

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus quitensis*) EN
ASOCIACIÓN CON LEGUMINOSAS.**

“Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado
de Ingeniera Agrónoma”

ROSA MARLENE LOMA SINCHIGUANO

TUTOR: Ing. Mg. Marco O. Pérez S.

CEVALLOS

2017

La suscrita ROSA MARLENE LOMA SINCHIGUANO, portadora de cédula de identidad número: 050385149-5, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus quitensis*) EN ASOCIACIÓN CON LEGUMINOSAS”, es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

ROSA MARLENE LOMA SINCHIGUANO

Investigación

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus quitensis*) EN ASOCIACIÓN CON LEGUMINOSAS”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

ROSA MARLENE LOMA SINCHIGUANO

TEMA: "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus quitensis*) EN ASOCIACIÓN CON LEGUMINOSAS "

REVISADO POR:

Ing. Ing. Mg. Marco O. Pérez S.
TUTOR

Ing. Luciano Valle.
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

FECHA:.....

Ing. Hernán Zurita.
PRESIDENTE TRIBUNAL

Ing. Luciano Valle.
MIEMBRO DE CALIFICACIÓN

Ing. Ing. Olguer León.
MIEMBRO DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

A Dios y a mamita Virgen, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más,
A mis padres.

A mi madre Laura que es la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil. A mis hermanos y hermanas quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en una profesional. A mis sobrinos quienes han sido y son mi motivación, inspiración y felicidad las personitas a quienes yo adoro mucho, quienes han llenado mi vida de mucha alegría, en los momentos más tristes de mi vida gracias mis consentidos.

Para mi pequeño Angelito Joel (+) que ahora nos cuidas desde el cielo al que toda la vida llevare en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios y de forma muy especial a la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por acogerme en sus aulas y formarme profesionalmente.

A mis Padres, que con su esfuerzo y sacrificio me supieron brindar su apoyo incondicional y depositaron su entera confianza en mí todo este tiempo; pues ellos son mi razón de seguir adelante. Gracias por ser un pilar fundamental y formar parte de mi vida.

A mis hermanos y hermanas por su apoyo incondicional en este camino universitario, infinitas gracias.

A mis profesores por compartir sus conocimientos y entregar a la sociedad profesionales con ética y convicción para contribuir al engrandecimiento del sector agrícola.

A los Ingenieros Marco Pérez, Luciano Valle, Rafael Mera por apoyarme con sus conocimientos y experiencia en esta investigación.

A todos mis compañeros en los cuales sembré una amistad y pude cosecharla.

A todos(as) los que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Antecedentes investigativos.....	3
2.2 Marco conceptual.....	4
CAPÍTULO III.....	20
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	20
3.1. Hipótesis	20
3.2. Objetivos.....	20
CAPÍTULO IV.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 Ubicación del ensayo	21
4.2. Características del lugar.....	21
4.3. Equipos y materiales	22
4.4. Factores en estudio.....	23
4.5. Tratamientos	23
4.6. Diseño experimental	24
4.7 Manejo del experimento	24
4.8 Variables respuesta	26
CAPÍTULO V	27
RESULTADOS Y DISCUSION	27
5.1. Altura de planta.....	27
5.2. Diámetro de tallo	29
5.3. Número de panojas	32
5.4. Rendimiento.....	34
5.5 Análisis económico.....	36
CAPITULO VI.....	39
CONCLUSIONES BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS	39
6.1 Conclusiones.....	39
6.2. Bibliografía	40
6.3 Anexos	43
CAPÍTULO VII	49
PROPUESTA.....	49
7.1 Datos informativos.....	49
7.2 Antecedentes	49

7.3	Justificación	49
7.4	Objetivo	49
7.5	Metodología	49
7.6	Administración.....	50
7.7	Previsión de la evaluación	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla. 1. Concentración de nutrientes en tejido vegetal del cultivo de chocho.....	6
Tabla. 2. Composición química de los cultivos.....	14
Tabla. 3. Plagas del cultivo de amaranto.....	16
Tabla. 4. Tratamientos.....	24
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable altura de plantas a los 60, 90 y 180 días.....	28
Tabla 6. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable altura de planta.....	29
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable altura de planta.....	29
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 60, 90 y 180 días.....	30
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable diámetro de tallo.....	31
Tabla 10. Prueba de Diferencia Mínima Significativa para asociación en la variable diámetro de tallo.....	31
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable diámetro de tallo.....	32
Tabla. 12. Análisis de varianza para la variable número de panojas a los 90 y 180 días.....	32
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable número de panojas.....	33
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable número de panojas a los 180 días.....	34
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	34
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento.....	35
Tabla 17. Prueba de Diferencia Mínima Significativa para asociación en la variable rendimiento.....	35
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable rendimiento.....	36
Tabla 19. Costos totales.....	37

Tabla 20.	Costos de inversión por tratamiento.....	38
Tabla 21.	Ingresos por tratamiento.....	38
Tabla 22.	Relación beneficio costo.....	39

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el rendimiento de amaranto (*Amaranthus quitensis*) en asociación con leguminosas, el trabajo de investigación se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca, ubicada en el sector de El Tambo, parroquia la Matriz, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial $2 \times 3 + 1$ con 4 repeticiones. Analizadas las variables estudiadas se concluye que la mejor asociación de las estudiadas para el cultivo de amaranto fue *Amaranthus quitensis* más chocho ya que con esta asociación se obtuvieron los mejores resultados en las variables diámetro del tallo, con valores de 0,70 m a los 60 días y para el rendimiento con un promedio de 0,205 kg esto se debió probablemente a que las plantas tuvieron mejores condiciones de temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes necesarios para su desarrollo producto de esta asociación. De las observaciones de campo y los análisis estadísticos realizados permiten concluir que la mejor distancia de siembra para el cultivo de amaranto asociado con leguminosas fue de 0,60 m ya que se pueden apreciar mejores resultados para altura de planta con 41,17 cm a los 60 días y 61,06 cm a los 90 días, de igual manera para la variable diámetro de tallo la aplicación de distancia de siembra de 0,60 cm es la ideal en este cultivo debido probablemente a que con esta distancia no se presenta competencia entre plantas del mismos cultivo ni con los cultivos asociados por nutrientes, luz, ni humedad. También se pudo determinar que la aplicación de las distancias de siembra D3 (0,80 m) y D2 (0,60 m) tuvieron influencia directa sobre el número de panojas observándose que a mayor distancia entre plantas mayores es el número de panojas con promedios de 2,82 y 2,72 respectivamente. Mediante las pruebas estadísticas se determinó que el tratamiento A1D2 (A. quitensis + Chocho + 0,60 m) con un valor promedio de 0,571 kg tuvo el mejor rendimiento en el experimento realizado, lo que se debió probablemente al equilibrio entre la cantidad de plantas por parcela y factores como la presencia de nutrientes, temperatura y humedad. Realizado el análisis económico mediante la relación beneficio costo se concluye que el tratamiento A1D2 (A. quitensis + chocho + 0,60 m) es el de mejores perspectivas para ser utilizado en este cultivo ya que tiene el mayor índice de relación beneficio - costo equivalente a \$ 2,46.

Palabras clave: Amaranto, asociación, distancias de siembra, leguminosas, rendimiento.

SUMMARY

The present work was carried out with the purpose of evaluating the yield of amaranth (*Amaranthus quitensis*) in association with leguminous, the research work was carried out in the Experimental Teaching Farm Querochaca, located in the sector of the Tambo, Parish the Matrix, Cevallos, province of Tungurahua. Completely Randomized Block Design (DBCA) was applied with factorial arrangement $2 \times 3 + 1$ with 4 replicates. Analyzed the studied variables, it was concluded that the best association of those studied for amaranth cultivation was *Amaranthus quitensis*, which was more chocho, since with this association the best results were obtained in the variables stem diameter, with values of 0.70 m at 60 days and for yield with an average of 0.205 kg this was probably due to the plants had better conditions of temperature, humidity, availability of nutrients necessary for their development product of this association. From the field observations and the statistical analyzes carried out, it is possible to conclude that the best sowing distance for the cultivation of amaranth associated with legumes was 0,60 cm since it is possible to see better results for plant height with 41,17 cm 60 days and 61,06 m at 90 days, the same way for the stem diameter variable the application of planting distance of 0.60 m is ideal in this crop probably due to the fact that at this distance there is no competition between plants of the same crop or crops associated with nutrients, light, or moisture. It was also possible to determine that the application of planting distance of 0,80 m and 0,60 m had a direct influence on the number of panicles, observing that the greater distance between plants the greater the number of panicles with averages of 2.82 and 2.72 respectively. Statistical tests showed that the A1D2 treatment (A. *quitensis* + Chocho + 0,60 m) with an average value of 0,245 kg had the best performance in the experiment, which was probably due to the balance between the number of plants per plot and factors such as the presence of nutrients, temperature and humidity. The economic analysis was carried out using the cost - benefit ratio. It is concluded that the A1D2 treatment (A. *quitensis* + peck + 0.60 m) is the best prospect to be used in this crop since it has the highest benefit - cost ratio \$ 2.46.

Key words: Amaranth, association, sowing distances, legumes, yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El amaranto se cultivaba en América desde hace 5 000 a 7 000 años, los primeros en utilizarlo como cultivo altamente productivo fueron los mayas, de quienes otros pueblos de América, como los aztecas y los incas aprendieron su consumo. Cuando los españoles llegaron a América, el amaranto o huautli era uno de los granos más apreciados por los aztecas. Se estima que ellos producían de 15 a 20 000 toneladas por año, además formaba parte de los tributos que cobraban a los pueblos sometidos.

Cuando llegan los europeos a América se inició un intenso intercambio de cultivos en el que algunos de éstos cobraron mayor importancia mientras que otros llegaron casi a desaparecer. El éxito o fracaso de un cultivo, sin embargo, no depende necesariamente de sus características intrínsecas; su uso está sujeto a las condiciones sociales y culturales que van cambiando a lo largo de su historia (Becerra, 2000).

En el aspecto productivo, se tienen grandes posibilidades, sobre todo en los valles de la sierra, cuyas altitudes no superan los 2800 msnm y que presentan alta luminosidad y poca pluviosidad. Las mejores posibilidades estarían en las provincias de Loja, Azuay, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y en las zonas secas y con riego en la costa. Actualmente se cuenta con algunas variedades mejoradas de alta producción y tecnología de cultivo y transformación adecuada que pueda permitir un desarrollo sobresaliente del cultivo en nuestro país. Los rendimientos comerciales que se obtienen varían de 640-3750 Kg/ha. En los ensayos llevados en Quito en 1992-1993 los rendimientos fluctuaron entre 800 y 2492 Kg/ha. En base a estos elementos se considera el cultivo como una alternativa de producción para muchas áreas agrícolas del Ecuador y una opción nutritiva importante para la población. La papa, quinua, chocho, amaranto y otras, por ejemplo, son especies de origen andino que formaron la base alimentaria de esos pueblos. La Conquista europea sojuzgó a las culturas del "Nuevo Mundo", y se impusieron nuevos esquemas agrícolas. Se introdujeron otras especies, relegando así cultivos como los del amaranto, quinua, chocho, etc. Ha sido tan solo en las últimas 6

décadas que se ha reconocido el verdadero valor de estas plantas, las que ahora constituyen cultivos estratégicos en la lucha contra el hambre y la desnutrición (Martínez & Rodríguez, 2010).

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), el amaranto (*Amaranthus caudatus* Linneo) y el ataco o sangorache (*Amaranthus quitensis* H.B.K.), son granos de origen andino, considerados estratégicos para la soberanía alimentaria de los pueblos andinos. Estos granos andinos, se caracterizan por su contenido de proteína (14 a 46 % en grano seco), grasa, carbohidratos, minerales y fibra, lo que determina su valor e importancia en la alimentación humana. A la cantidad de proteína, se suma la calidad de la misma, (balanceando el alimento al consumirlas junto a otros alimentos), la fibra, el hierro, fósforo y zinc y otros contenidos útiles para la salud. En Ecuador, los granos andinos forman parte de los sistemas de producción, principalmente en la región Sierra, ya que son cultivadas en asociación, intercaladas, en monocultivos o en rotación con otros cultivos (Peralta et al., 2014).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes investigativos

Jacobsen & Sherwood (2002), señala que por miles de años el amaranto ha constituido un alimento importante en el continente Americano, y actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial como alimento y su calidad nutritiva. El chocho al igual que otras leguminosas, fija su propio nitrógeno, y constituye un abono verde excelente, capaz de fijar 400 Kg de nitrógeno por hectárea

Guanche (2012) indica que las leguminosas (chochos, habas) son grandes fijadoras de nitrógeno atmosférico gracias a una simbiosis (asociación favorable) con las bacterias del género *Rhizobium* que se encuentran en sus raíces, llegando a aportar considerables cantidades de este nutriente. También en el caso de suelos excesivamente fertilizados pueden actuar como desintoxicantes. Sirven para romper el ciclo de las plagas y enfermedades de los cultivos principales. Son en muchos casos, sobre todo habas y chochos, un excelente refugio para insectos beneficiosos, a tener en cuenta a la hora de diseñar las plantaciones para introducir o asociar estas plantas. Como cubierta vegetal, protegen de la erosión del suelo tanto por escorrentías por lluvias como por exceso de insolación y vientos en verano.

Hay asociaciones de gran valor comprobadas y conocidas y muchas son parte de sistemas tradicionales de producción. Sin embargo, éstos no siempre cuentan con la estructura y distanciamiento necesarios que la agricultura ecológica, sobre la base del principio de la diversidad ordenada, busca para posibilitar el adecuado desarrollo de las labores culturales e incremento de la productividad (Kolmans & Vásquez, 1999).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Variable independiente

2.2.1.1 Asociación

Escandón (2012) manifiesta que la asociación de cultivos es una técnica muy utilizada en la agricultura ecológica la cual se basa en sembrar dos o más especies diferentes de plantas en espacios contiguos o próximos. Uno de los efectos positivos de la asociación de cultivos es que minimizan los brotes de enfermedades y plagas, ya que no hay un solo cultivo para que la plaga o la enfermedad pueda infestar. La asociación de cultivos ayuda a reducir la dependencia de los productos químicos los cuales están utilizando actualmente en la producción de monocultivos.

Las asociaciones basan sus efectos, entre otras causas, en fenómenos de alelopatía, que hace referencia a las interrelaciones generales existentes entre plantas, por la que cada especie establece algún tipo de relación con su vecino. La asociación de cultivos, promueve una mayor diversidad biológica, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha, mejora el uso de los recursos naturales, y proporciona protección contra daños de plagas y enfermedades (Pérez, 2014).

Toapanta (2016), dice que la Asociación de cultivos está creciendo de una manera muy rápida en otros países en cambio en nuestra provincia esta los sistemas de monocultivo. Al paso del tiempo se observa un incremento de plagas y enfermedades específicas del cultivo. Así mismo, la cantidad de nutrientes disminuye, porque las plantas ocupan siempre la misma zona de raíces y en la temporada siguiente las raíces no se desarrollan bien, además de una pérdida de los cultivos para auto sustento de las familias campesinas, que muchas veces comprenden como se va perdiendo los recursos para su alimentación, así sus suelos quedan erosionados. También promueve el equilibrio biológico, disminuyendo los ciclos de plagas y enfermedades, diversificación de riesgos productivos y económicos, incrementando los rendimientos.

Cultivo asociado, se lo puede sembrar de diversas maneras:

- Como cultivo de borde alrededor de las parcelas cultivadas con raíces y tubérculos andinos.

Se recomienda sembrar alrededor de éste, leguminosas como el chocho (*Lupinus mutabilis*), para dar variabilidad al campo y repeler de manera natural algunos insectos plaga. (Valdivieso & Suquilanda)

2.2.1.2 Fijación biológica de nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos químicos esenciales para todos los seres vivos ya que forma parte de los ácidos nucleicos y de las proteínas y, por lo tanto, es fundamental en la estructura y el metabolismo celular. La fijación biológica de nitrógeno es un proceso clave en la biosfera, por el cual microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. El grupo de bacterias que pertenecen al género *Rhizobium*, inducen en las raíces (o en el tallo) de las leguminosas la formación de estructuras especializadas, los nódulos, dentro de los cuales el nitrógeno gaseoso es reducido a amonio. La fijación biológica de nitrógeno supone más del 60% de la fijación global del nitrógeno en la tierra; la enzima responsable de la fijación de nitrógeno se denomina nitrogenasa y está compuesta por dos metaloproteínas, una con Fe (ferroproteína o nitrogenasa reductasa) y otra con Fe y Mo (ferromolibdoproteína o nitrogenasa propiamente dicha) como grupos activos. Dentro de los diazótrofos hay muchas especies que llevan a cabo la fijación de nitrógeno en vida libre, mientras que otras lo hacen a través de asociaciones simbióticas con plantas. La eficiencia de la fijación de nitrógeno es relativamente baja en el caso de los fijadores libres ya que el nitrógeno fijado es posteriormente metabolizado y eliminado por desnitrificación y lavado. La fijación en vida libre sólo aporta al suelo unos cientos de gramos de nitrógeno por hectárea y año que, si bien son suficientes en condiciones naturales, están muy lejos de satisfacer las necesidades de los cultivos (Olivares, 2004).

Sin embargo, la fijación en simbiosis es mucho más eficiente, calculándose que sólo la asociación *Rhizobium*-leguminosa puede llegar a aportar más de 300 kilogramos por hectárea y año. Por ello determinados cultivos de leguminosas no requieren fertilización

nitrogenada para que se incremente su contenido en proteínas, contribuyendo además al enriquecimiento del suelo en nitrógeno, que puede ser aprovechado por cultivos asociados o por las plantaciones posteriores en una rotación de cultivos (dspace, 2017).

2.2.1.3 El chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)

El chocho es una leguminosa andina, cuya importancia agroecológica para Ecuador y la región se fundamenta en la capacidad del sistema radicular de fijar nitrógeno atmosférico para mejorar la fertilidad del suelo y como una alternativa de rotación con otros cultivos como cereales y tubérculos. La importancia socioeconómica se relaciona con el contenido de proteína (50%), minerales y vitaminas en el grano, para mejorar la nutrición de la población. Mientras que la producción, procesamiento y comercialización constituyen fuentes de trabajo e ingresos.

Concentración de nutrientes en tejido vegetal del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) de planta abastecida con todos los nutrientes requeridos y restricción del nutriente respectivo.

Tabla. 1. Concentración de nutrientes en tejido vegetal del cultivo de chocho

Elementos	Sin deficiencia	Con deficiencia
Nitrógeno	6,66 %	3,29 %
Fósforo	1,58 %	0,22 %
Potasio	3,75 %	0.35 %
Calcio	1,68 %	0,53 %
Magnesio	0,40 %	0,08 %
Asufre	0.94%	0,41 %
Zinc	280 ppm	28 ppm
Cobre	69 ppm	8 ppm
Hierro	810 ppm	173 ppm

(Caicedo & Peralta, 2001).

El chocho se cultiva en áreas agroecológicas secas y arenosas ubicadas entre los 2600 y 3400 msnm con precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, es decir en ambientes relativamente secos. La temperatura fluctúa entre 7 y 14 °C, tolera nubosidad, sequía y granizo leve (Caicedo & Peralta, 2001).

2.2.1.4 Haba (*Vicia faba* L.)

Es una planta anual, cuya raíz penetra hasta 1000 cm de profundidad y raíces secundarias de temprano desarrollo. El tallo es fuerte y alcanza una altura de 50 cm hasta 200 cm, de acuerdo con la variedad y factores de estudio. Produce abundantes flores, las cuales se encuentran en racimos de dos hasta nueve en las axilas de las hojas; la autopolinización es lo más corriente, pero el porcentaje polinización cruzada es bastante alto. Las paredes de las vainas son muy esponjosas y mantienen mucha humedad; al madurar, las vainas se ponen negras. Por lo general, el producto se cosecha para obtener ramos tiernos, cuando las vainas aún están verdes (Manual , 2002).

2.2.2 Variable dependiente

2.2.2.1 Rendimiento

El cultivo del amaranto requiere un trabajo intenso, pero que redonda en rendimiento en comparación con otros granos. Se obtiene una mayor cantidad de grano por hectárea al sembrar amaranto, que al sembrar algún otro de los granos tradicionales como el fríjol, el arroz, el maíz o el trigo.

Además del grano, se aprovecha integralmente toda la planta: las hojas pueden ser consumidas como verdura y el tallo sirve de rastrojo. Presenta, además, resistencia a la sequía, pues requiere menor cantidad de agua que otros cultivos (Guamán, 2012).

En la actualidad, en Ecuador se producen dos variedades del cereal: el ataco o sangorache (negro) y el amaranto blanco. El primero se cultiva desde 2002, a raíz de los esfuerzos del INIAP para producirlo localmente, como un cereal orgánico exportable a Norteamérica y Europa. En tanto, el amaranto blanco se cultiva desde 1994 y se consume reventado, como un reemplazo o complemento de la granola. El INIAP tiene

registrados 12 productores de amaranto blanco en las provincias de la Sierra: Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Cañar. Además hay cultivos en Chimborazo. Según la entidad, en el país se producen entre 5 y 7 toneladas del cereal blanco al año, mientras que no hay registros del número de productores ni del volumen de producción del sangorache. Tomando en cuenta que el precio de amaranto en semilla en el mercado el costo es de \$100 por quintal (Martínez & Rodríguez, 2010).

En Ecuador se cultivan dos especies de amaranto: *Amaranthus caudatus* L. (generalmente conocido como Amaranto) y el *Amaranthus quitensis* (conocido como Ataco o Sangorache). El primero produce un grano blanco y el segundo un grano negro. Por lo general alrededor de 8 kg de amaranto o ataco se siembran por hectárea. Los rendimientos por hectárea para las dos especies pueden estar alrededor de 1.800 kg y 900 kg, respectivamente (Horton, 2014).

2.2.3. Unidad de análisis

2.2.3.1. Origen del amaranto

El amaranto es conocido en el Perú como Kiwicha en Cusco, achita en Ayacucho, achis en Ancash, coyo en Cajamarca y qamaya en Arequipa. En Bolivia se lo denomina coimi, millmi en Argentina y sangoracha en Ecuador.

Al género *Amaranthus* pertenecen hasta cuatro especies que fueron cultivadas en América antes de la llegada de los españoles:

Mesoamérica:

A. hypochondriacus

A. cruentus

Andes:

A. caudatus

A. edulis

El “huahtli” de los aztecas (*A. hypochondriacus*) tuvo mucha importancia para la alimentación de ese pueblo. La distancia de siembra es uno de los factores más importantes en el establecimiento de un buen campo de producción. Las experiencias efectuadas muestran que entre 4 a 10 kg/ha dan buenos resultados. La diferencia depende de la pureza poder germinativo de la semilla así como la preparación del suelo y del grado de humedad.

La cosecha de un grano tan pequeño causa dificultades y un elevado requerimiento de mano de obra (20 a 40 jornales por ha). El uso de una trilladora estacionaria de trigo ha dado buenos resultados, a condición de que se regule la velocidad del tamizado y se utilice una zaranda de grano fino (O.N.U, 1990).

El Amaranto, es un pseudocereal recientemente redescubierto, que goza de inigualables propiedades entre las que se destacan sus elevados niveles de proteína, aminoácidos esenciales, calcio, hierro y fósforo; llegando a ser considerado como el “alimento del futuro” y con una creciente demanda en el mercado internacional. En Ecuador, al poseer las condiciones naturales favorables para su cultivo, se produce en las entidades gubernamentales tales como el INIAP, una incansable campaña para resucitar la producción del “pequeño gigante”, sin embargo, pese a estos esfuerzos no se ha logrado alcanzar los objetivos planteados puesto que de las 80 mil hectáreas aptas para el cultivo solo se registran 50 hectáreas dedicadas a la producción de kiwicha en el país. Ante este escenario de oportunidades no solo lucrativas sino también de desarrollo del comercio internacional mal aprovechadas por el temor y desconocimiento, se ve la necesidad de elaborar un plan enfocado en la producción y comercialización del grano seco de amaranto al mercado alemán, con el propósito de servir de referente para las futuras inversiones en este ámbito del comercio internacional. El plan se fundamentará en la producción de la variedad mejorada INIAP-ALEGRIA, en principio la cantidad a producir se basará en igualar la media de la producción actual y con un crecimiento del 10% anual. El desarrollo del plan demuestra que existe mercado disponible y creciente en Alemania, además de las favorables relaciones que se mantienen al momento y por los referentes encontrados, es lucrativa la inversión (Zaldumbide, 2014).

El amaranto es un cultivo que cobra mucha importancia en la alimentación para la humanidad y su nivel comercial ha crecido entre los mercados locales e internacional.

Esta especie presenta condiciones de adaptabilidad a diferentes ambientes agroclimáticos. Se considera una planta resistente y tolerante a sequías, es eficiente en la fijación de anhídrido carbónico (CO₂) y confiere a un mayor rendimiento fotosintético traduciendo a mayor eficiencia productiva (Heredia, 2015).

2.2.3.2 Clasificación botánica del amaranto

Reino: Plantae

Subreino: Embriofitas

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: Amaranthus

Especie: Amaranthus Hypochondriacus (A. Blanco) Amaranthus Quitensis (Sangoracha)

Villafuerte (2013) citado por: (Villacrés, 2016).

2.2.3.3 Descripción morfológica

- **Raíz**

El Amaranto posee raíces del tipo axonomorfo bien desarrolladas, con numerosas raíces secundarias y terciarias lo que impide el tumbado de las plantas

- **Estructura anatómica**

La raíz primaria se desarrolla a partir del meristemo radical de la semilla. En el extremo de la raíz se sitúa la cofia, estructura que protege el promeristemo radical y facilita la penetración en el suelo de la raíz en crecimiento. Esta estructura formada por células parenquimáticas que contienen amiloplastos, controla el crecimiento geotrópico de la raíz.

- **Funciones de la raíz**

La raíz desempeña un conjunto complejo y variado de funciones incluyendo el anclaje de la planta al suelo, la absorción y traslocación de agua y solutos, el almacenamiento de sustancias de reserva y síntesis de reguladores de crecimiento. La función de anclaje impide el desplazamiento de la planta y facilita la interacción de la planta con el suelo el ramificado sistema radical incluyendo los pelos absorbentes, ponen el último contacto la planta con el suelo subyacente, formando una compleja red que determina la fijación de la planta al suelo.

- **Tallo**

Las diferentes especies del género *Amaranthus* son plantas anuales, herbáceas, de tallos suculentos cuando tiernos y algo lignificados cuando maduros, cilíndrico deformado y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada; alcanza de 0.4 a 3m de altura cuyo grosor disminuye de la base al ápice, el color del tallo va desde el blanco amarillento, verde claro y púrpura. La planta tiene por lo general un eje central bien diferenciado y muchas especies y variedades tienden a ramificar desde la base o a media altura del tallo.

- **Funciones del tallo**

El tallo constituye elementos estructurales esenciales de soporte de las hojas, flores y frutos, intervienen en el transporte de los dos tipos de sabia, síntesis de fitoreguladores, realizan otras funciones metabólicas. El tallo y ramas constituyen el medio de transporte de agua y solutos a larga distancia o vertical. A cortas distancias existe otro tipo de transporte extrafasicular o conducción parenquimatoso. A través del xilema el agua conteniendo solutos (0,1- 0,4%) o sabia bruta, fluye rápidamente de la raíz hacia las hojas, flores y frutos y ápice de crecimiento.

- **Hojas**

Las hojas son generalmente opuestas o alternas, sin estipulas de formas elípticas, ovada, lisa o poco pubescente con nervaduras pronunciadas, bordes enteros de un tamaño variable entre 6,5 a 20 cm de longitud, y de 2 a 8 cm ancho el color de las hojas varía desde el verde amarillento al púrpura.

- **Función fotosintética**

La función de la hoja es realizar la fotosíntesis, proceso por el cual la planta capta la energía de la luz solar y la transforma en energía química almacenada en los carbohidratos. La estructura de la hoja está fuertemente adaptada a esta función, este órgano aplano y delgado; con lo que facilita la captación de la luz hasta todas las 11 células. La extensa superficie formada por la masa foliar y su disposición en el espacio permite maximizar la cantidad de luz incidente.

- **Flores**

Las flores son pequeñas, unisexuales, estaminadas o pistiladas, masculinas con tres o 5 estambres y femeninas con ovario súpero. Que pueden estar en plantas monoicas o dioicas en densos racimos situados en las axilas de las hojas y reunidas en glomérulos formando falsas umbelas con tres o cinco brácteas externas cada una.

- **Inflorescencia**

La unidad básica de la inflorescencia son los glomérulos, cada uno consiste en una flor estaminada inicial y un número indefinido de flores femeninas, los glomérulos están agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias; llamadas espigas o panojas. Son muy vistosas y se presentan totalmente erectas hasta decumbentes y en cuanto a colores pueden observarse: amarillas, naranjas, cafés, amarillentas, rojas, rosadas o púrpuras el tamaño varía de 0.5-0.9 m. Debido a la alta variabilidad genética

de amaranto se observan diferentes características que pueden adoptar las inflorescencias las mismas que pueden ser:

Por su número:

- a) Inflorescencia en panículas simples
- b) Inflorescencia en panículas ramificadas.

Por su disposición:

- a) Inflorescencia en panícula erecta, cuando las panículas se yerguen erectas verticalmente en la dirección del tallo formando un ángulo de 135° a 180° con relación al este.
- b) Inflorescencia en panícula semirrecta, cuando las panículas alcanzan una inclinación de 90° hasta 135° con relación al tallo.
- c) Inflorescencia en panícula semipéndula, cuando las panículas forman un ángulo de menor de 90° hasta una inclinación de 45° con relación al tallo.
- d) Inflorescencia en panícula péndula, cuando el ángulo de inclinación entre el tallo y la inflorescencia es menor a 45° .

- **Fruto**

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular la que a la madurez se abre transversalmente dejando caer la parte superior llamada opérculo para poner al descubierto la parte inferior llamada urna donde se encuentra la semilla.

- **Semilla**

La semilla es muy pequeña, mide 1 a 1,5mm de diámetro y 0,5mm de espesor, la mayor parte de la semilla está ocupada por embrión. El número de semillas por gramo oscila entre 1 000 y 3 000. Son de forma circular y de colores variados, así: existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. (Martínez & Rodríguez, 2010)

2.2.3.4. Composición química

Tabla. 2. Composición química del amaranto por (100 gramos de parte comestible y en base seca)

Componentes	Cultivos			
	químicos	Amaranto	Trigo	Maíz
Proteína	5.6 gr	19g	12.8g	9.4g
Fibra cruda	0.3gr	5.6g	2.3g	3.0g
Grasa	0.6gr	6.0g	1.7g	4.7g
Carbohidratos	79.4gr	6.0g	71.0g	74.0g
Calcio	9.0mg	250.0g	29.4mg	7.0mg
Hierro	4.4mg	15.0mg	4.0mg	2.7mg
Energía	360kcal	414kcal	334kcal	365kcal

Fuente: (Jiménez, 2013)

El contenido de lípidos va de 7 a 8%. Estudios recientes han encontrado un contenido relativamente alto de escualeno (aprox. 8% del aceite de la semilla). El Escualeno es un excelente aceite para la piel, lubricante y precursor del colesterol que se obtiene comúnmente de animales como la ballena y el tiburón.

2.2.3.5 Requerimiento de clima y suelo.

Zona de cultivo: Valles de la sierra (libres de heladas)

Altitud : 2000 a 2800 msnm

Clima : Lluvia: 300 a 600 mm de precipitación en el ciclo.

Temperatura : 15° C

Suelo : Franco, con buen drenaje y contenido de materia orgánica pH: 6 a 7,5 (Peralta et al, 2014).

2.2.3.6. Labores pre-culturales

a. Selección del terreno

El Amaranto prefiere suelos suaves, ligeramente arenosos que no se aprieten o encharquen. En terrenos pesados que se encharcan fácilmente, es preferible realizar la siembra de trasplante o en su caso, sembrar en el lomo del surco. El mejor terreno que podemos escoger es aquel en donde antes estuvo sembrado con frijol, alfalfa, haba u otra leguminosa.

b. Preparación del terreno

Es necesario que esta actividad se realice adecuadamente para que la semilla pueda germinar bien. El terreno para sembrar amaranto requiere de un barbecho, una o dos rastras hasta dejar el suelo sin terrones. Para terrenos que acumulan mucha humedad o se encharcan con facilidad se debe hacer el surco bien marcado.

c. Fechas de siembra y variedades de amaranto

- La siembra bajo el sistema de riego, se recomienda para zonas libres de heladas y debe establecerse a finales de diciembre y principios de febrero según el clima, para cosechar antes de que inicien las lluvias. Deben utilizarse variedades de ciclo corto (90 a 110 días) como Amaranteca, Revancha y Dorada.
- Para el sistema de temporal, la recomendación es sembrar con el inicio de las lluvias, entre mediados de mayo y finales de Junio, en las zonas templadas y cuando la región es de clima cálido, es preferible esperar a que las lluvias estén bien establecidas y sembrar a partir de finales de junio hasta mediados de agosto.

d. Preparación de la semilla

Para sembrar 1/4 de hectárea se requieren 750 gr de semilla de amaranto y 30 kg de estiércol o abono orgánico cernido, se revuelven hasta dejar una mezcla uniforme de la semilla. El estiércol puede ser de chivo, borrego o vaca y se recomienda que se

humedezca de 24 a 36 horas antes de utilizarla, esta práctica evita algunos problemas de emergencia de las plantas, lo que permitirá que nazcan más rápido. Se recomienda que el productor seleccione sus propias semillas.

e. Abonado Orgánico al momento de la siembra

Para una buena producción de amaranto, es muy importante la aplicación de abonos orgánicos al momento de preparar el terreno o en la siembra. Si la siembra es a chorrillo se debe aplicar de forma bandeada el estiércol, lombricomposta o composta, utilizando aproximadamente 200 gr por cada metro lineal (3 toneladas/ha), justo en el lugar donde irá la semilla. Si la siembra es mateada, la aplicación del abono se realiza aplicando 50g por mata. Tomar en cuenta que lo mejor es abonar el suelo incorporando materia orgánica continuamente. (Indesol, 2014)

f. Plagas y enfermedades

- **Plagas:**

Tabla. 3. Plagas del cultivo de amaranto

Familia	Especie	Nombre Común	Daño
Noctuidae	<i>Agrotis spp</i>	Gusanos cortadores o trozadores	Mastican el tallo, Consumen follaje y brotes tiernos.
Noctuidae	<i>Feltia spp</i>	Gusanos cortadores	Mastican el tallo, Consumen follaje y brotes tiernos.
Chrysomelidae	<i>Diabrotica spp</i>	Vaquita o tortuguitas	Mastican hojas y brotes tiernos.
Chrysomelidae	<i>Epitrix spp</i>	Pulguillas	Perforaciones finas de la hoja.
Aphidae	<i>Myzus spp</i>	Pulgones	Succionan la savia.
Miridae	<i>Lygus spp</i>	Chinches	Perforan y se alimentan de granos tiernos.

(Monteros, 1994). Citado por: (Jiménez, 2013).

- **Enfermedades causadas por hongos:**

Mal de semillero (*Pythium sp*, *Phytophthora sp*, y *Rhizoctonia sp*), que se presentan en los primeros 30 días del cultivo, en estado de planta adulta el problema principal es el ataque de *Sclerotinia sclerotiorum*, que afecta a todos los órganos de la planta, en especial a las hojas produciendo clorosis y muerte, a los tallos y panojas ocasionando pudriciones y posterior secamiento. Además hay la presencia de oídium, cuyo agente causal es *Erysiphe spp*, que produce manchas blanquecinas y deformaciones en las hojas. La presencia de *Curvularia spp* y *Alternaria spp* atacando a las hojas han sido reportadas sobre todo en ambiente de clima caliente. (Monteros, 1994). Citado por: (Jiménez, 2013).

g. Labores culturales

- **Deshierbas**

Se realiza por lo menos dos deshierbas durante el ciclo del cultivo, la primera a los 40 a 45 después de la siembra y la segunda alrededor de los 60-70 días después de la siembra. En climas fríos y templados, es recomendable hacer dos deshierbas seguidas, la primera en luna creciente y la segunda en luna menguante, con el propósito de acelerar su agotamiento.

- **Aporque**

El aporque se efectúa para fijar la planta al suelo, facilitar que se enraíce y evitar que se caiga fácilmente, ya que muchas veces por el peso excesivo de la panoja la planta tiene tendencia a acamarse, debiendo efectuarse cuando las plántulas alcancen los 40-50 cm, o a los 80-100 días después de la siembra. (Peralta, 2012).

- **Riegos**

El cultivo del amaranto requiere de riego, especialmente en los primeros 30 días a partir de la emergencia y posteriormente en la etapa de floración, formación de la panoja y

llenado del grano. No se recomienda el riego por aspersión porque se corre el riesgo de que proliferen enfermedades causadas por hongos. La cantidad mínima de agua requerida para producir amaranto, es de 400-600 mm/ ciclo/ha de cultivo (4000 a 6000 m³ de agua/ciclo/ha); se considera que el amaranto al igual que la quinua es capaz de soportar, severos y prolongados períodos de falta de humedad durante las diferentes etapas de su crecimiento y desarrollo. Los excesos de humedad pueden causar daños significativos en el cultivo y bajas sensibles en su productividad.

- **Cosecha**

La cosecha se realiza de forma manual cuando la panoja presenta una coloración parda-amarillenta, aproximadamente de 5 a 7 meses después de la siembra dependiendo de la localidad. La cosecha se la divide en 5 fases: corte, formación de parvas, trilla, limpieza, venteo, secado y almacenamiento.

1) **Corte:** El corte o siega se lo puede realizar con una hoz o una tijera de podar. Se recomienda cortar las plantas cerca de la panoja para evitar daños en la trilladora por exceso de material leñoso. Todo proceso se efectúa por la mañana para evitar el desgrane. También se pueden utilizar cosechadoras combinadas, que cortan y trillan al mismo tiempo.

2) **Formación de parvas:** Después de cortar las plantas, se forman parvas colocando las panojas en un mismo sentido, de esta manera se reduce la humedad proveniente del campo. Es importante controlar posibles calentamientos sobre todo cuando se cosechan plantas con humedad.

3) **Trilla o azotado:** Esta labor permite la separación del grano de la panoja; para poder facilitar la caída del grano las plantas deben estar totalmente secas, este trabajo se puede realizar mecánicamente utilizando una trilladora preparada especialmente para este tipo de grano, o manualmente, para lo cual se extiende lonas en el suelo, luego se colocan las panojas en sentido opuesto uno sobre otros para proceder a golpearlas o azotarlas con palos o varas hasta que se desprenda el grano. Otro método empleado consiste en raspar y golpear las panojas sobre una superficie dura (piedra) o utilizando un sarán que actúe como cernidor.

4) Limpieza y venteo: Para retirar las impurezas pequeñas provenientes de la trilla se utiliza tamices, mallas, zarandas manuales o un arnero. También se pueden usar máquinas clasificadoras de semilla, y las corrientes de aire o el viento para dejar limpia al grano.

5) Secado y almacenamiento: El grano libre de impurezas debe secarse al sol extendido en costales o lonas durante un día hasta llegar a una humedad del 12% para evitar fermentaciones y amarillamiento que reduce su calidad y valor comercial. El almacenaje debe realizarse en lugares secos y ventilados, el grano debe ser colocado en costales de yute o tela, y se debe evitar el uso de plástico. (Quintana & Montoya, 2011).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

La asociación de cultivares de amaranto con leguminosas si influye en su rendimiento.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de amaranto (*Amaranthus quitensis*) en asociación con leguminosas.

3.2.2. Objetivos específicos

- Establecer la mejor asociación de leguminosas con el cultivo de amaranto para evaluar el rendimiento.
- Evaluar la mejor distancia de siembra de leguminosas con el cultivo de amaranto.
- Determinar la Relación Beneficio Costo del cultivo de amaranto

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del ensayo

El trabajo de investigación se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca, ubicada en el sector de El Tambo, parroquia la Matriz, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a una altitud de 2868 msnm; en las coordenadas geográficas 1° 21' 02" de latitud Sur y 78° 36' 21" de longitud Oeste (Sistema de Posicionamiento Global, GPS). Citado por (Sánchez, 2013).

4.2. Características del lugar

4.2.1. Clima

Según los datos registrados en la estación meteorológica de primer orden ubicada en "Querochaca" el clima de esta zona es templado, con una temperatura promedio anual 17,6°C; pluviosidad promedio anual 465 mm; humedad ambiental 75,1% y velocidad del viento 1,7 m/s. (Toapanta, 2016)

4.2.2. Suelo

Los suelos de la zona se caracterizan por la presencia de materiales amorfos y de cenizas volcánicas, las pendientes son variables que van desde relieve plano ondulado a fuertemente ondulado, los suelos son profundos (1,5 m) con textura franco arenosa, reacción neutra a ligeramente alcalina, capacidad de intercambio catiónico baja. El análisis de suelo del lote de la investigación cita las siguientes características: pH 7,5; nitrógeno 14,0 mg/L (B), fósforo 39,9 mg/L (A), potasio 0,41 meq/100 g (B), calcio 3,6 meq/100 g (B), magnesio 2,9 meq/100 g (M), materia orgánica 0,6 % (B).

4.2.3. Agua

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, con un pH de 7,78 (Sánchez, 2013).

4.3. Equipos y materiales

4.3.1. Material vegetativo

- Plantas de Amaranto (*Amaranthus quitensis*)
- Semilla de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)
- Semilla de haba (*Vicia faba L.*)

4.3.2. Materiales de campo

- Libreta de campo
- Letrero de identificación
- Azadón
- Pala
- Rastrillo
- Estacas
- Piola
- Fundas plásticas

4.3.3. Equipos

- Bomba de mochila de 20 litros
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Flexómetro

4.3.4. Insumos

- Fertilizantes
- Insecticidas
- Fungicidas

4.4. Factores en estudio

4.4.1. Leguminosas (Asociación)

- (A₁): *A. quitensis* + Chocho
- (A₂): *A. quitensis* + Haba

4.4.2. Distancia de siembra en hileras.

- (D1): 0,40 cm
- (D2): 0,60 cm
- (D3): 0,80 cm

4.5. Tratamientos

Tabla. 4. Tratamientos

N°	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN (m)
1	A ₁ D ₁	<i>A. quitensis</i> + Chocho + 0,40
2	A ₁ D ₂	<i>A. quitensis</i> + Chocho + 0,60
3	A ₁ D ₃	<i>A. quitensis</i> + Chocho + 0,80
4	A ₂ D ₁	<i>A. quitensis</i> + Haba + 0,40
5	A ₂ D ₂	<i>A. quitensis</i> + Haba + 0,60
6	A ₂ D ₃	<i>A. quitensis</i> + Haba + 0,80
7	Testigo	<i>A. quitensis</i>

4.6. Diseño experimental

Se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial $2 \times 3 + 1$ con 4 repeticiones

4.7 Manejo del experimento

4.7.1. Toma de muestra del suelo para análisis

Se tomaron varias muestras de suelo cubriendo en zigzag la totalidad de lote, para ser enviado al laboratorio de Suelos y Aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), para su respectivo análisis.

4.7.2 Preparación del terreno

Se preparó el terreno con rastra antes del trasplante de las plántulas de amaranto, nivelación del área.

4.7.3 Trazado de parcelas

Se trazaron los bloques y las parcelas utilizando flexómetro, piolas y estacas, delimitando de acuerdo al diseño experimental planteado.

4.7.4 Rotulación

Se ubicaron rótulos en cada tratamiento, para facilitar la identificación de los mismos al momento de tomar los datos.

4.7.5 Siembra

Se utilizaron plántulas de la variedad. Para tal efecto, se diseñaron de acuerdo a las distancias de siembra entre líneas y entre hileras y después de 30 días se efectuó la siembra de las leguminosas.

4.7.6 Deshierbas

Se realizaron dos deshierbas durante el cultivo, la primera a los 45 después del trasplante y la segunda a los 70 días después del trasplante.

4.7.7 Fertilización

El suelo se fertilizó con Magnesio y monopotásico (1 kg en toda el área del ensayo). Esto se realizó a los 45 días desde el día del trasplante del cultivo de amaranto.

4.7.8 Controles fitosanitarios

Se efectuó un control fitosanitario durante el desarrollo del ensayo, aplicando Cipermetrina (Cipermetrina) 10 EC, a los 120 días de transcurrido el ensayo, en dosis de 1 cc/l, para el control de trozadores (*Agrotys* sp), rociando el total del follaje de las plantas con bomba de mochila de 20 litros.

Se utilizó el producto químico (score) 2,5cc para una bomba de 20 litros para el control de la mancha chocolate del cultivo de habas.

4.7.9 Aporque

El aporque se efectuó con la finalidad de evitar que se caiga fácilmente, ya que las plantas tienen tendencia a acamarse, se efectuó cuando las plántulas tuvieron de 40 a 50 cm.

4.7.10 Riegos

Se realizaron riegos por goteo hasta cuando las plántulas prendieron completamente en el terreno y durante todo el cultivo de acuerdo a las condiciones climáticas que imperaron en la zona, con un total de 14 riegos durante el tiempo que duró el experimento.

4.7.10. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, a los 8 meses después del trasplante. Se cortó con una tijera de podar cerca de la panoja. La trilla que permite la separación del grano de la panoja se realizó manualmente, para lo cual se extendió lonas en el suelo, luego se colocan las panojas en sentido opuesto uno sobre otros para proceder a golpearlas con un palo hasta que se desprenda el grano.

4.8 Variables respuesta

4.8.1 Altura de planta

Se registró la altura de nueve plantas de cada parcela neta, se midió la altura de planta utilizando una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la planta. Las lecturas se realizaron a los 60, 90 y 180 días.

4.8.2 Diámetro del tallo

Se midió el diámetro de tallo de nueve plantas de la parcela neta utilizando un calibrador Vernier, se midió a 5 cm del nivel del suelo. Las lecturas se realizaron a los 60, 90 y 180 días.

4.8.3 Número de panojas por planta

Se contó el número de panojas de nueve plantas de cada parcela neta. Las lecturas se realizaron a los 90 y 180 días.

4.8.4 Rendimiento

Se evaluó el rendimiento, pesando la semilla del total de plantas cosechadas por parcela. La parcela mide 5,13 m². Los datos se expresaron en kilogramos por parcela.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Altura de planta

Mediante el análisis de varianza se examinaron los datos correspondientes a la variable altura de planta (Tabla 5), en este se puede observar que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos y distancias de siembra a los 60 y 90 días, mientras que para asociación no existe diferencia estadística.

Aplicada la prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable altura de planta, (Tabla 6) se pudo determinar que los tratamientos A2D2 (A. quitensis + Haba + 0,60 m), A1D3 (A. quitensis + Chocho + 0,80 m) y A1D2 (A. quitensis + Chocho + 0,60 m) tuvieron los mejores resultados ya que alcanzaron las mayores alturas hasta los 90 días con valores de 60,78 cm; 62,08 cm y 61,35 cm respectivamente. El tratamiento A2D1 (A. quitensis + Haba + 0,40 m) presenta mayor altura de planta a los 180 días con un valor de 126,8 cm.

Los análisis estadísticos y las observaciones de campo permiten inferir que la utilización de distancias de siembra de 0,60 m y 0,80 m influyó sobre la altura de planta a los 60, 90 y 180 días debido probablemente a que éstas permitieron al cultivo tener las mejores condiciones de fertilidad, aireación y actividad fotosintética. Estas observaciones coinciden con Jolliffe y Gaye (1995) quienes afirman que un rápido crecimiento y una mayor expansión de hojas y raíces se presenta cuando no hay otras plantas competidoras en la cercanía. La mayor extensión de las hojas permitirá a la planta poseer una mayor área de interceptación de luz y una mayor producción fotosintética por planta.

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 60, 90 y 180 días

Fuente de variación	Grados de libertad	A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	3	7,862	1,06 ns	13,690	0,80 ns	44,354	2,40 ns
Tratamientos	6	101,180	13,61 **	127,865	7,50 **	61,611	3,33 *
Asociación (A)	1	0,224	0,02 ns	4,067	0,20 ns	2,083	0,10 ns
Distancia (D)	2	245,131	29,02 **	312,61	15,76 **	50,418	2,62 ns
A x D	2	15,283	1,80 ns	28,126	1,41 ns	67,98	3,54 ns
T vs Resto	1	86,029	3,29 ns	81,649	2,05 ns	130,78	4,82 ns
Error	18	7,432		17,045		18,517	
Total	27						
Coeficiente de Variación =		7,42 %		7,36 %		3,57 %	

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo

Tabla 6. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable altura de planta

Tratamientos	Símbolo	A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
		Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
5	A2D2	42,04	A	60,78	AB	122,2	AB
3	A1D3	41,80	A	62,08	A	122,3	B
2	A1D2	40,31	A	61,35	AB	119,5	AB
6	A2D3	38,44	AB	57,39	ABC	116,3	B
7	T	32,46	BC	51,93	BC	115,3	B
4	A2D1	31,63	C	51,03	C	126,8	A
1	A1D1	30,58	C	48,24	C	121,7	AB

Con la prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra se compararon los datos de altura de planta, (Tabla 7) encontrándose que la distancia D2 (0,60 m) con valores de 41,17 y 61,06 y D3 (0,80 m) con valores de 40,12 y 59,74 obtuvieron mayor altura de planta a los 60 y 90 días, y la distancia D1 (0,40 m) tuvo una menor altura de planta con un promedio de 31,10 y 49,63 a los 60 y 90 días respectivamente.

Tabla 7. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable altura de planta

Distancias	A los 60 días		A los 90 días	
	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
D2	41,17	A	61,06	A
D3	40,12	A	59,74	A
D1	31,10	B	49,63	B

5.2. Diámetro de tallo

Realizado el Análisis de Varianza para la variable diámetro de tallo a los 60, 90 y 180 días se pudo determinar que existen diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación estudiadas como son tratamientos, asociaciones, distancias de siembra y la interacción asociación por distancia, (tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 60, 90 y 180 días

Fuente de variación	Grados de libertad	A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	3	0,005	2,41 ns	0,009	2,29 ns	0,006	1,10 ns
Tratamientos	6	0,037	19,07 **	0,086	21,09 **	0,230	42,33 **
Asociación (A)	1	0,035	22,49 **	0,026	7,10 *	0,008	1,46 ns
Distancia (D)	2	0,047	30,82 **	0,157	42,98 **	0,156	27,03 **
A x D	2	0,044	28,53 **	0,051	13,85 **	0,039	6,78 **
T vs Resto	1	0,003	0,27 ns	0,073	3,46 ns	0,980	49,46 **
Error	18	0,002		0,004		0,005	
Total	27						
Coeficiente de Variación =		6,53 %		4,84 %		4,44 %	

** = altamente significativo

* = significativo

ns = no significativo

Mediante la prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable diámetro de tallo (Tabla 9) se determinó que el tratamiento A1D2 (A. quitensis + Chocho + 0,60 m) obtuvo un mayor diámetro de tallo a los 60 días con un promedio de 0,82 cm, a los 90 y 180 días el tratamiento A2D2 (A. quitensis + Haba + 0,60 m) presenta los más altos valores de 1,52 y 1,92 cm respectivamente.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable diámetro de tallo

Tratamientos	Símbolo	A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
		Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
2	A1D2	0,82	A	1,27	BC	1,73	BC
3	A1D3	0,74	AB	1,46	A	1,81	AB
7	T	0,69	BC	1,19	C	1,20	E
5	A2D2	0,66	BCD	1,52	A	1,92	A
4	A2D1	0,63	CDE	1,17	C	1,54	D
6	A2D3	0,58	DE	1,41	AB	1,79	AB
1	A1D1	0,54	E	1,17	C	1,60	CD

La prueba de Diferencia mínima Significativa para asociación del cultivo en la variable diámetro de tallo presenta en primer lugar a A1 (A. quitensis + chocho) con promedios de 0,70 cm a los 60 días y 1,31 cm a los 90 días, y la asociación A2 (A. quitensis + haba) presentó menores promedios ubicándose en segundo lugar de la prueba.

Tabla 10. Prueba de Diferencia Mínima Significativa para asociación en la variable diámetro de tallo

Asociación	A los 60 días		A los 90 días	
	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
A1	0,70	A	1,31	B
A2	0,63	B	1,37	A

Realizada la prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable diámetro de tallo (Tabla 11) se identificó que la distancia D2 (0,60 m) alcanzó el primer lugar en la prueba con valores promedio que van de 0,74 cm a 1,82 cm, en tanto que la distancia D1 (0,40 m) con promedios que van de 0,59 a 1,57 cm se ubicó en último lugar.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable diámetro del tallo

Distancias	A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
D2	0,74	A	1,39	A	1,82	A
D3	0,66	B	1,44	A	1,80	A
D1	0,59	C	1,17	B	1,57	B

Los resultados obtenidos en el campo y los análisis efectuados permiten deducir que la aplicación de distancias de siembra de 0,60 m y 0,80 m son las ideales para este cultivo debido probablemente a que con esta distancia no tienen competencia por nutrientes, luz, humedad. Estos resultados coinciden con Gardner et al. (1985), Cebula (1995) y Jolliffe y Gaye (1995), quienes indican que el incremento en la densidad de población ocasiona una disminución en tamaño, vigor y peso de la planta. Además, para la variable diámetro de tallo, se reporta el diámetro en 17 cultivares y esta variable resultó inversamente proporcional a la densidad de población; esto nos indica que la densidad tiene efectos sobre el diámetro del tallo, que al haber menor penetración de luz provoca una elongación del tallo (Van de Vooren et al., 1986).

5.3. Número de panojas

Tabla. 12. Análisis de varianza para la variable número de panojas a los 90 y 180 días

Fuente de variación	Grados de libertad	A los 90 días		A los 180	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	3	0,003	0,58 ns	0,021	0,63 ns
Tratamiento	6	0,031	6,59 **	0,308	9,43 **
Asociación (A)	1	0,000	0,00 ns	0,052	1,36 ns
Distancia (D)	2	0,006	1,38 ns	0,383	9,96 **
A x D	2	0,006	1,38 ns	0,016	0,41 ns
T vs Resto	1	0,162	35,99 **	0,997	17,28 **
Error	18	0,005		0,03	
Total	27				

Coefficiente de Variación =

7,29 %

7,03 %

** = altamente significativo

ns = no significativo

Mediante el análisis de varianza se examinaron los datos correspondientes a la variable altura número de panojas a los 90 y 180 días (Tabla 12), en este se puede observar que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos y distancias de siembra a los 180 días, mientras que para asociación no existe diferencia estadística.

Realizada la prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable número de panojas (Tabla 13) se identificó que los tratamientos comprendidos entre A1D1 y A2D3 se ubicaron en primer rango con valores que van de 1,0 a 0,94 panojas a los 90 días; mientras que a los 180 días los tratamientos A1D3, A2D2 y A2D3 se ubicaron en primer rango con valores de 2,80; 2,75 y 2,83 panojas respectivamente.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable número de panojas

Tratamientos		A los 90 días		A los 180 días	
Símbolo		Promedio	Rango	Promedio	Rango
1	A1D1	1,00	A	2,30	BC
3	A1D3	1,00	A	2,80	A
4	A2D1	1,00	A	2,50	ABC
5	A2D2	0,97	A	2,75	A
6	A2D3	0,94	A	2,83	A
2	A1D2	0,91	AB	2,69	AB
7	T	0,75	B	2,11	C

Aplicada la prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable número de panojas a los 180 días (Tabla 14) se determinó que las distancias D3 (0,80) y D2 (0,60) con promedios de 2,82 y 2,72 tuvieron un mayor número de panojas, mientras que la distancia D1 (0,40) es la que presentó un menor número con un valor promedio de 2,40.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable número de panojas a los 180 días

Distancias	Media	Rango
D3	2,82	A
D2	2,72	A
D1	2,40	B

La aplicación de distancias de siembra de 0,80 m y 0,60 m tuvo influencia directa sobre el número de panojas evidenciándose que mientras mayor es la distancia entre plantas el número de panojas aumenta probablemente esto se deba a la disponibilidad de nutrientes, luz y espacio existente entre las plantas que permite un mayor desarrollo del cultivo. Castilla (2001), manifiesta que la densidad de siembra será, junto con otras técnicas de cultivo, determinante de la interceptación de radiación solar por el cultivo, a fin de convertir la energía solar en biomasa. Carrillo (2001), señala que para la “producción vegetativa”, la curva de respuesta sigue el patrón para la producción total, es decir a mayor población menor desarrollo vegetativo; mientras que para la “producción reproductiva”, la curva de respuesta alcanza un valor máximo y luego disminuye con el subsiguiente aumento de la población, es decir, hay un punto de inversión.

5.4. Rendimiento

Efectuado el Análisis de Varianza para la variable rendimiento (Tabla 15), se pudo determinar que existen diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación, tratamientos, asociación, distancias de siembra y para la interacción asociación por distancias, el coeficiente de variación fue de 5,07 %.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	3	0,003	0,001	2,51 ns
Tratamiento	6	0,48	0,081	243,57 **
Asociación (A)	1	0,269	0,269	781,20 **
Distancia (D)	2	0,142	0,071	206,00 **
A x D	2	0,026	0,013	37,77 **
T vs Resto	1	0,047	0,047	2,75 ns
Error	18	0,01	0,00034	
Total	27	0,49		

Coeficiente de variación = 5,07 %

ns = no significativo

** = altamente significativo

Mediante la prueba de Tukey al 5 % para tratamientos se analizaron los datos de la variable rendimiento (Tabla 16) diferenciándose en el primer lugar el tratamiento A1D2 (A. quitensis + Chocho + 0,60 m) con un valor promedio de 0,571 kg; en tanto que el tratamiento A2D3 (A. quitensis + haba + 0,80 m) presentó el menor rendimiento con un promedio de 0,179 kg.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento

Tratamientos	Media (kg)	Rango
2 A1D2	0,571	A
3 A1D3	0,484	B
5 A2D2	0,412	C
1 A1D1	0,411	C
7 T	0,265	D
4 A2D1	0,239	D
6 A2D3	0,179	E

La prueba de Diferencia mínima Significativa para asociación del cultivo en la variable rendimiento presenta en primer lugar a A1 (A. quitensis + chocho) con un promedio de 0,488 kg, y la asociación A2 (A. quitensis + haba) presentó menores promedios ubicándose en segundo lugar de la prueba con un valor de 0,277 kg.

Tabla 17. Prueba de Diferencia Mínima Significativa para asociación en la variable rendimiento

Asociación	Promedio (kg)	Rango
A1	0,488	A
A2	0,277	B

Realizada la prueba de Tukey al 5 % para distancias de siembra en la variable rendimiento (Tabla 18) se identificó que la distancia D2 (0,60 m) alcanzó el primer lugar con un valor promedio de 0,491 kg, en tanto que la distancia D1 (0,40 m) con un promedio de 0,324 kg se ubicó en último lugar de la prueba.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 5 % para distancia de siembra en la variable rendimiento

Distancias	Media (kg)	Rango
D2	0,491	A
D3	0,331	B
D1	0,324	B

Los análisis estadísticos realizados demuestran que la asociación de cultivo de Amaranato con chocho junto con la distancia de siembra de 0,60 m influye sobre la variable rendimiento debido probablemente al equilibrio alcanzado entre la densidad de siembra y factores como la presencia de nutrientes, humedad y temperatura. Van de Vooren et al. (1986) explican que, a partir de un determinado nivel de densidad de siembra, la producción por planta disminuye y la producción por unidad de superficie crece; un nuevo incremento de densidad permite alcanzar la cosecha máxima, mientras que excesivas densidades hacen bajar la cosecha. Además Willey y Heath (1969), señalan que a medida que aumenta la población disminuye la producción media por planta, debido a un incremento de la competencia por los recursos necesarios para el crecimiento.

5.5 Análisis económico

Los costos totales del experimento que corresponden a mano de obra, equipos y materiales alcanzaron un total de gastos de 65,43 dólares. (Tabla 19).

En la tabla 20 se observan los costos de inversión del experimento desglosados por tratamientos, la variación en los costos se debió a las distancias de siembra, el testigo no presenta gastos de tratamiento.

En la tabla 22 se presenta la relación beneficio costo, la que contiene la actualización de valores por concepto de gastos por tratamiento que se efectuó con una tasa de interés de 24 % anual y una duración de siete meses hasta la culminación del ensayo. Los ingresos se establecieron de acuerdo al precio por kilo de semilla de amaranto que fue de 12 dólares. La relación beneficio costo que considera el ingreso y el costo actual determinó que el tratamiento A1D2 (A. quitensis + chocho + 0,60 m) sea el de mayor índice de relación beneficio - costo equivalente a 2,46. Esto significa que la inversión generó aparte de los intereses de capital un 146 % de ganancias. El tratamiento que

presentó menor relación beneficio costo fue A2D3 (A. quitensis + haba + 0,80 m) con un valor de 0,84.

Tabla 19. Costos totales

Labores	Mano de obra			Materiales				Costo total \$	
	No.	Costo unit.	Sub total \$	Nombre	Unid.	Can t.	Costo unit.	Sub total \$	
		\$					\$		
Preparación del suelo	1	10	10	Azadón	día	1	0,25	0,25	10,25
				Rastrillo	día	1	0,25	0,25	0,25
Trazado de parcelas	0,5	5	2,5	Flexómetro	día	1	0,25	0,25	2,75
				Piolas	m	100	0,01	1	1,00
				Estacas	unid	24	0,02	0,48	0,48
Siembra	0,5	5	2,5	Azadilla	día	1	0,25	0,25	2,75
				Plantula		300	0,03	9,00	9,00
Trasplante	0,5	5	2,5	Espeque	día	1	0,2	0,2	2,70
Deshierba	0,5	5	2,5	Azadón	día	1	0,25	0,25	2,75
Fertilización de fondo	0,5	1	0,5	fosfato de magnesio tecnico	kg	1	2,00	2,00	2,00
				chochos	Lib	2	1,5	3,0	3,00
				habas	Lib	2	1,5	3,0	3,00
				monopotasic	kg	1	2,00	2,00	2,00
				o					
Controles fitosanitar.	0,5	1,5	0,75	Cipermetrina	cc	10	0,13	1,3	2,05
Aporque	0,5	5	2,5	Azadón	día	1	0,25	0,25	2,75
Riego	0,5	1	0,5	Cintas de goteo	día	90	0,01	0,9	1,40
				Tamiz	día	2	0,1	0,2	17,0
Cosecha y trilla	1,5	10	15,0	Hoz	día	2	0,15	0,3	0,30
Total									65,43

Tabla 20. Costos de inversión por tratamiento

Tratamientos		Costos generales	Costos Tratamientos	Total
Número	Simbología			
1	A1D1	7,205	3,33	10,535
2	A1D2	7,205	2,49	9,695
3	A1D3	7,205	1,66	8,865
4	A2D1	7,205	3,33	10,535
5	A2D2	7,205	2,49	9,695
6	A2D3	7,205	1,66	8,865
7	T	7,205	----	7,205

Tabla 21. Ingresos por tratamiento

Tratamiento		Peso kg	Valor kg (\$)	Beneficio
Número	Simbología			
1	A1D1	1,642	12	19,704
2	A1D2	2,283	12	27,396
3	A1D3	1,935	12	23,220
4	A2D1	0,956	12	11,472
5	A2D2	1,647	12	19,764
6	A2D3	0,716	12	8,592
7	T	1,060	12	12,720

Tabla 22. Relación beneficio costo

Tratamiento		Costo total	Factor actual	Costo actual	Beneficio	Relación B/C
No.	Símbolo					
1	A1D1	10,535	1,15	12,12	19,704	1,63
2	A1D2	9,695	1,15	11,15	27,396	2,46
3	A1D3	8,865	1,15	10,19	23,220	2,28
4	A2D1	10,535	1,15	12,12	11,472	0,95
5	A2D2	9,695	1,15	11,15	19,764	1,77
6	A2D3	8,865	1,15	10,19	8,592	0,84
7	T	7,205	1,15	8,29	12,720	1,53

$$FA = (1 + i)^n$$

$$FA = (1 + 0,020)^7$$

FA = 1,15

FA = Factor de actualización

i = interés

n = número de meses

CAPITULO VI

CONCLUSIONES BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

6.1 Conclusiones

Analizadas las variables estudiadas se concluye que la mejor asociación de las estudiadas para el cultivo de amaranto fue *Amaranthus quitensis* más chocho ya que con esta asociación se obtuvieron los mejores resultados en las variables diámetro del tallo, con valores de 0,70 m a los 60 días y 1,31 cm de diámetro a los 90 días y para el rendimiento con un promedio de 0,205 kg esto se debió probablemente a que las plantas tuvieron mejores condiciones de temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes necesarios para su desarrollo producto de ésta asociación.

De las observaciones de campo y los análisis estadísticos realizados permiten concluir que la mejor distancia de siembra para el cultivo de amaranto asociado con leguminosas fue de 0,60 m ya que se pueden apreciar mejores resultados para altura de planta con 41,17 cm a los 60 días y 61,06 cm a los 90 días, de igual manera para la variable diámetro de tallo la aplicación de distancia de siembra de 0,60 m es la ideal en este cultivo debido probablemente a que con esta distancia no se presenta competencia entre plantas del mismos cultivo ni con los cultivos asociados por nutrientes, luz, ni humedad. También se pudo determinar que la aplicación de las distancias de siembra D3 (0,80 m) y D2 (0,60 m) tuvieron influencia directa sobre el número de panojas observándose que a mayor distancia entre plantas mayor es el número de panojas con promedios de 2,82 y 2,72 respectivamente. Mediante las pruebas estadísticas se determinó que el tratamiento A1D2 (*A. quitensis* + Chocho + 0,60 m) con un valor promedio de 0,571 kg tuvo el mejor rendimiento en el

experimento realizado, lo que se debió probablemente al equilibrio entre la cantidad de plantas por parcela y factores como la presencia de nutrientes, temperatura y humedad.

Realizado el análisis económico mediante la relación beneficio costo se concluye que el tratamiento A1D2 (A. *quitensis* + chocho + 0,60 m) es el de mejores perspectivas para ser utilizado en este cultivo ya que tiene el mayor índice de relación beneficio - costo equivalente a \$ 2,46.

6.2. Bibliografía

- Becerra, R. (2000). El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. CONABIO, 2.
- Cadena, J. (2013). Diseño del proceso extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla amaranto, quinua, chocho y avena. Quito.
- Caicedo, C., & Peralta, E. (2001). El cultivo de chocho *Lupinus mutabilis* Sweet: fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador. *Estación Experimental Santa Catalina (INIAP)*, 13.
- Carrillo, R.; Jimenez, B. (2001). Evaluación del potencial productivo de tomate F1-6x14 en condiciones de fertirriego en invernadero. In: Memoria del XII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Ed. SEP-SEIT-DGETA. Conkal, Yucatán, México. sp.
- Castilla, P. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. In: Nuez, F. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 189-225.
- Cebula, S. 1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Hort.* 412, 321-329.
- Dspace. 2017. Fijación de nitrógeno. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2856/1/T-UCE-0004-92.pdf>
- Escandón, N. (2012). "Rotación y asociación de cultivos en la provincia del azuay y rescate de la soberanía alimentaria". Cuenca.
- Gardner, F.; Pearce R. y Mitchell, R. 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Guamán, S. (2012). "Evaluación del potencial de rendimiento de una variedad y dos líneas de amaranto (*Amaranthus spp.*), en dos sistemas de siembra, manual y mecánico en el canton el tambo provincia del cañar". Riobamba- Ecuador
- Guanche, A. (2012). Los abonos verdes. *Agro Cabildo*, 3-4.

- Heredia, H. (2015). Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) Variedad Iniap alegría en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. El Ángel- Carchí.
- Horton, D. (2014). Investigación colaborativa de granos andinos en Ecuador. *INIAP*, 22.
- Indesol. (2014). Manual para la producción de Amaranto cultivo, cosecha y pos cosecha. *PROGRAMA ECO- AMARANTO*, 8-9.
- Jacobsen, S. & Sherwood, S. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Quito-Ecuador: Abya Yala.
- Jiménez Saavedra, S. F. (2013). Respuesta del amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) a la fertilización foliar complementaria con tres bioestimulantes. san José de minas, pichincha. Quito-Ecuador.
- Jolliffe, P. y Gaye, M. 1995. Dynamic of growth and yield components of bell peppers (*Capsicum annum* L) to row covers and population density. *Scientia Hort.* 62, 153-164.
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1999). *Manual de agricultura ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Habana.
- Manual, A. (2002). *Manual Agropecuario, tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente*. Bogotá- Colombia: LIMERIA.
- Martínez, B., & Rodríguez, S. (2010). "Evaluar la aplicación de cuatro fuentes de materia orgánica en el cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) en dos localidades de la provincia de Cotopaxi". Latacunaga-Ecuador.
- (O.N.U), O. (1990). Cultivos andinos; subexplotación y su aporte a la alimentación. America Latina y El Caribe.
- Peralta, E. (2012). EL AMARANTO EN ECUADOR "Estado de arte". *INIAP*, 14.
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Rivera, M., Rodríguez, D., Lomas, L., & Monar, C. (2014). *iniap.gob.ec*. Obtenido de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2015/02/MANUAL-AGRICOLA-GRANOS-ANDINOS-2012.pdf>
- Pérez, E. (2014). "Caracterización y evaluación de la asociación y rotación de policultivos de maíz y hortalizas en la parroquia San Joaquín de la provincia del Azual". Cuenca-Ecuador.

- Quintana, G. & Montoya, S. (2011). Evaluación de cuatro niveles de materia orgánica en el cultivo de *Amaranthus caudatus* e industrialización del grano para la comunidad de San Clemente – Imbabura. Sangolquí - Quito.
- Sánchez, E. (2013). “Evaluación de biofertilizante en el cultivo de orégano (*Origanum vulgare* L.) en la granja experimental Querochaca”. Ambato-Ecuador.
- Toapanta, I. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Cevallos-Ecuador. UNOCAN. (s.f.). Producción orgánica de cultivo andinos.
- Valdivieso, & Suquilanda, M. B. (s.f.). Producción ecológica de amaranto (*Amaranthus caudatus*). . *Calamèo*, 12.
- Villacrés, M. (2016). *Evaluación de azolla (Azolla filiculoides) como sustrato en la propagación sexual de dos variedades de amaranto: amaranto blanco (Amaranthus hypocondriacus L.) y sangoracha (Amaranthus quitensis L.)*. Cevallos-Ecuador.
- Van De Vooren, J.; Welles, W.; Hayman, G. (1986). Glasshouse crop production. In: The tomato crop. Chapman and Hall. London, England. pp. 581-623. *Agronomía mesoamericana* 88
- Zaldumbide, P. (2014). *Plan de producción y exportación de la planta de amaranto al mercado alemán*. Quito: Universidad Internacional SEK.

6.3 Anexos

Anexo 1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Rosa Loma
Remitente: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO/FCA
Ubicación: Nombre de la granja

Parroquia: Ambato
Cantón: Cantón
Provincia: Tungurahua

Fecha de ingreso: 18/04/2016
Fecha de salida: 25/04/2016

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Ident. Suelo	pH	% M.O	Comd. Eléct.	mg/L				Mieg/100g			ppm	
				NH4	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	
Suelo	7,5 LAlc	0,6 B	148,7 No salino	14,0 B	39,9 A	0,41 B	3,6 B	2,9 M	0,33 B	0,5 B	13,9 B	

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Elizabeth Pachacama
TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/4, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza

Anexo 2. Altura de plantas a los 60 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones
--------------	--------------

No.	Símbolo	I	II	III	IV	Total	Media
1	A1D1	26,33	30,89	32,78	32,33	122,33	30,58
2	A1D2	36,22	38,00	42,78	44,22	161,22	40,31
3	A1D3	39,33	41,00	41,44	45,44	167,21	41,80
4	A2D1	32,78	30,22	33,11	30,39	126,50	31,63
5	A2D2	46,00	40,56	43,89	37,72	168,17	42,04
6	A2D3	38,33	37,33	36,33	41,78	153,77	38,44
7	T	33,89	31,11	32,44	32,39	129,83	32,46

Anexo 3. Altura de plantas a los 90 días (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	50,22	48,33	43,61	50,78	192,94	48,24
2	A1D2	65,89	57,22	57,89	64,39	245,39	61,35
3	A1D3	63,89	58,11	66,11	60,22	248,33	62,08
4	A2D1	54,67	47,89	56,67	44,89	204,12	51,03
5	A2D2	68,44	55,89	63,44	55,33	243,10	60,78
6	A2D3	57,44	55,78	58,67	57,67	229,56	57,39
7	T	51,61	51,00	52,11	53,00	207,72	51,93

Anexo 4. Altura de plantas a los 180 días (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	123,56	126,56	124,11	112,56	486,79	121,70
2	A1D2	117,11	115,78	121,67	123,56	478,12	119,53
3	A1D3	128,67	117,22	125,00	118,44	489,33	122,33
4	A2D1	130,44	127,70	127,89	121,11	507,14	126,79
5	A2D2	124,84	122,44	125,44	116,11	488,83	122,21
6	A2D3	119,67	112,67	113,11	119,89	465,34	116,34
7	T	121,78	110,33	113,33	115,78	461,22	115,31

Anexo 5. Diámetro de tallo a los 60 días (cm)

Tratamientos		Repeticiones			
--------------	--	--------------	--	--	--

No.	Símbolo	I	II	III	IV	Total	Media
1	A1D1	0,58	0,54	0,51	0,54	2,17	0,54
2	A1D2	0,93	0,76	0,83	0,78	3,30	0,83
3	A1D3	0,77	0,69	0,80	0,72	2,98	0,75
4	A2D1	0,62	0,63	0,64	0,66	2,55	0,64
5	A2D2	0,69	0,62	0,65	0,69	2,65	0,66
6	A2D3	0,60	0,51	0,64	0,59	2,34	0,59
7	T	0,65	0,68	0,68	0,77	2,78	0,70

Anexo 6. Diámetro de tallo a los 90 días (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	1,26	1,23	1,12	1,10	4,71	1,18
2	A1D2	1,28	1,19	1,39	1,24	5,10	1,28
3	A1D3	1,46	1,52	1,41	1,46	5,85	1,46
4	A2D1	1,26	1,17	1,17	1,11	4,71	1,18
5	A2D2	1,61	1,57	1,50	1,41	6,09	1,52
6	A2D3	1,52	1,39	1,37	1,37	5,65	1,41
7	T	1,14	1,19	1,22	1,22	4,77	1,19

Anexo 7. Diámetro de tallo a los 180 días (cm)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	1,61	1,61	1,57	1,64	6,43	1,61
2	A1D2	1,80	1,63	1,67	1,82	6,92	1,73
3	A1D3	1,93	1,90	1,71	1,73	7,27	1,82
4	A2D1	1,56	1,62	1,56	1,44	6,18	1,55
5	A2D2	1,93	1,94	1,97	1,87	7,71	1,93
6	A2D3	1,89	1,76	1,69	1,84	7,18	1,80
7	T	1,17	1,19	1,23	1,22	4,81	1,20

Anexo 8. Número de panojas por planta a los 90 días

Tratamientos		Repeticiones			
--------------	--	--------------	--	--	--

No.	Símbolo	I	II	III	IV	Total	Media
1	A1D1	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
2	A1D2	0,87	1,00	1,00	0,80	3,67	0,92
3	A1D3	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
4	A2D1	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
5	A2D2	1,00	1,00	0,89	1,00	3,89	0,97
6	A2D3	1,00	1,00	0,78	1,00	3,78	0,95
7	T	0,64	0,78	0,80	0,80	3,02	0,76

Anexo 9. Número de panojas por planta a los 180 días

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	2,33	2,33	2,56	2,00	9,22	2,31
2	A1D2	2,78	2,67	2,67	2,67	10,79	2,70
3	A1D3	2,52	2,89	2,81	3,00	11,22	2,81
4	A2D1	2,67	2,67	2,33	2,33	10,00	2,50
5	A2D2	2,89	3,00	2,56	2,56	11,01	2,75
6	A2D3	2,89	2,67	2,78	3,00	11,34	2,84
7	T	2,11	2,22	2,00	2,11	8,44	2,11

Anexo 10. Rendimiento (kg/parcela)

Tratamientos		Repeticiones				Total	Media
No.	Símbolo	I	II	III	IV		
1	A1D1	0,397	0,383	0,456	0,406	1,642	0,411
2	A1D2	0,600	0,542	0,579	0,562	2,283	0,571
3	A1D3	0,498	0,488	0,473	0,476	1,935	0,484
4	A2D1	0,257	0,230	0,243	0,226	0,956	0,239
5	A2D2	0,413	0,372	0,428	0,434	1,647	0,412
6	A2D3	0,186	0,174	0,188	0,168	0,716	0,179
7	T	0,251	0,270	0,269	0,270	1,060	0,265

Anexo 11. Prueba de Tukey al 5 % para interacción asociación por distancia en la variable diámetro de tallo

Interacción		A los 60 días		A los 90 días		A los 180 días	
	Símbolo	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango	Promedio (cm)	Rango
2	A1D2	0,82	A	1,27	BC	1,73	BC
3	A1D3	0,74	AB	1,46	A	1,81	AB
5	A2D2	0,66	BC	1,52	A	1,92	A
4	A2D1	0,63	CD	1,17	C	1,54	D
6	A2D3	0,58	CD	1,41	AB	1,79	AB
1	A1D1	0,54	D	1,17	C	1,60	CD

Anexo 12. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción asociación por distancia en la variable rendimiento

Interacción		Media (kg)	Rango
2	A1D2	0,570	A
3	A1D3	0,483	B
5	A2D2	0,411	C
1	A1D1	0,410	C
4	A2D1	0,239	D
6	A2D3	0,179	E

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1 Datos informativos

Tema: Utilización de (*Amaranthus quitensis* + chocho) con distancia de siembra de 0,60 m. como una alternativa para incrementar la producción en el cultivo de Amaranto.

7.2 Antecedentes

La producción de Amaranto tiene gran potencial para ser cultivado en los valles de la sierra, en la actualidad se cuenta con algunas variedades mejoradas de alta producción, tecnología y transformación que permitir un desarrollo sobresaliente del cultivo en nuestro país. Se considera el cultivo como una alternativa de producción para muchas áreas agrícolas del Ecuador y una opción nutritiva importante para la población. El chocho, la quinua, el amaranto y la sangoracha, son granos de origen andino, considerados estratégicos para la soberanía alimentaria de los pueblos andinos.

7.3 Justificación

En nuestro país los granos andinos forman parte de los sistemas de producción, principalmente en la región Sierra, ya que son cultivada en asociación, intercalada, en monocultivos o en rotación con otros cultivos, es por esta razón se plantea la presente investigación con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos.

7.4 Objetivo

Establecer la rentabilidad del cultivo de amaranto en asociación con chocho con distancia de siembra de 0,60 m.

7.5 Metodología

7.5.1 Preparación del terreno y siembra

Se preparará el terreno con rastra antes de la siembra, en las parcelas que se formarán para el cultivo de Amaranto en asociación con chocho se realizará la siembra de semillas, cuando las plantas germinen se sembrará el chocho a una distancia de 0,60 m.

7.5.2 Deshierbas

Se realizarán dos deshierbas durante el cultivo, la primera a los 45 después de la siembra y la segunda a los 70 días después de la siembra. Con el objetivo de evitar que haya competencia de nutrientes. Para tal efecto se utilizará un azadón y un rastrillo.

7.5.3 Aporque

El aporque se efectuará con la finalidad de evitar que se acamen las plantas, se realizará cuando las plantas tengan de 40 a 50 cm.

7.5.4 Riegos

Se realizarán los riegos según las necesidades del cultivo, con la frecuencia de cada ocho días.

7.5.5 Cosecha

La cosecha se realizará de forma manual, a los 8 meses después de la siembra. Se cortará con una tijera de podar cerca de la panoja. La trilla que permite la separación del grano de la panoja se realizará manualmente.

7.6 Administración

Se efectuará con el auspicio de organizaciones que cuenten con los recursos necesarios así como personal idóneo para el cultivo de Amaranto.

7.7 Previsión de la evaluación

Los resultados de la siembra de amaranto en asociación con chocho y a una distancia de siembra de 0,60 m se difundirán a través de un día de campo, parcelas demostrativas y en los medios de comunicación.