Ríos, 2010) En algunos estudios se ha demostrado que la translocación de materiales asimilados puede responder por cerca del 30 % de peso final del grano (Ríos *et al.*, 2011).

4.14.3 Biomasa del cultivo

La biomasa es el resultado de la transformación de la energía solar en energía química, ésta como concepto es la cantidad total de materia viviente en un momento dado, en un área determinada o en uno de sus niveles tróficos y se expresa en gramos de carbono, o en calorías, por unidad de superficie (Martínez y Leyva, 2014). La biomasa aérea se calcula al dividir el peso seco de la parte aérea (PSPA, g) de las plantas presentes en un área determinada (López, 2011).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del lugar de estudio:

La presente investigación se llevó a cabo en la Quinta Experimental Docente de la Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, ubicado en el sector La Argelia, de la parroquia Punzara del cantón Loja. Sus coordenadas son: latitud de 4°05'35.2"S, longitud de 79°12'00.6"W y una altitud de 2137 m s.n.m. Dicho lugar presenta una temperatura media anual de 16,7 °C y una humedad relativa media anual del 84 % (Fig. 1).

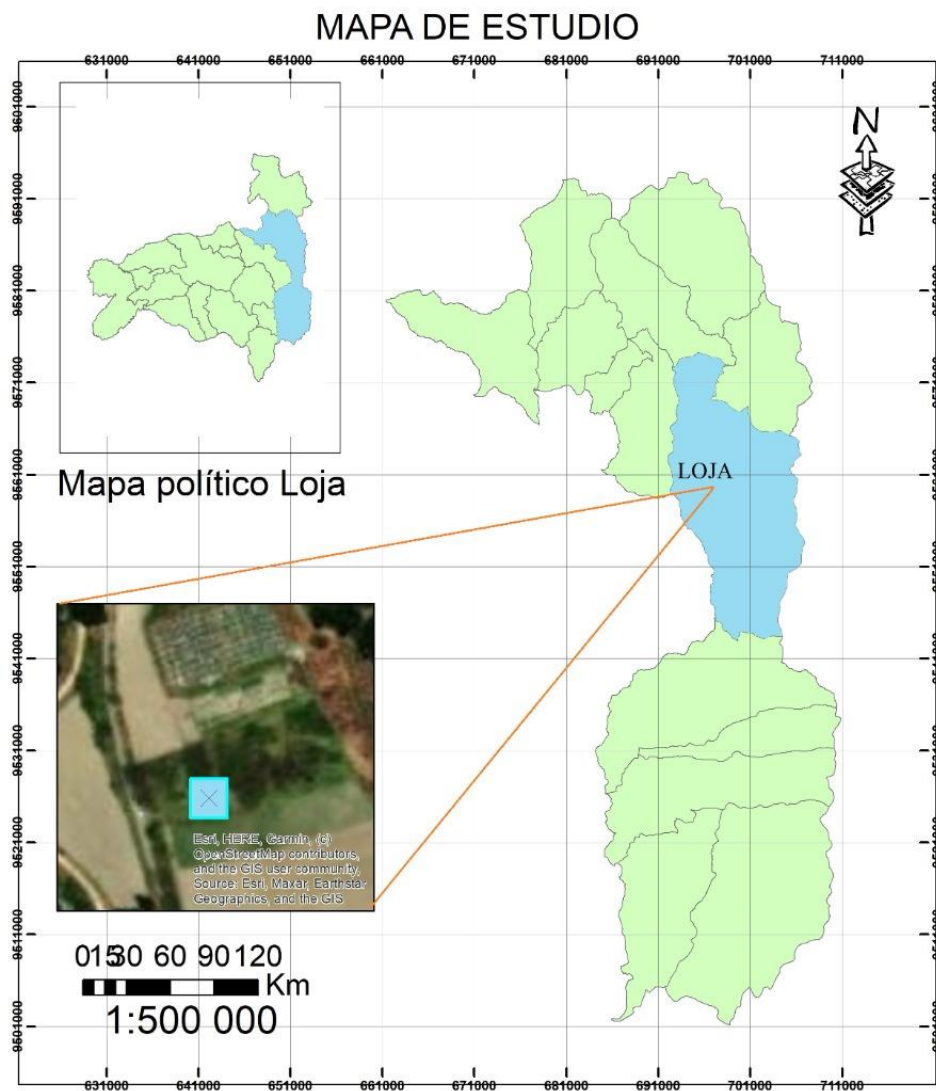


Figura 1. Ubicación del experimento en el cantón Loja, ciudad de Loja, sector la “Argelia”

5.2 Metodología general.

En el terreno se realizó un análisis químico del suelo para la corrección de macro y micronutrientes, se recogieron 20 submuestras en zigzag a una profundidad de 0,20m, estas se

secaron y se mezclaron para tomar 1 kg de suelo para el análisis químico en el laboratorio. Utilizando la información del análisis de suelo (Anexo 2) y las necesidades del cultivo se procedió a realizar un plan de fertilización. Posteriormente se preparó el terreno con el paso del arado de discos y la rastra, para proceder con la delimitación de las unidades experimentales las cuales consistieron en parcelas experimentales de 2 m de largo por 2 m de ancho, con una separación entre ellas 0,8 m. Realizadas estas labores se procedió a la siembra de los cobertores vegetales al voleo.

Previo al estado de anthesis se realizó el virado mecánico (usando un rodillo artesanal) y secado de los cultivos de cobertura, y a continuación se sembró la quinua a una distancia de 50 cm entre hileras y 15 cm entre planta, se depositaron 5 semillas por hoyo, y posteriormente se hizo un raleo manual dejando 1 planta por sitio para estandarizar a una densidad de 133,33 plantas ha⁻¹. Se realizó un monitoreo permanente de las principales plagas y enfermedades donde se realizaron controles fitosanitarios durante su desarrollo y crecimiento del cultivo, la toma de datos se realizó después de la fase de emergencia. En madurez de cosecha se colectaron cinco plantas de las hileras centrales de cada unidad experimental, depositando en sacos previamente etiquetados, y se trillaron manualmente.

5.3 Tipo de Investigación

Se realizó una investigación cuantitativa – causal donde se pudo determinar la respuesta de los tratamientos de los cobertores vegetales en rendimiento del cultivo de la quinua durante su ciclo de cultivo, donde se tomaron mediciones de la fenología, altura de la planta, cobertura vegetal, biomasa, supresión de malezas, diversidad de malezas, mientras que en cosecha se midió, número de granos planta⁻¹, biomasa, peso de 1 000 granos, rendimiento e índice de cosecha, las mismas que se compararon con técnicas estadísticas que nos ayudaron a determinar de qué manera están correlacionadas cada una de estas variables.

5.4 Diseño experimental

Para la presente investigación se usó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) el cual consta de: 14 tratamientos y 3 repeticiones, resultando con un total de 42 unidades experimentales (UE), cada UE estuvo constituida por una parcela con una dimensión por unidad experimental de 2,0m x 2,0 m, y separadas a una distancia de 0,80 m entre parcelas (Fig.2). Los tratamientos consistieron en cobertores vegetales de diferentes especies: avena, cebada, vicia y arveja en monocultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos de cobertores vegetales utilizados para el cultivo de la quinua constituidos por especies gramíneas y leguminosas en monocultivo y mezclas.

Tratamiento	Cobertor	Característica
1	Control sin Maleza	Control
2	Control con Maleza	Control
3	Avena	Monocultivo
4	Cebada	Monocultivo
5	Vicia	Monocultivo
6	Arveja	Monocultivo
7	Avena + Vicia	Mezcla
8	Avena + Arveja	Mezcla
9	Cebada + Vicia	Mezcla
10	Cebada + Arveja	Mezcla
11	Avena + Cebada	Mezcla
12	Vicia+ Arveja	Mezcla
13	Avena + Arveja + Vicia	Mezcla
14	cebada + Arveja + Avena	Mezcla

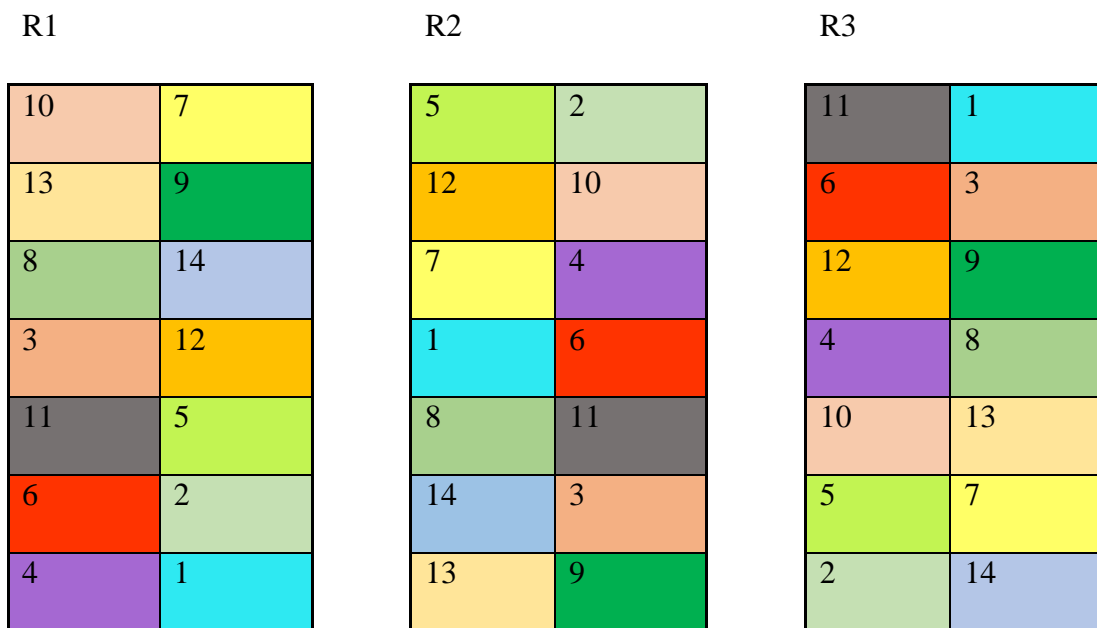


Figura 2. Esquema del diseño experimental que se estableció en el campo

5.4.1 Modelo Estadístico.

siguiente modelo

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

En donde

Y_{ij}: variable de respuesta,

μ: media general,

Ti: efecto del tratamiento,

bj: efecto del bloque y finalmente

εij: el error aleatorio.

Este es un diseño experimental en donde los bloques están constituidos por el mismo número de tratamientos.

5.4.2 Análisis estadístico

Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, para su análisis estadístico mediante el programa Infostat versión libre. Los datos fueron ingresados en el programa y sometidos a un análisis de comprobación de supuestos y estadísticos de normalidad, homogeneidad e independencia, luego se sometieron a un análisis de varianza (ANAVA). Además, se realizó un análisis estadístico mediante la comparación de las medias de los tratamientos ejecutando la prueba de Tukey 5 % para determinar si existen o no interacciones estadísticamente significativas en el rendimiento, número de granos, peso de granos, biomasa, fenología, índice de cosecha y altura en relación al tipo de cobertor. En los casos en que los datos de las variables que no se cumplieron los supuestos estadísticos (variables rendimiento, número de granos por planta, IC) se realizaron pruebas no paramétricas mediante la prueba de Kruskal Wallis ($p=0,05$).

5.4.3 Metodología para el primer objetivo específico

Evaluar cómo influye los cobertores vegetales, vicia, arveja, cebada y avena sobre el crecimiento de malezas en el cultivo de quinua

➤ **Análisis de propiedades físico-químicas de suelo**

Se realizó un análisis de suelo para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Con la información del estado nutricional del suelo (Anexo 2) y las necesidades del cultivo de quinua, se realizó un plan de fertilización usando el modelo básico de fertilización demanda - suministro (Ecuación 1).

Ecuación 1.

$$Dosis = \frac{Demanda - Suministro}{Eficiencia\ de\ fertilizacion}$$

La dosis de fertilización calculada fue parcializada el 50 % en el estado de 4-6 hojas (BBCH 14-16) y 50 % en el estado de emergencia de la inflorescencia (BBCH 50).

➤ **Establecimiento y rolado de los cultivos de cobertura**

Se usaron cuatro especies como cultivos de cobertura: vicia, arveja, cebada y avena los cuales se sembraron al voleo. Posteriormente llegado al estado fenológico de pre-antesis se realizó un virado mecánico (rolado) empleando un rodillo manual en cada una de las parcelas, las cuales se dejaron en barbecho por 10 días antes de sembrar el cultivo de quinua, es decir los cultivos de cobertura fueron antecesores del cultivo de la quinua

➤ **Establecimiento de cultivo de quinua**

La siembra de la quinua se la realizó de forma directa sobre los cultivos de cobertura rolados, utilizando una coa se realizaron orificios superficiales cada 0,15 m sobre las hileras, ubicando 4 semillas por golpe, las hileras estuvieron separadas a 0,5 m, con una densidad de siembra de 13,3 platas / m².

➤ **Biomasa de cobertores**

La biomasa de cobertores se evaluó justo previo al virado de los cobertores vegetales, para esto se delimitó un cuadrante de 0,25m² (0,5 m x0,5 m) en cada unidad experimental, para estimar la cantidad de biomasa generada. Para la determinación de la biomasa seca se dejaron las muestras por 48 horas en estufa a 60 °C.

➤ **Índice de diversidad de Simpson**

Este índice se empleó para estimar la diversidad de arvenses en cada tratamiento. Para esto se delimitó un cuadrante de 0,5 m x 0,5 m entre las hileras centrales y se cuantificaron las malezas en el estadio BBCH 60. Este índice representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero mayores es la biodiversidad de un hábitat (Moreno, 2001).

La fórmula para el índice de Simpson es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S= número de especies

N= total de organismos presentes (o unidades cuadradas)

n = número de ejemplares por especie

➤ **Índice de diversidad de Margalef**

Para la determinación de los parámetros de diversidad mediante el índice de Margalef, también se cuantificaron las malezas en los mismos cuadrantes descritos anteriormente, para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula.

$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Valores inferiores a 2 son considerados de baja biodiversidad y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1951).

➤ **Biomasa de maleza.**

La biomasa es un indicador importante en el crecimiento vegetal, la cuantificación de la biomasa de las malezas permitió estimar el grado de control de los cobradores sobre el crecimiento de malezas. En antesis y en cosecha se recolectó la totalidad de malezas presentes en el cuadrante 0,5 m x 0,5 m de cada UE, y luego se llevó a la estufa para su secado durante 48 horas a una temperatura de 60 °C.

➤ **Cobertura de arvenses.**

Otro indicador de crecimiento de las malezas es la expansión foliar, por lo tanto, se evaluó el porcentaje de cobertura vegetal de las arvenses, esta medición se realizó cada 15 días mediante fotografías usando la aplicación Canopeo app, como en un estudio de Patrignani y Ochsner (2015).

➤ **Supresión de maleza.**

El efecto de los cobertores vegetales sobre el crecimiento de las malezas se cuantificó mediante el porcentaje de supresión de las malezas. Esta variable se midió en los estados fenológicos BBCH 19 y BBCH 60, con el propósito de abarcar el periodo crítico de interferencia de malezas de quinua informado por Merino *et al.* (2019). La supresión de malezas se calculó como la reducción porcentual de la biomasa de malezas por cada repetición de los tratamientos de cultivos de cobertura, en relación con la biomasa de malezas en las repeticiones del tratamiento testigo (sin control de malezas) como indica Sturm *et al.* (2018).

$$\% \text{ de Supresion de Maleza} = 1 - \frac{\text{Biomasa de malezas con cultivo de cobertura}}{\text{Biomasa de malezas sin cultivo de cobertura}} * 100$$

5.4.4 Metodología para el segundo objetivo específico

Determinar el efecto que tienen los cobertores vegetales, vicia, arveja, cebada y avena sobre el rendimiento de grano en el cultivo de quinua

➤ **Registro de datos climáticos**

Los registros de los datos diarios de temperatura y humedad relativa se tomaron mediante el uso de un termograficador, ubicado en el experimento, en las Quintas de la Universidad Nacional de Loja.

➤ **Altura de plantas de quinua**

La altura de planta se evaluó tomando 3 plantas por cada unidad experimental y posteriormente se las identificó con una etiqueta para el seguimiento de la altura de la quinua, midiendo su longitud desde la base de la planta hasta su ápice, este procedimiento se realizó semanalmente.

➤ **Fenología.**

La fenología del cultivo de quinua se evaluó semanalmente de acuerdo a la escala BBCH adaptada para quinua (Sosa *et al.*, 2017), cada estado fenológico se asignó cuando el 50 % de las plantas de cada UE llegó a cada estado fenológico.

➤ **Biomasa de quinua.**

La biomasa aérea de la quinua se evaluó en madurez de cosecha, para ello se recolectaron cinco plantas de las hileras centrales de cada unidad experimental, posteriormente de cada planta se separaron los granos, las panojas y el resto de la biomasa (tallos, ramas y

hojas), el material vegetal por separado fue secado en estufa a 60 °C hasta llegar a peso constante.

➤ **Rendimiento.**

El rendimiento se estimó cosechando 5 plantas de cada unidad experimental de manera aleatoria de las hileras centrales, separando individualmente las panojas de cada planta, pesando y contando los granos para evaluar el rendimiento del cultivo siguiendo la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento} = \text{Número de granos/m}^2 * \text{Peso medio de un grano}$$

➤ **Número de Granos.**

Se tomaron 5 plantas de las hileras centrales y se contaron los granos por planta, por panoja y se extrapoló por unidad de superficie, según el número final de plantas para cada UE.

➤ **Peso de 1000 Granos.**

De las mismas plantas que se estimó el número de granos, se determinó del peso de 1 000 granos por cada UE, los cuales fueron secados en estufa a 60 °C por 48h y se pesaron en una balanza de precisión.

➤ **Índice de Cosecha.**

El índice de cosecha se determinó mediante la relación del peso de grano limpio a la cosecha respecto al peso de la biomasa seca aérea total. El índice de cosecha (IC) es la relación del peso de la planta con respecto al peso del grano, se utilizó la siguiente fórmula.

$$IC = \frac{GRA}{MSA} \left(\frac{g \cdot m^{-2}}{g \cdot m^{-2}} \right) * 100$$

Donde:

IC = relación del índice de cosecha

GRA = peso seco de grano por metro cuadrado (g.m⁻²)

MSA = materia seca aérea por metro cuadrado (g.m⁻²)

6. RESULTADOS

6.1 Biomasa de los cultivos de cobertura

La biomasa generada por los cultivos de cobertura presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), donde el T4 (cebada) alcanzó la mayor biomasa de $394,4 \text{ g. m}^{-2}$ seguido del T14 (cebada + arveja+ avena) que presentó una biomasa de $380,4 \text{ g. m}^{-2}$. En cuanto a los demás tratamientos no existe diferencia significativa con una biomasa promedio $320,2 \text{ g. m}^{-2}$, además el T5 (vicia) especie en monocultivo presentó la menor biomasa 194 g. m^{-2} (Fig. 3), significativamente menor a las dos primeras.

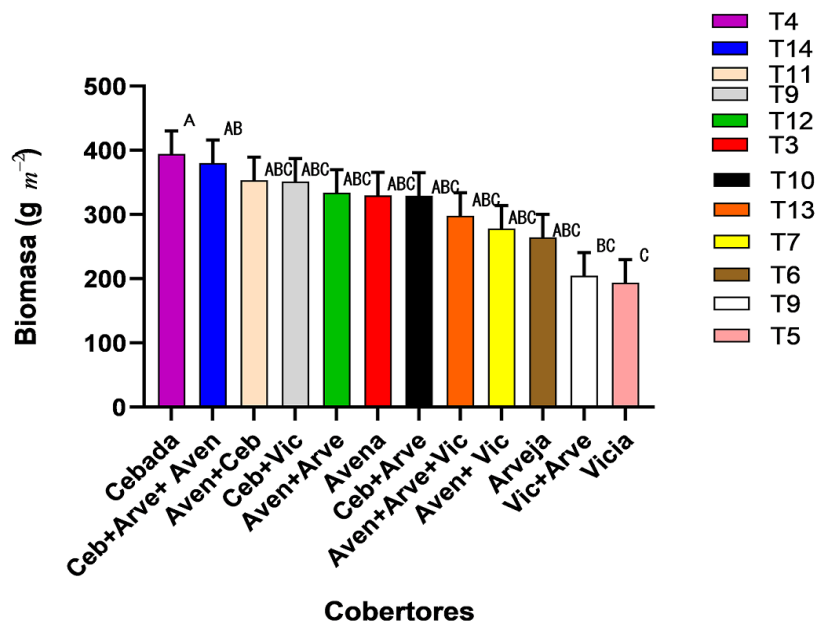


Figura 3. Biomasa de los cultivos de cobertura. Medias de los tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

6.2 Cobertura vegetal de los cultivos de cobertura

La cobertura vegetal de los cultivos de cobertura se evaluó a los 50 días después de la siembra, en promedio todos los cultivos de cobertura superaron el 95% de cobertura al momento de la evaluación, y, no se encontraron diferencias significativas. ($p > 0,05$) (Fig.4).

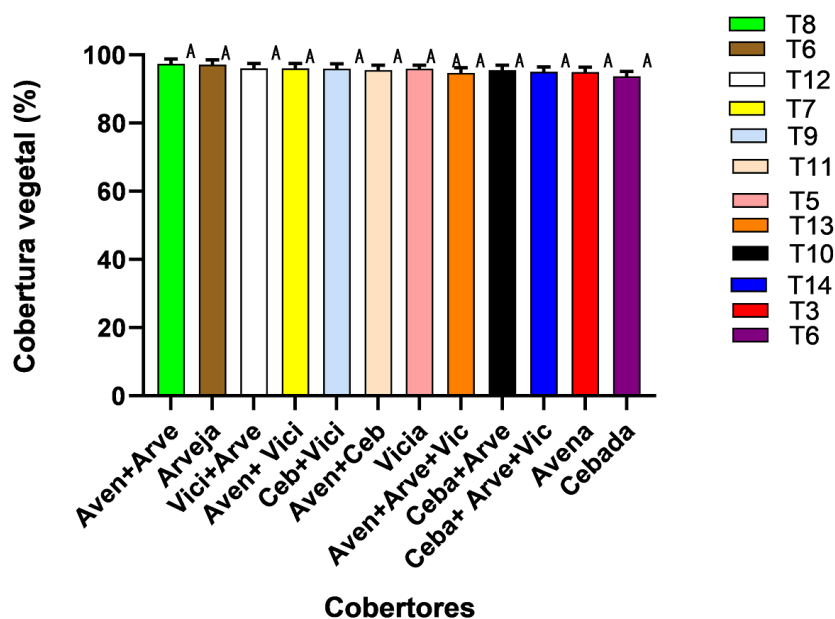


Figura 4. Cobertura vegetal de cobertores a los 50 días después de la siembra. Medias con letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$)

6.3 Dinámica poblacional de arvenses en el cultivo de quinua

En la Tabla 2 se describen las especies arvenses asociadas al cultivo de quinua, donde se registraron un total de 1536 arvenses m^{-2} , dominadas por especies dicotiledóneas (Magnoliopsida) que representaron el 64,76 % mientras que las monocotiledóneas (Liliopsida) en su conjunto correspondieron al 35,12 %. Además, se registraron 12 especies distribuidas en 7 familias predominando las especies de la familia Asteraceae, a su vez la especie *Sonchus oleraceus* fue la más representada con un total de 400 plantas m^{-2} entre las Magnoliopsida en tanto la especie que menos estuvo representada fue la especie, *Gnaphalium uliginosum* con un total de 12 plantas m^{-2} . En cuanto a la Liliopsida la especie más representativa fue, *Cyperus rotundus* con un total de 532 plantas m^{-2} , en cuanto a la especie en menor representación *Commelina diffusa* presentó un total de 8 plantas por m^{-2} .

Tabla 2. Población de arvenses en el cultivo de quinua

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida	Plantas m ⁻²	Abundancia (%)	Abundancia por clase (%)
2	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	Anual	400	26,04	
2	Asteraceae	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Hierba pajarrera	Anual	12	0,78	
2	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Guascas	Anual	16	1,04	
2	Asteraceae	<i>Erechtites Hieracifolius</i>	Malayan	Anual	16	1,04	
2	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo silvestre	Anual o bianual	20	1,30	64,76
2	Caryophyllaceae	<i>Spergula arvensis</i>	Sparcilla	Anual	104	6,77	
2	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	Perenne	256	16,6	
2	Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	Capiqui	Anual o Bianual	128	8,33	
2	Urticaceae	<i>Urtica urens</i>	Ortiga	Anual o perenne	20	1,30	
2	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	Perenne	24	1,56	
1	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	canutillo	Anual	8	0,52	35,12
1	Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	Perenne	532	34,6	

Nota: 1 = Liliopsida; 2= Magnoliopsida

6.4 Índice de diversidad de Simpson y de Margalef

En la Tabla 3 se muestra el índice de Simpson y de Margalef mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$), donde el T2 (control con maleza) presentó un índice de Margalef significativamente mayor a 0,89 a los demás tratamientos, además se puede apreciar que el T5 (vicia) fue diferente del T4 (cebada) y del T10 (cebada + arveja) mostrando un índice mayor, a su vez el T6 (arveja) se mostró diferente del T10 (cebada + arveja). En cuanto en los tratamientos, T11 (avena + cebada) y el T14 (cebada + arveja + avena) no se presentaron resultados dado que estos dos tratamientos lograron una inhibición de malezas.

El índice de Simpson en el T2 (control con maleza) presentó un índice de 0,49 mayor a los demás tratamientos a excepción de T12 (vicia + arveja), en cuanto el T10 (cebada + arveja) fue diferente del T2 (control con maleza) y en lo que respecta a los demás tratamientos no existieron diferencias estadísticamente significativas, al igual que el índice de Margalef en el T11 (avena + cebada) y el T14 (cebada + arveja + avena) no se obtuvieron resultados.

Tabla 3. Índice de diversidad de Simpson y Margalef de malezas en el cultivo de la quinua, en el estadio noveno par de hojas verdaderas (BBCH19)

Tratamiento	Índice de Margalef	Índice de Simpson
Control con maleza	0,89 a	0,49 a
Avena	0,46 bcd	0,29 bc
Cebada	0,39 cd	0,19 cb
Vicia	0,60 b	0,38bcd
Arveja	0,56 bc	0,36 bcd
Avena + Vicia	0,52 bcd	0,33 bcd
Avena + Arveja	0,51 bcd	0,29 bc
Cebada + Vicia	0,45 bcd	0,21 bc
Cebada + Arveja	0,37 d	0,17 b
Avena + Cebada	--	--
Vicia + Arveja	0,55 bcd	0,37 ab
Avena + Arveja + Vicia	0,51 bcd	0,32 bcd
Cebada + Arveja + Avena	--	--
E s.t	0,04	0,021
<i>p</i>	***	***

Los valores son medias de tres repeticiones mediante la prueba de Tukey p ($<0,05$); ns = no significativo; E. St: indica el error estándar de las medias del total de cada variable. *** Efecto altamente significativo $p < 0,001$

En el estado fenológico de inicio de floración BBCH 60 se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) donde el T2 (control con maleza) presentó un Índice de Margalef de 1,5 mayor de todos tratamientos, a su vez el T4 (cebada), el T11 (avena + cebada) y el T14 (cebada + arveja + avena) presentaron un índice de Margalef diferente del T2 (control con maleza). Mientras que en el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas (Tabla 4).

En cuanto al índice de Simpson el T2 (control con maleza) presentó un Índice de 0,82 mayor de todos los tratamientos en cuanto en los tratamientos, T4 (cebada), T8 (cebada + vicia), T9 (cebada + vicia), T14 (cebada + arveja +avena) hubo diferencia del T2 (control con maleza) en cuanto respecta a los demás tratamientos no existieron diferencias significativas estadísticamente con un Índice de Simpson promedio 0,56.

Tabla 4. Índice de diversidad de Simpson y Diversidad de Margalef de malezas en el cultivo de la quinua en el estadio de floración (BBCH60)

Tratamiento	Índice de Margalef	Índice de Simpson
Control con maleza	1,50 a	0,82 a
Avena	0,70 ab	0,48 ab
Cebada	0,62 b	0,40 b
Vicia	1,01 ab	0,63 ab
Arveja	0,94 ab	0,62 ab
Avena + Vicia	0,80 ab	0,42 b
Avena + Arveja	0,81 ab	0,45 b
Cebada + Vicia	0,82 ab	0,42 b
Cebada + Arveja	0,77 ab	0,52 ab
Avena + Cebada	0,58 b	0,40 b
Vicia + Arveja	0,88 ab	0,61 ab
Avena + Arveja + Vicia	0,75 ab	0,60 ab
Cebada + Arveja + Avena	0,60 b	0,38 b
E.st	0,17	0,07
<i>p</i>	*	*

Los valores son medias de tres repeticiones mediante la prueba de Tukey p ($<0,05$); ns = no significativo; * efecto significativo $p < 0,05$; E. St: indica el error estándar de las medias del total de cada variable

6.5 Biomasa de Malezas

La biomasa de malezas en el estado fenológico BBCH 19 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) donde el T2 (control con maleza) alcanzó la mayor biomasa de 171,4g. m^{-2} seguido del T5 (vicia) que presentó una biomasa de 105,2 g. m^{-2} . En cuanto a los demás tratamientos no existen diferencias significativas mientras que los tratamientos que menor biomasa de malezas presentaron fue el T14 (cebada + arveja + avena) y T11 (avena + cebada) con una biomasa de malezas de 19,4g. m^{-2} (Fig.5).

En el estado fenológico inicio de floración BBCH 60 la biomasa de malezas presentó diferencias significativas ($p < 0,001$) donde el T2 (control con maleza) mostró una biomasa de malezas de 414g. m^{-2} diferente al resto tratamientos. En cuanto a los demás tratamientos no existieron diferencias significativas (Fig.6).

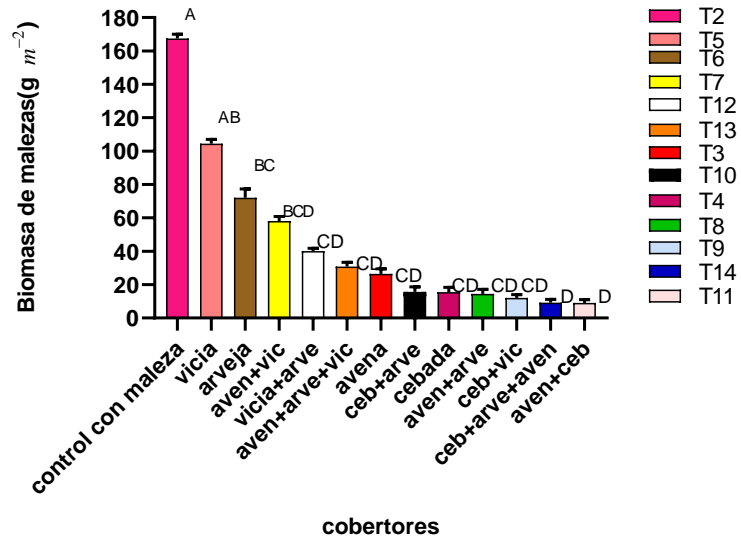


Figura 5. Biomasa de las malezas en el estadio BBH19 del cultivo de la quinua. Medias de los tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

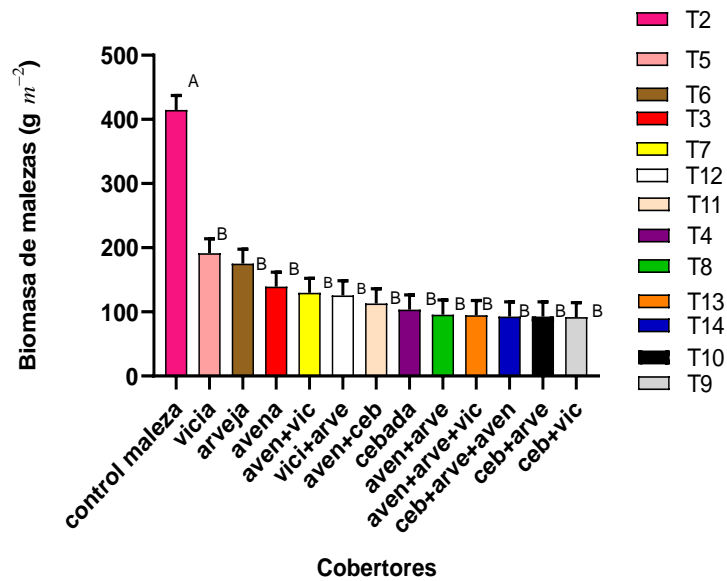


Figura 6. Biomasa de las malezas en el estadio BBCH 60 del cultivo de quinua. Medias de los tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

6.6 Cobertura vegetal de las malezas

La cobertura vegetal de malezas de los cobertores se observa que a partir del día 34 hasta el día 67 en todos los tratamientos el T2 (control con maleza) obtuvo mayor porcentaje (82 %) al resto de los tratamientos, seguido del T5 (vicia) y del T6 (arveja). En cuanto a los

cobertores que menor cobertura de malezas presentaron fueron el T14 (cebada + arveja + avena), y el T4 (cebada) (Fig.7).

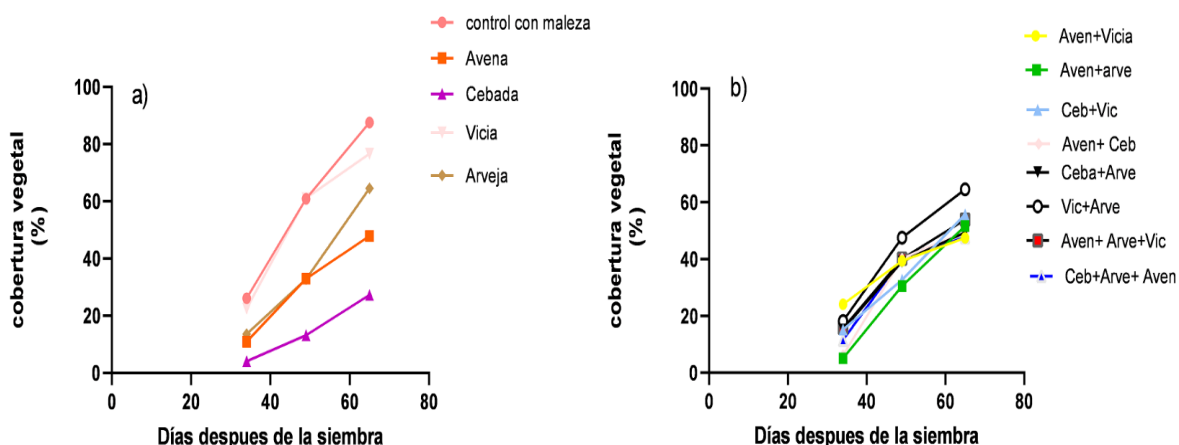


Figura 7. Cobertura vegetal de los cobertores vegetales, a partir de los 36 hasta los 72 días después de la siembra, a) en monocultivo, b) mezcla doble y triple de las especies de cobertores vegetales

6.7 Supresión de Malezas

La supresión de malezas en el estado fenológico BBCH 19 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) se observa una supresión de malezas del 94 % de las especies de cultivos de cobertura y en cuanto al T5 (vicia) presentó una menor supresión de malezas del 39,2 % (Fig. 8). En cuanto al estado fenológico inicio de floración BBCH 60 no hay diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los tratamientos $p > 0,05$ (Fig. 9).

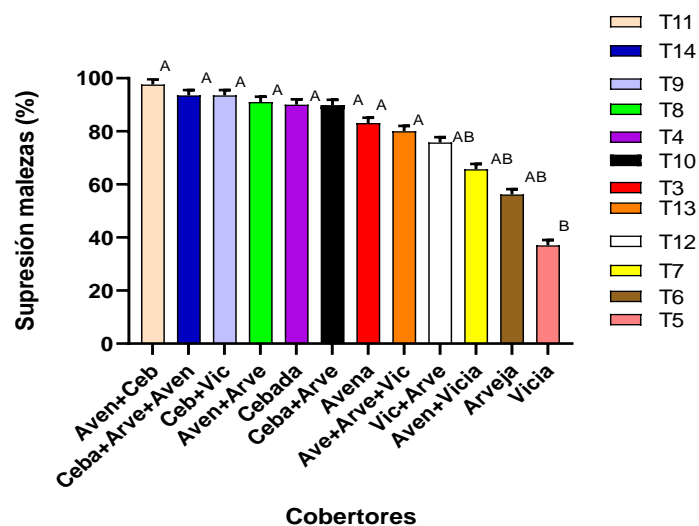


Figura 8. Supresión de malezas en el estadio BBCH19. Medias de los tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

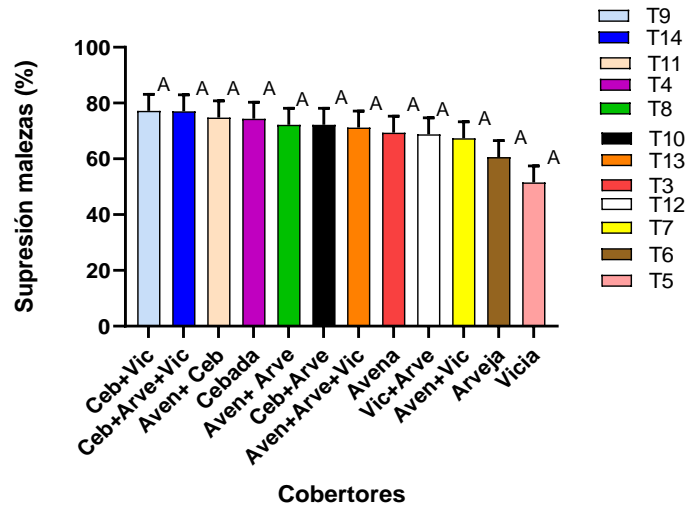


Figura 9. Supresión de malezas en el estadio fenológico inicio de floración BBCH60. Medias con letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey p (0, >005).

6.8 Relación entre la supresión de maleza y la biomasa de los cultivos de cobertura y de la maleza

La biomasa de los cobertores se relacionó con la supresión de malezas con un $R^2 = 0,67$ lo cual nos explica este modelo que a medida que aumenta la biomasa de los cobertores se obtendrá una mejor supresión; En cuanto a biomasa de malezas y la supresión de maleza la relación tiene un $R^2 = 0,78$ es decir que la supresión de maleza es menor cuando aumenta la biomasa de malezas (Fig. 10).

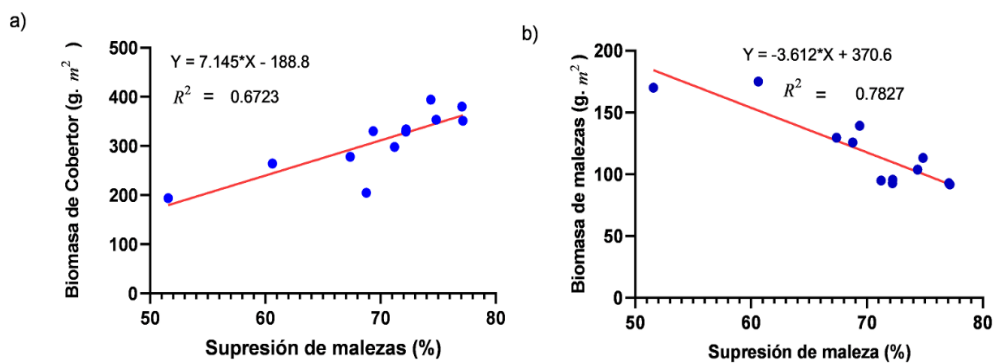


Figura 10. Relación lineal de la biomasa de cobertor en función de la supresión de malezas y (a) biomasa de malezas en función de la supresión de malezas (b)

6.9 Condiciones de temperatura y humedad ambiental durante el crecimiento de la quinua

Las condiciones climáticas mostraron una temperatura promedio de 16,9 °C y para la humedad relativa un promedio 77%, durante el crecimiento y desarrollo del cultivo de la quinua (Fig. 11).

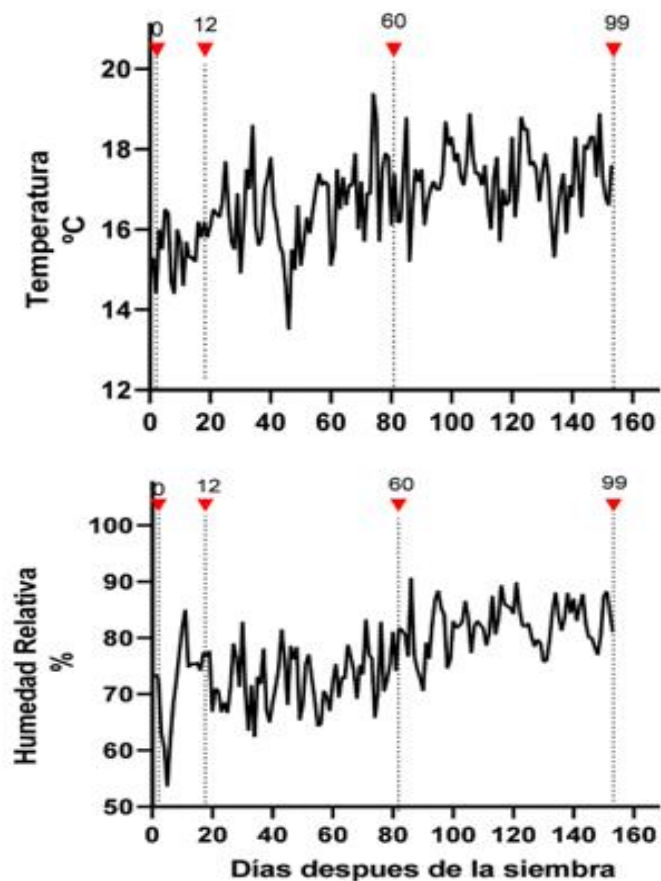


Figura 11. Temperatura media diaria y humedad relativa diaria del cultivo de la quinua. Los triángulos rojos hacia abajo y los números indican los estados fenológicos según la escala BBCH (0) siembra, (12) segundo par de hojas verdaderas, (60) floración y (99) cosecha

6.10 Altura de la planta del cultivo de la quinua

En la altura de la planta del cultivo de la quinua existieron diferencias muy significativas ($p < 0,01$) en donde se observa que las plantas que mayor altura presentaron fueron los tratamientos 1 (control sin maleza) tratamiento 5 (vicia) tratamiento 6 (arveja) y el tratamiento 12 (vicia + arveja) con una altura final superior a los 2, 10 m, a partir de los 21 hasta los 100 días, del resto de los tratamientos presentaron una altura promedio de 1,92 m, (Fig. 12).

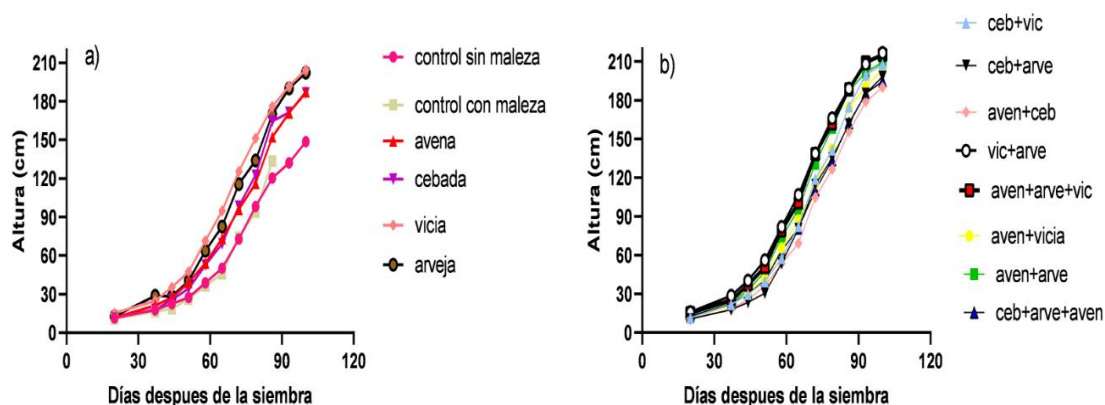


Figura 12. Dinámica de la altura del tallo del cultivo de la quinua bajo distintos cultivos de cobertura, a) en monocultivo, b) mezcla doble y triple de los cultivos de cobertura

6.11 Rendimiento de grano y sus componentes.

El rendimiento de grano del cultivo de la quinua presentó diferencias significativas ($p < 0,05$). Se observó que el tratamiento T14 (cebada + arveja + avena) mostró un rendimiento de $4\,525,6 \text{ kg. ha}^{-1}$ significativamente mayor al T3 (avena) y T6 (arveja) que presentaron un rendimiento menor, además, se observa que los rendimientos fueron mayores con los cultivos de cobertura como leguminosas en monocultivo y asociaciones con las gramíneas a diferencia de las gramíneas en monocultivo. En relación al IC presentó diferencias significativas, donde el T14 (cebada + arveja + avena) y el T11 (avena + cebada) presenta un IC mayor al T3 (avena) y T4 (cebada).

En cuanto al peso de los 1000 granos este no varió entre los tratamientos manteniéndose constante con un peso de entre $2,41$ y $2,39 \text{ g}$. La biomasa de la quinua no presentó diferencias entre cada uno de los tratamientos. En relación al de número de granos por planta se observa que el T14 (cebada + arveja + avena) presentó el mayor número $3\,702,5$ diferente del T3 (avena), T7 (avena + vicia) y del T10 (cebada + arveja), en cuanto a los demás tratamientos no existieron diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5. Rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de quinua

Tratamiento	⁽ⁿ⁾ Rendimiento (kg. ha ⁻¹ .)	⁽ⁿ⁾ IC	Peso de los 1000 granos (g)	Biomasa quinua (kg. ha ⁻¹ .)	⁽ⁿ⁾ Número de granos por planta
Control sin maleza	3664,1 cd	0,48 abc	2,41a	2959 a	27758 bc
Control con maleza	-	-	-	-	-
Avena	584,5 abc	0,30 ab	2,39 a	1346,2 ab	5621ab
Cebada	553,1 ab	0,26 ab	2,41 a	1546,3 ab	5106 a
Vicia	3085,5 bcd	0,45 bc	2,39 a	2021,8 a	25913 abc
Arveja	676,5 abc	0,32abc	2,41 a	1392,5 ab	6479 abc
Avena + Vicia	664,6 abc	0,29abc	2,41 a	1697,7 ab	5471 ab
Avena + Arveja	819,9 bcd	0,32 bc	2,39 a	1732,6 a	6645 abc
Cebada + Vicia	1044,1 cd	0,35 bc	2,41 a	2047,8 a	8706 bc
Cebada + Arveja	644,9 abc	0,31abc	2,39 a	1790,8 ab	5562 ab
Avena + Cebada	981,7 cd	0,38 c	2,41 a	1567,4 ab	8176 bc
Vicia + Arveja	3759,8 bcd	0,44bc	2,41 a	2242,8 a	29422 abc
Avena + Arveja + Vicia	752,6 abcd	0,30 abc	2,39 a	1695,4 ab	6294 abc
Cebada + Arveja + Avena	4525,6 d	0,52 c	2,39 a	2194 a	37025 c
E. st	1517,8	0,09	0	373,70	12153,4 c
<i>p</i>	*	*	ns	*	*

Los valores son medias de tres repeticiones mediante la prueba de Tukey p ($<0,05$); ns = no significativo; * efecto significativo $p < 0,05$; ⁿ Efecto del factor esta evaluado con la prueba no paramétrica de Kruscal Wallis ($p < 0,05$). En el tratamiento control con malezas no se pudo evaluar el rendimiento y sus componentes debido a que las plantas no llegaron a cosecha debido el estrés causado por la competencia de malezas.

6.12 Relación entre el rendimiento, número de granos por planta de la quinua y biomasa en cosecha de la quinua

El rendimiento se relacionó fuertemente con el número de granos mostrando un $R^2 = 0,99$. El modelo nos explica que a medida que aumenta la biomasa y el número de granos el rendimiento final del grano se incrementa significativamente, en cuanto al número de granos por planta con la biomasa de la quinua la relación es de $R^2 = 0,60$, lo cual indica que si el número de granos aumenta la biomasa cosechada de la quinua aumenta (Fig. 13). Los tratamientos que fueron menos eficientes en el control de malezas, provocaron una disminución tanto en la biomasa de la quinua como en el número de granos y el rendimiento.

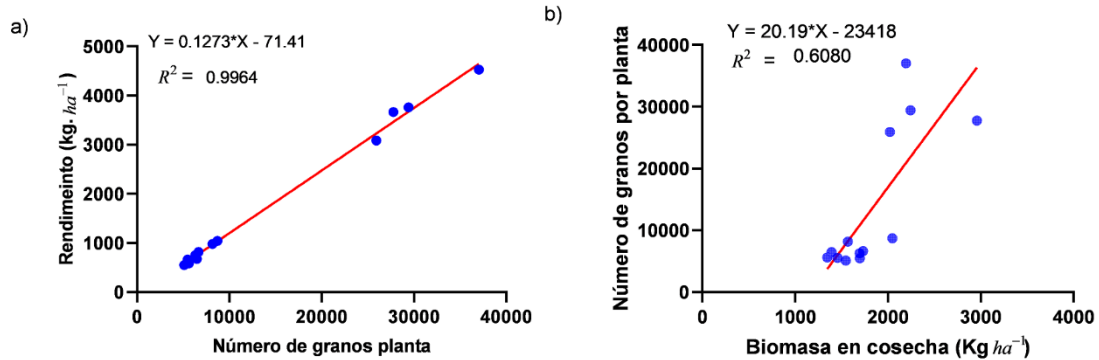


Figura 13. Relación lineal del rendimiento en función del número de granos por planta (a) y número de granos por planta en función de la biomasa de la quinua (b).

7. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidencia que las distintas especies usadas como cultivos de cobertura difieren en el aporte de biomasa las especies que generaron mayor biomasa fueron la cebada en monocultivo y las asociaciones de gramíneas y leguminosas, mientras que la menor biomasa la presentó la vicia en monocultivo. Suquilanda (2017), la cantidad de biomasa, está determinada por la propia especie pues cada especie tiene un potencial para generar materia seca como se muestra en los resultados de esta tesis.

La población de arvenses en este estudio estuvo compuesta por 12 especies, dentro de las cuales las de mayor importancia relativa y más predominantes fueron las Magnoliopsidas representando el 64,76% frente al 35,12% que representan las Liliopsidas, siendo las Asteraceae de mayor presencia con un 26,04 % conformada por la especie *Sonchus oleraceus*.

Las especies y el número de individuos presentados dan muestra de la diversidad de especies que existe en el sitio de estudio, esta diversidad responde a las cuencas hidrográficas y gradientes altitudinales, cercanas al Bosque Nacional Podocarpus como menciona Aguirre *et al.* (2017). Además, las familias de arvenses descritas en esta investigación, se encuentran con mayor frecuencia en las zonas de vida propias de la provincia Loja (Lozano, 2002).

En cuanto al Índice de Margalef evaluado en el estado fenológico BBCH 19 el T2 (control con maleza) presentó un índice mayor a 0,89 al resto a los tratamientos puesto al no realizarse labores de deshierbe en dicho tratamiento la diversidad de arvenses fue mayor, en relación a las asociaciones de gramíneas con leguminosas presentando un índice menor como se muestran en los resultados. Margalef, (1951) indica que, para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad. Se debe señalar que los resultados obtenidos fueron bajos puesto que los cultivos de cobertura mostraron una mayor inhibición sobre las malezas en especial las asociaciones de las gramíneas con las leguminosas.

En cuanto al Índice de Simpson, el T2 (control con maleza) presentó un índice mayor a 0,49, pero no diferente del T12 (vicia + arveja) en relación a los demás tratamientos. Moreno, (2001) indica que este índice es una medida de la diversidad que tiene en cuenta tanto la riqueza como la equitatividad, los resultados entre 0 a 1 en el cual los valores cercanos a 1 explican la dominancia de una especie por sobre las demás. Los resultados obtenidos fueron bajos puesto que los cultivos cobertura mostraron un mayor control sobre las malezas. Se debe señalar que en el T11 (avena + cebada) y el T14 (cebada + arveja + avena) no se obtuvieron resultados

puesto que estos tratamientos lograron una mayor biomasa permitiendo un mejor control e inhibición de malezas. Estudios han demostrado que la combinación de leguminosas y no leguminosas generan una mayor biomasa y forman una cobertura efectiva y presentan mejores beneficios que en monocultivo (Hernández *et al.*, 2009).

Con respecto al estado fenológico BBCH60 Índice de Margalef fue de 1,5 en el T2 (control con maleza) en cuanto a los tratamientos T4 (cebada + arveja + avena), T11 (avena + cebada) y el T4 (cebada) fueron diferentes al T2 (control con maleza) presentando un índice menor. En cuanto al Índice de Simpson a igual que el Índice de Margalef se presentó mayor en el T2 (control con maleza), esto era de esperarse en el cual no se realizaron labores de deshierbe puesto que las malezas no tuvieron restricciones para su germinación y crecimiento presentando una mayor diversidad de malezas.

La biomasa de malezas obtenida en el estado fenológico BBCH 19 del cultivo de la quinua se presentó mayor en el T2 (control con maleza) donde no se realizaron labores de deshierbe, puesto que en este tratamiento las malezas crecieron junto al cultivo de la quinua por tanto es de esperarse mayor biomasa de malezas; Aguilar y Gómez, (2016) la quinua en monocultivo es pésima competidora en relación a las malezas por lo que estas aprovechan mejor los distintos elementos (nutrientes, espacio, agua, luz). Además, se debe señalar que en el T5 (vicia) en monocultivo, se presentó un gran aumento de biomasa de malezas evaluado en este estado fenológico. Espinoza, (1989) Las leguminosas en monocultivo al no cubrir el espacio uniformemente existente entre plantas, hace que ejerza una mayor presencia de malezas a diferencia de las asociaciones que ejercen una mayor inhibición.

En el estado fenológico BBCH 60 al igual que el estado fenológico BBCH19 la biomasa de malezas se mostró mayor en el T2 (control con maleza). Se conoce que las gramíneas y la asociación de estas con otras especies, tienen alta capacidad de producir mayor biomasa evitando la germinación y crecimiento de malezas y al ser incorporados al suelo aumentan el contenido de materia orgánica (Clark 2007; Magdoff y Van 2009), lo que está de acuerdo con los resultados encontrados en esta tesis.

La cobertura vegetal de las malezas se presentó mayor en el T2 (control con maleza) a partir del día 34 hasta el día 67, donde no se realizaron labores de deshierbe, además, la cobertura vegetal de las malezas puede explicarse por el crecimiento natural de las especies que siguen su propio ciclo de desarrollo (Zamorano *et al.*, 2008). En cuanto a los tratamientos en monocultivo constituidos por leguminosas, se presentó mayor presencia de malezas lo que se explica dado que las especies de leguminosas en monocultivo generan menor biomasa, en relación a las especies de las gramíneas y la asociación de estas, por tanto, la supresión es

menor (Bertolotto y Marzetti, 2017), por esta razón hubo mayor presencia de malezas en los tratamientos compuesto por leguminosas.

La supresión de malezas evaluado en el estado fenológico BBCH19 mostraron que las mezclas dobles y triples de los cobertores vegetales presentaron una mayor supresión del 94 % de malezas inhibiendo su crecimiento, en cuanto al T5 (vicia) en monocultivo mostró una supresión menor a 39,2 % en el cultivo de la quinua, lo cual estudios indican que la asociación de leguminosas con gramíneas para alcanzar una inhibición de la emergencia y supresión de malezas por encima de un 75 % es necesario una biomasa de Cultivos de Cobertura por encima de los 8 000 kg. ha⁻¹ y un espesor de alrededor de los 10 cm. (Acciaresi y Picapietra, 2015).

En cuanto en el estado fenológico BBCH 60 se presentó una supresión del 70 % entre los tratamientos, por lo cual los cultivos de cobertura para suprimir la emergencia y crecimiento de las malezas está relacionada con la cantidad de biomasa producida (Liebman y Davis, 2000).

Bertolotto y Marzetti, (2017) Estudios realizados en otros cultivos como en el maíz, también indican una mayor supresión entre leguminosas con gramíneas a diferencia de las especies en monocultivo, como se muestran en los resultados de esta tesis.

Los resultados obtenidos en la relación lineal de la biomasa de los cobertores y supresión de malezas mostraron que cuanto mayor sea la biomasa de los cobertores vegetales la supresión de malezas será mayor, por lo cual, la biomasa de los cobertores está determinada por la cantidad de biomasa producida por la propia especie, al generar mayor biomasa la supresión sea mayor (Suquilanda ,2017).

Con respecto a la altura se muestra que las especies leguminosas, la arveja y la vicia y la mezcla doble de las dos especies obtuvieron mayor altura. Esto se podía suponer debido a la fijación de nitrógeno ya en general, en el momento de terminación o secado de los CC, (cultivos de cobertura), las leguminosas tienen una relación C: N más baja que las gramíneas. Debido a esto, el residuo de las leguminosas se descompone más rápidamente, aportando N inorgánico para el cultivo siguiente también en forma más rápida (Sinualiza, 2009). Lo cual es aprovechado por los cultivos para tener un buen desarrollo y crecimiento durante el ciclo del cultivo.

En cuanto al rendimiento en el presente estudio se evidenció que el mayor presentó el T14 (cebada + arveja + avena) con un rendimiento de 4 525,6 kg. ha⁻¹ diferente del T6 (arveja) y el T3 (avena) que presentaron menor rendimiento. Finney *et al.* (2016), el rendimiento del siguiente cultivo estará influenciado por la cantidad de carbono-nitrógeno presente en el suelo por el cultivo de cobertura, puesto que permiten la disponibilidad de nitrógeno y la descomposición de los rastrojos e incrementar el potencial de rendimiento de los cultivos. A

su vez las leguminosas el T5 (la vicia), T6 (arveja) y, la mezclas de estos dos se obtuvieron excelentes rendimientos. FAO, (2021), el uso de los cultivos de cobertura y la ayuda de leguminosas se está aplicando desde hace mucho tiempo al asociar maíz con frejol u otras leguminosas, lo cual permiten potenciar los rendimientos de los cultivos. En cuanto al T2 (control con malezas) no se obtuvieron datos por tanto la quinua como cualquier otra planta es sensible a la competencia por malezas, sobre todo en los primeros estadios.

Se debe señalar que estudios realizados en el control de malezas en el cultivo de la quinua en Perú con coberturas de frijol, maíz y de trigo se observaron rendimientos de 3208.1 kg. ha⁻¹ 2 270 kg. ha⁻¹. y 2 210 kg. ha⁻¹ (González, 2011), lo que concuerda con los resultados de esta tesis

Mujica y Canahua, (1989) informa que el rendimiento de grano en quinua varia de 650 kg. ha⁻¹ con una tecnología tradicional hasta 3 500 kg. ha⁻¹ en semilleros y campos experimentales. Por otro lado, los rendimientos en general varían de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de rendimiento que otras, de acuerdo a la fertilización o abonamiento proporcionado, pues la quinua responde favorablemente a una mayor fertilización sobre todo nitrogenada y fosfórica. También dependerá de las labores culturales y controles fitosanitarios oportunos proporcionados durante su periodo vegetativo.

De los componentes del rendimiento el peso de 1000 granos no se relaciona significativamente con el rendimiento, respondieran formando solo la cantidad de granos que pudieron llenar (Merino *et al.*, 2019). Además, esta variable es dependiente del genotipo y de las condiciones ambientales que determinan la capacidad de fotosíntesis del canopeo y la duración de la etapa de llenado (Satorre *et al.*, 2003)

Con respecto al IC el T14 (cebada + arveja + avena) presentó un índice de cosecha mayor a 0,52 en relación a las gramíneas en monocultivo que presentaron un índice de cosecha menor, lo cual en el cultivo de la quinua se han reportado índices de cosecha que oscilaron entre 0.27 a 0.40, Quisbert, (2006). Sin embargo, los resultados obtenidos sobrepasaron los valores de IC obtenidos en el presente ensayo.

Según, Robles (1991) a mayor valor del índice de cosecha mejor productividad, ciertamente se ve reflejado en los tratamientos, que alcanzaron mayores IC, también obtuvieron mayores rendimientos.

Con respecto a la biomasa del cultivo no hubo diferencias significativas puesto que la biomasa total del cultivo, solo una parte está representada, que es la que finalmente compone el rendimiento, ya que, en madurez fisiológica, la partición de materia seca hacia granos o

índice de cosecha refleja el número y actividad de los destinos reproductivos que fueron fijados (Satorre *et al.*, 2003)

En cuanto a la relación del número de granos con el rendimiento, es el componente más estrechamente asociado al rendimiento y más sensible a la influencia del ambiente, dicho componente depende de la morfogénesis de estructuras reproductivas (determinante del número de granos potenciales) y de la fijación de flores fertilizadas; por lo tanto, el incremento en el rendimiento puede estar dado por un mayor número de panículas por m², mayor número de semillas por m² manifestado por la producción de biomasa y el índice de cosecha (Satorre *et al.*, 2003; Villegas *et al.*, 2004). Dichas asociaciones entre el rendimiento y sus componentes son corroboradas por las correlaciones presentadas en la Figura 13.

8. CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de grano se obtuvo cuando la quinua creció bajo los tratamientos de leguminosas en monocultivo y combinación con gramíneas con rendimientos mayores a 3000 kg. ha⁻¹, demostrando que los cultivos de cobertura pueden ser una alternativa válida para el control de malezas mejorando el rendimiento de grano en el cultivo de quinua.

Existieron 12 especies de arvenses que proliferaron en el cultivo de quinua, 64,76 % fueron dicotiledóneas y 35,12 % monocotiledóneas, de las cuales la cerraja (*Sonchus oleraceus*) y el coquito (*Cyperus rotundus* L.) se presentaron con mayor frecuencia en los tratamientos que permanecieron infestados de arvenses por tiempos más prologados.

La generación de biomasa fue superior en los cultivos de cobertura que contenían especies gramíneas y sus combinaciones comparado con las especies constituidas por leguminosas en monocultivo; se destaca la combinación de cebada + arveja + avena, la cual mostró un 50,81% más de biomasa comparado con el CC de vicia, que tuvo el menor aporte de biomasa.

La altura de la planta de quinua fue superior cuando creció bajo los cultivos de cobertura constituidos por leguminosas como vicia y arveja, cuya altura se incrementó en unos 14 cm comparados con los cultivos de cobertura a base de gramíneas y sus combinaciones como avena y cebada.

Los cultivos de cobertura tuvieron un efecto significativo sobre la supresión, y crecimiento de las malezas durante el crecimiento de la quinua, donde los cultivos de cobertura en general exhibieron una supresión de malezas superior al 70% en BBCH60; así mismo, disminuyeron la biomasa de la maleza en 92,4% y 76,32% en los estados BBCH19 y BBCH60, respectivamente.

9. RECOMENDACIONES

Repetir el experimento bajo las mismas condiciones de la zona de estudio para validar los resultados.

Realizar estudios similares en distintas zonas geográficas del país para extrapolar resultados en donde se produce la quinua debido a que la dinámica y el tipo de malezas podrían ser diferentes

10. BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi, H.; Buratovich, M. V.; Cena, M. E.; Picapietra, G. (2015). Cultivos de cobertura y la regulación de factores y recursos ambientales que inciden en la emergencia de malezas. EEA INTA Pergamino.
- Aguilar, E., y Gomez, L. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la alimentación Agropecuaria. Guía del cultivo de la quinua. Universidad Agraria la Molina. Edilima. <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Aguirre, Z., Aguirre, N., y Muñoz, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 523–542. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.242.24206>
- Bertolotto, M., y Marzetti, M. (2017). *Cultivos de cobertura*. Revista Red de Innovadores Aapresid Argentina 7(2) 250-342
- Espinoza, C. (1989). Épocas de siembra y control de malezas en cultivos de maíz y sorgo forrajero asociados con vicia villosa [Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Simón (UMSS)]. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2562/BVE17038657e.pdf;jsessionid=DF327D3AFBF6A134E9B73A815C34F961?sequence=1>
- Estupiñan Cox, B. F., Merino Cordova, P. A., Izquierdo Garcia, D. E., & Abarca Cordova, S. A. (2019). Evaluación de los beneficios y desventajas de los cultivos de cobertura. en el uso de pastos naturales, hacienda San Rafael, Santo Domingo Ecuador. *Ciencia Digital*, 137-148.
- FAO. (1994). *Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América*. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>
- FAO. (2001). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=XF2015010207>
- FAO. (2010). *Guía de Identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i5519s/i5519s.pdf>
- FAO. (2013). *Quinua 2013 Año internacional*. http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/?no_mobile=1
- FAO. (2014). Producción de los cultivos. <http://www.fao.org/3/a-bp851s.pdf>
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <http://www.fao.org/quinoa/es/>

FAO. (2021). Portal de suelos de la FAO. Recuperado 11 de febrero de 2022, de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

FAOSTAT. (2018). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39–52. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ15.0182>

Gandarillas, H. (1979). *Quinua y Kañiwa. Cultivos Andinos*. Bogota: IICA. 120.

Gonzales, C (2011). “Coberturas vegetales y densidades de siembra en el control de malezas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). canaa n 2750 msnm-Ayacucho [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/1936/1/TESIS%20AG913_Gon.pdf

Hernández Y., E. Alfaro., D. Medero., y E. Figueroa (2009). Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. Vol. 13. Número 38. 7-16 p.

Lozano, P. (2002). Medicinal plants and their ecology in Northern Peru and Southern Ecuador View project. <https://www.researchgate.net/publication/233936622>

Magdoff, F., V. Harold. 2009. Building soils for better crops: sustainable soil management. 3rd Ed.p.cm. – (Handbook series; bk.10). Published by Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) program. From the National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture. 294 p.

Margalef, R. (1951). Diversidad de especies en las comunidades naturales. Publicación del Instituto Biología Aplicada. Barcelona, (9): 5-27

MAG, (2017). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Año clave para Ecuador en exportación de quinua. disponible.<https://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-dequinua>.

Merino, Jorge, Pedreros, Alberto, Fischer, Susana, & López, María D. (2019). Período crítico de interferencia de malezas sobre el contenido de polifenoles totales en quinua. *Revista Chilena de Investigaciones Agropecuarias*, 79 (3), 405-414. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000300405>

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España. M&T–Manuales y Tesis SEA. 84 p

Mujica, A., y Canahua, A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) p. 23-27. In Curso taller Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica, Salcedo. 7-10 August. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), Estación Experimental de Zonas Áridas (EEZA)-Illpa, Pica, Pisa, Puno, Perú.

Mujica, A. (1997). El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will). FAO. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro01/Cap5.htm#Cuad7

Patrignani, A., y Ochsner., T. (2015). Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 2312-2320. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0150>

Peralta, E. (2006). A favor de la Quinua o quinoa...se hace camino al andar en Ecuador. *Revista Raíces Productivas.*, Edición No. 54. Guayaquil, Ecuador 16-18:<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20de%20la%20quinua%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>

Quisbert, E. (2006). Comportamiento agronómico de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la estación experimental de Choquenaira. [Tesis de grado Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés].

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5152/T1412.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rios, A. (2010). Evaluación de la calidad y germinación en genotipos de Amaranto (*Amaranthus* sp). [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía]. [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1458/EVALUACION%20DE%20CALIDAD%20DE%20VIGOR%20Y%20GERMINACION%20EN%20GENOTIPOS%20DE%20AMARANTO%20\(Amaranthus%20spp.\)..pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1458/EVALUACION%20DE%20CALIDAD%20DE%20VIGOR%20Y%20GERMINACION%20EN%20GENOTIPOS%20DE%20AMARANTO%20(Amaranthus%20spp.)..pdf?sequence=1)

Rios, D., Britto, R., y Delgado, H. (2011). Evaluation of yield and its components in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes differentiated for spike and kernel types. In *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient* (Vol. 14, Issue 2).

Robles, R. (1991). Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Cornell University. Edición Limusa.

https://books.google.com.ec/books?id=WN5FAAAAYAAJ&source=gbs_navlinks_s

Sinualiza, F. (2009) Evaluación de la relación C/N de dos cultivos de cobertura Vicia (*Vicia stenophylla*) y Centeno (*Secale cereale*) en tres localidades de la provincia de Chimborazo. *Revista polo del conocimiento* 7(1) 2550-682
<https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3673/html>

Sosa , V., Brito, V., Fuentes, F., y Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based en the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 117-124.

Suquilanda, M. (2017). *Manejo agroecológico de suelos*. (M. Villamar & C. Carrión, Eds.), *MAGAP* (Medios Públicos (MP), Vol. 1). Quito: MAGAP. Recuperado de <https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/libro/Manejo Agroecológico Suelos MSV.pdf>

Smith, R., Warren, N., y Cordeau, S. (2020). Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures? *WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA*, 168-194

Sturm, D. J., Peteinatos, G., & Gerhards, R. (2018). Contribution of allelopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, 58(5), 331-337.

Taipicaña, C. (2019). EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES HERBICIDAS SELECTIVOS CON TRES DOSIS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EN PRE-EMERGENCIA SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI 2019 [Tesis de grado Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Universidad Técnica de Cotopaxi] <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6603/6/PC-000689.pdf>

Teasdale, J R. (2004) Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas In: Manejo de Malezas para Países en Desarrollo (Addendum I). R Labrada (ed). FAO -ONU. http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031_s00.HTM

Villegas, C., Díaz, M., Castro, C., y Reyes, A. (2004). Agricultura Técnica en México. *Agricultura Técnica En México*, 30(2), 223–234.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60830208>

Vives, J., y Carrasco, G. (2013). *Manejo Integrado en el cultivo de Quinoa*.:///C:/Users/PC/Documents/plagas,quinua.pdf

Zamorano, C., López, H., y Alzate, G. (2008). Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en Fusagasugá, Cundinamarca (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 443–450. 56
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11476>

11. ANEXOS.

11.1 Anexo 1. Cálculos de Fertilización.

11.1.1 Dosis de nitrógeno (N)

Cantidad de materia orgánica en una hectárea

$$MO = \text{Volumen del suelo (m}^3/\text{ha)} * DA \text{ (t/m}^3\text{)} * (\% \text{ de MO /100)}$$

$$MO = (10000 * 0,1) * 1,3 * (1,76/100) = 22,88 \text{ t de MO}$$

Cantidad de nitrógeno aportado por la materia orgánica en una hectárea (Nm)

Nm = Materia orgánica (kg) * N en la materia orgánica * Tasa de mineralización

$$Nm = 24640 * (5/100) * (1,25/100) = 11,44 \text{ kg de N}$$

Cantidad de nitrógeno aportado por el suelo en una hectárea (Ni)

$$Ni = \text{Volumen del suelo (m}^3/\text{ha)} * DA \text{ (t/m}^3\text{)} * \text{Concentración de N-NO}_3 \text{ (g/t)}$$

$$Ni = (10000*0,1) * 1,3 * 35,71 = 46423 \text{ g} = 4600\text{kg de N}$$

Dosis de nitrógeno para una hectárea

$$DN = [(MR * Ne) - (Nm+Ni) * Ef] / Ef$$

$$DN = [(12 * 22) - (11,44 + 46,00) * 0,6] / 0,6$$

$$DN = (264 - 37,04) / 0,6$$

$$DN = 378,27 \text{ kg N/ha}$$

11.1.2 Dosis de Fósforo (P)

Requerimiento del cultivo: **80Kg/ha** (No se requiere dosis de corrección)

Requerimiento de P para el ensayo (300m²)

$$80\text{kg/ha} \quad 10000\text{m}^2$$

$$X \quad 300\text{m}^2$$

$$X = 2,4 \text{ kg de P}_2\text{O}$$

11.1.3 Dosis de Potasio (K)

% de déficit de K

$$11,54 \quad 100 \%$$

$$0,10 \text{ cmol/kg} \quad x$$

$$x = 0,86$$

$$\% \text{ de déficit de K} = 2\% - 0,86\% = 1,14 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Déficit de K (mg/kg)} &= \text{CIC} \times (\% \text{ de déficit} \times 100^{-1}) \times 390 \text{ mg de K cmol} \\ &= 11.54 \times (1,14/100) \times 390 \\ &= 51,3 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis de K}_2\text{O (kg/ha)} &= (\text{Déficit} \times \text{Prof. (m)} \times \text{DA (g/cm}^3\text{)} \times 10) / \text{Efc} \\ &= (20, \text{ mg/kg} \times 0,2 \text{ m} \times 1,1\text{g/cm}^3 \times 10) / 0,32 \\ &= 137.5 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

11.2. Dosis de fertilizantes

Urea (46% N)

Dosis de corrección 378,27 Kg/ha

Requerimiento del cultivo 120 Kg/ha

Dosis de aplicación 200

46 % 200 kg/ha

100% x

$$\mathbf{x = 434,78 \text{ kg de N/ha}}$$

Dosis de aplicación para el proyecto

10000 m² 434,78 kg de Urea

3000 m² x

$$x = (300 \text{ m}^2 \times 434,78 \text{ kg de K}) / 10000 \text{ m}^2 = 13,04\text{kg}$$

Dosis cloruro de Potasio (60%)

Dosis de corrección 137,5 Kg/ha

Requerimiento del cultivo 64 Kg/ha

Dosis de aplicación 201,5 kg/ha

60 % 201,5kg/ha

100% x

$$\mathbf{x = 335,8 \text{ kg de N/ha}}$$

Dosis de aplicación para el proyecto

10000 m² 335,8 kg de Urea

3000 m² x

$$x = (300 \text{ m}^2 \times 335,8 \text{ kg de K}) / 10000 \text{ m}^2 = 10 \text{ kg}$$

11.3 Anexo 2. Análisis del Suelo

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-F001
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° E-SAE LEN 21.004

Informe N°: LN-SFA-E21-0614
 Fecha emisión Informe: 21/05/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Vanessa Córdova

Dirección¹: Mercadillo y Nicolás García

Provincia¹: Loja

Cantón¹: Loja

Teléfono¹: 0959160922

Correo Electrónico¹: gabycq.2011@gmail.com

N° Orden de Trabajo: 11-2021-131

N° Factura/Documento: 012-001-0907

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Amaranto, maíz		
Provincia ¹ : Loja	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Loja		Y: ----
Parroquia ¹ : Punzara		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Vanessa Córdova		
Fecha de muestreo ¹ : 05-05-2021	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2021	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2021	Fecha de finalización de análisis: 21-05-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-0640	VC01	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,54
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,76
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,09
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	118,0
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,55
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	7,27
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,17
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	305,2
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	12,95
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	5,74
Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	6,35		

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 2 de 2

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	< 3,0	< 0,15	< 10,0	< 0,20	< 2,0	< 0,5	< 20,0	< 5,0	< 1,0	< 3,0
MEDIO	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	> 5,0	> 0,30	> 20,0	> 0,38	> 5,0	> 1,5	> 40,0	> 15,0	> 4,0	> 7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. EESC. 2002



Q. A. Luis Cacungo
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliars y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

11.4 Anexo 3. Escala Fenológica BBCH de la quinua

ESTADIO PRINCIPAL	ESTADO	CODIGO
ESTADIO PRINCIPAL 0 Germinación	siembra	0
	emergencia de la radícula	5
	emergencia del hipocótilo	7
	hipocótilo con cotiledones que crecen hacia la superficie del suelo	8
	emergencia de los cotiledones a través del suelo	9
ESTADIO PRINCIPAL 1 Desarrollo de hojas	cotiledones emergieron completamente	10
	primer par de hojas verdaderas	11
	segundo par de hojas verdaderas	12
	tercer par de hojas verdaderas	13
	cuarto par de hojas verdaderas	14
	se continua	1.
	noveno par de hojas verdaderas	19
ESTADIO PRINCIPAL 2 Formación de brotes laterales	brotes laterales visibles	20
	un brote lateral visible	21
	dos brotes laterales visibles	22
	se continua	2.
	nueve brotes laterales visibles	29
ESTADO PRINCIPAL 5 Emergencia de inflorescencia	inflorescencia presente pero todavía encerrada por las hojas	50
	las hojas que rodean la inflorescencia están separadas, la inflorescencia es visible desde arriba	51
	la inflorescencia es visible, pero todas las flores siguen cerradas	59
ESTADIO PRINCIPAL 6 Floración	comienzo de la antesis: flores de la inflorescencia principal con las primeras anteras extruidas	60
	fin de la antesis: la inflorescencia principal florece con las primeras anteras senescentes	67
	antítesis completa: flores de la inflorescencia principal con anteras senescentes	69
	cuajada: engrosamiento del ovario y primeros granos visibles en el tallo principal	70
ESTADIO PRINCIPAL 8 Maduración	grano lechoso, fácilmente aplastado con las uñas, contenido líquido y pericarpio verde	81
	grano grueso, fácilmente aplastado con las uñas, contenido pastoso blanco, pericarpio verde, beige, rojo o negro	85
	grano maduro, difícil de aplastar con las uñas, contenido seco, el grano tiene un color beige, rojo o negro en su exterior. Listo para cosecha	89
ESTADIO PRINCIPAL 9 Senescencia	sólo las hojas basales están secas	91
	las hojas de la primera mitad de la planta, empezando por la base, están muertas	93
	todas las hojas están muertas; el color del tallo pasa de amarillo a marrón	95
	planta muerta y seca	97
	producto cosechado	99

11.5 Anexo 4. Evidencias Fotográficas



Figura 14. Preparación del terreno



Figura 15. Levantamiento de camas



Figura 16. Siembra de cultivos de cobertura



Figura 17. Virado de cobertores



Figura 18. Siembra de la quinua



Figura 19. Fertilización



Figura 20. Toma de altura



Figura 21. Seguimiento del cultivo



Figura 22. Secado de muestras



Figura 23. Pesaje de muestras



Figura 24. Peso de 1000 granos



Figura 25. Semillas de la quinua

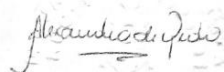
11.6 Anexo 5. Certificación de traducción del Abstract.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is an Andean crop domesticated thousands of years ago by the ancient cultures of the Andean Region of South America. Its nutritional value lies in the ideal balance of amino acids in its protein, which makes it an excellent component in diets. . The objective of this research was to evaluate the growth of weeds and the yield of quinoa, under four plant cover crops (CC): oats, barley, vetch and peas. The trial was established in the Quinta Experimental Docente "La Argelia " located in the city of Loja, using a completely randomized block design with 14 treatments and 3 repetitions, consisting of CCs with grass and legume species as monoculture and mixtures. Weed suppression, biomass, diversity and plant cover of weeds were evaluated. On the other hand, in the quinoa crop, the final yield of the grain and its components was evaluated. The dominant weeds were cerraja (*Sonchus oleraceus*) and coquito (*Cyperus rotundus*). The highest biomass of weeds in the phenological stages BBCH 19 and BBCH60, occurred when quinoa grew under cover crops vetch (T5), peas (T6), and peas + vetch (T12), while the lowest biomass of weeds was observed in cover crops composed of grasses (oats and barley). Weed suppression was greater in the barley + vetch (T9) treatments, as well as barley + pea + oats (T14) they exceeded 90% suppression in BBCH19, and 75% in BBCH60. On the other hand, the lowest suppression of weeds occurred in the treatments consisting of legumes such as vetch (T5), peas (T6) and peas + vetch (T12), whose lowest suppression values were close to 40%. The yield in the quinoa crop was higher in the treatments (barley + peas + oats) with 4525.6 kg. ha⁻¹ T12 (vetch + pea) 3759.8 kg. ha⁻¹ T5(vetch) 3085.5 kg. ha⁻¹ and T1 (control without weeds) 3664.1 kg. ha⁻¹. Regarding the T2 treatment (control with weeds), no results were obtained in the yield due to the interference of weeds. Therefore, the crop must remain free of weeds since it is a poor competitor of weeds to avoid yield losses. In this thesis, it is shown that the use of cover crops using grass species and their combination with legumes as predecessors of quinoa can be an alternative to improve weed management and productivity of quinoa.

Keywords: cover crops, weeds, quinoa

Yo, Alexandra Zúñiga Ojeda, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma inglés al español y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado y posgrado en la Enseñanza del Inglés como lengua extranjera.



Mgs. Alexandra Zúñiga Ojeda
Directora Académica de CADIL English Center
Registros SENESCYT: I031-07-785803 I031-II-725056