



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

TEMA

“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
VARIEDAD ROJO DEL VALLE, EN MONOCULTIVO Y EN SISTEMAS
AGROFORESTALES EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA – CANTÓN
COTACACHI.”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Samir Rafael Cevallos Vallejos

DIRECTOR:

Ing. Carlos Arcos Unigarro M.Sc.

Ibarra – Ecuador

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ROJO DEL VALLE, EN MONOCULTIVO Y EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA – CANTÓN COTACACHI.”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Carlos Arcos Unigarro M.Sc.
Director de Trabajo de Grado



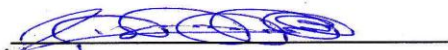
FIRMA

Ing. Hugo Vallejos M.Sc.
Tribunal de Grado



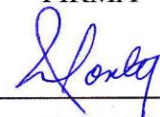
FIRMA

Ing. María Vizcaino
Tribunal de Grado



FIRMA

Dra. Silvia Montes
Tribunal de Grado



FIRMA

Ibarra – Ecuador

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100362164-4		
Apellidos y nombres:	Samir Rafael Cevallos Vallejos		
Dirección:	Intag – Peñaherrera		
Email:	srcevallos@utn.edu.ec		
Teléfono fijo:	062569-026	Teléfono móvil:	0989770333

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) VARIEDAD ROJO DEL VALLE, EN MONOCULTIVO Y EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA – CANTÓN COTACACHI.”
Autor:	Samir Rafael Cevallos Vallejos
Fecha:	2016
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Agropecuario
Director:	Ing. Carlos Arcos U. M.Sc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Samir Rafael Cevallos Vallejos, con cédula de ciudadanía Nro.100362164-4; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, julio del 2016.

AUTOR:



Samir Rafael Cevallos

C.I.: 100362164-4

ACEPTACIÓN:



Ing. Betty Chávez

JEFE DE BIBLIOTECA

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Samir Rafael Cevallos Vallejos, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 21 días del mes de julio de 2016



Ing. Carlos Arcos M.Sc.

Director de Trabajo de Grado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Samir Rafael Cevallos Vallejos, con cédula de identidad Nro 100362164-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ROJO DEL VALLE, EN MONOCULTIVO Y EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA – CANTÓN COTACACHI”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de julio de 2016

Samir Rafael Cevallos Vallejos

C.I.: 100362164-4

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 21 de julio 2016

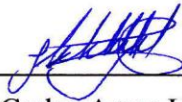
CEVALLOS VALLEJOS SAMIR RAFAEL “comportamiento agronómico del fréjol (*phaseolus vulgaris* L.) variedad rojo del valle, en monocultivo y en sistemas agroforestales en la parroquia Peñaherrera – cantón Cotacachi” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Ibarra 21 de julio 2016. 55 pp.

DIRECTOR: Ing. Carlos Arcos U. M.Sc.

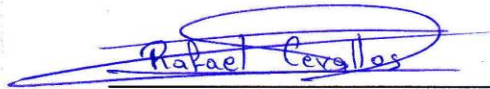
El principal objetivo de la presente investigación fue, Evaluar el comportamiento morfoagronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) en monocultivo y asociado con café (*Coffe arabica*), Plátano (*Musa paradisiaca*) y Leucaena (*Leucaena leucosephala*); y como objetivos específicos: Evaluar el efecto de los sistemas tradicional y agroforestal en el desarrollo y rendimiento del fréjol. Establecer las interacciones de los sistemas agroforestales entre fréjol - leucaena, café- fréjol y plátano – fréjol. Determinar la incidencia de plagas y enfermedades en los dos tipos de cultivos.

Fecha: 21 de julio de 2016.



Ing. Carlos Arcos U. M.Sc.

Director de Trabajo de grado



Samir Rafael Cevallos Vallos

Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mis padres Darío Cevallos y Gladys Vallejos, porque gracias a ellos sé que la responsabilidad es un compromiso, el esfuerzo de todos los días, y con su apoyo incondicional de día tras día. Por haberme dado una carrera para el futuro de mi vida.

A mis hermanos, que supieron brindarme una gran amistad y su apoyo necesario para cumplir esta meta.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron brindando un apoyo en este paso por la universidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz en mi vida y poner en mi camino a personas que me ayudan a ser cada día mejor.

Agradezco a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. Y por hacer realidad este sueño anhelado.

A mi director de trabajo de grado el Ing. Carlos Arcos Unigarro, por sus consejos y su tiempo, quien con su conocimiento, experiencia, paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A los miembros del Comité Asesor; doctora Silvia Montes Ingeniero Hugo Vallejos, Ingeniera María Vizcaino, por su valioso aporte en la realización del presente trabajo.

A mi tío el Sr. Eduardo Cevallos, quien ha facilitado su parcela agroforestal y poder desarrollar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Problema	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1. General	2
1.4.2. Específicos	2
1.5. Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Generalidades del cultivo de fréjol	4
2.1.1. Origen	4
2.1.2. Clasificación taxonómica	4
2.1.3. Morfología	4
2.1.4. Raíz	5
2.1.5. Tallo	5
2.1.6. Hojas	5
2.1.7. Flor	5
2.1.8. Fruto	6
2.2. Condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo	6
2.2.1. Clima	6
2.2.2. Suelo:	6
2.3. Características de importancia de la variedad INIAP 481 Rojo del valle	7
2.3.1. Morfológicas:	7

2.3.2. Agronómicas	7
2.4. Situación actual del fréjol en el Ecuador	7
2.5. Sistemas agroforestales	9
2.6. Objetivos de los sistemas agroforestales	9
2.7. Potencialidades de la agroforestería	10
2.7.1. Ventajas	10
2.7.2. Desventajas	10
2.8. Efectos de las interacciones leñosos - cultivos	11
2.9. Árboles en asociación con cultivos perennes	11
2.10. Árboles en asociación con cultivos anuales	12
CAPÍTULO III:	13
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Caracterización del área de estudio	13
3.2. Ubicación Política del sitio de estudio	13
3.3. Ubicación Geográfica	14
3.4. Caracterización Agroecológica	14
3.5. Descripción taxonómica del suelo a nivel de orden	15
3.6. Características del sistema agroforestal establecidos en el ensayo	15
3.7. Materiales, equipos, insumos y herramientas	16
3.7.1. Materiales de campo	16
3.7.2. Insumos	16
3.7.3. Materiales de oficina	16
3.8. Métodos	17
3.8.1. Factor en estudio	17
3.8.2. Tratamientos	17
3.8.3. Diseño Experimental	17
3.8.4. Características del experimento	17
3.8.5. Análisis Estadístico	18
3.8.6. Variables en estudio	18
3.8.7. Pruebas de “t” Student	20
3.8.8. Análisis de correlación	21
3.8.9. Manejo específico del experimento	22

CAPÍTULO IV:	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Variables agronómicas de fréjol	24
4.1.1. Altura de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.	24
4.1.2. Diámetro de copa de la planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.	26
4.1.3. Altura de planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.	28
4.1.4. Diámetro de copa de la planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.	29
4.1.5. Número de vainas por sitio a la cosecha en seco 110 días después de la siembra. ..	31
4.1.6. Número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra.....	33
4.1.7. Rendimiento en kilogramos por hectárea.	34
4.2. Prueba de “t” Student para analizar comportamiento de café en el (T2 vs T3).	36
4.2.1. Alturas de plantas de café en el T2 y T3.....	36
4.2.2. Diámetro de copa de café en el T2 y T3	37
4.2.3. Alturas a la copa de plantas de café en el T2 y T3	37
4.3. Análisis de correlación entre variables.	38
4.4. Incidencia de plagas.....	38
4.5. Incidencia de enfermedades.....	39
4.6. Vigor de las plantas de fréjol en monocultivo y sistemas agroforestales.	39
4.7. Intensidad de luz en los tratamientos.....	40
4.7.1. Efectos en las plantas y las comunidades vegetales.	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio en estudio	14
Figura 2. Altura de planta fréjol en los 90 días después de la siembra. Intag, 2016	25
Figura 3. Diámetro de copa de planta fréjol en los 90 días después de la siembra. Intag, 2016	27
Figura 4. Altura de planta fréjol en los 110 días después de la siembra. Intag, 2016	29
Figura 5. Diámetro de copa planta de fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016	31
Figura 6. Numero de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016 ..	32
Figura 7. Numero de granos por vaina a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016	34
Figura 8. Rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016	36
Figura 9. Intensidad de luz en los tratamientos. Intag, 2016.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie cultivada de fréjol arbustivo y voluble en el Ecuador.....	8
Tabla 2. Zonas productoras de fréjol arbustivo en el Ecuador.	9
Tabla 3. Tratamientos evaluados.	17
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza (ADEVA).....	18
Tabla 5. ADEVA altura de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016.....	24
Tabla 6. ADEVA diámetro de copa de planta de fréjol a Los 90 días después de la siembra. Intag, 2016.....	26
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos diámetro de copa de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016.....	27
Tabla 8. ADEVA altura de planta de fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	28
Tabla 9. ADEVA diámetro de copa de planta de fréjol a Los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	30
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos diámetro de copa de planta de fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	30
Tabla 11. ADEVA número de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	31
Tabla 12. ADEVA Número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	33
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en el número de granos por vaina a los 110 días después de siembra. Intag, 2016.....	34
Tabla 14. ADEVA rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016.....	35
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en el rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016.....	35
Tabla 16. Alturas de plantas de café en el T2 y T3. Intag, 2016.....	36
Tabla 17. Diámetro de copa de café. Intag, 2016.....	37
Tabla 18. Alturas a la copa de plantas de café. Intag, 2016.....	37
Tabla 19. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.....	38
Tabla 20. Promedios para vigor de plantas de fréjol. Intag, 2016.....	39
Tabla 21. Valores de intensidad de luz en cada tratamiento medida en luxes. Intag, 2016	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Datos recopilados para la variable altura de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.	48
ANEXO 2. Datos recopilados para la variable diámetro de copa en la planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.	48
ANEXO 3. Datos recopilados para la variable altura de las planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.	48
ANEXO 4. Datos recopilados para la variable diámetro de copa en la planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.	48
ANEXO 5. Datos recopilados para la variable número de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra.	49
ANEXO 6. Datos recopilados para la variable número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra.	49
ANEXO 7. Datos recopilados para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea a los 110 días después de la siembra.	49
ANEXO 8. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y café. Intag, 2016.	49
ANEXO 9. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y fréjol a los 90 días después de la siembra.	50
ANEXO 10. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y café. Intag, 2016.	50
ANEXO 11. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016.	50
ANEXO 12. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.	50
ANEXO 13. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016.	51
ANEXO 14. Análisis de correlación entre las variables de la especie café y fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016.	51
ANEXO 15. Incidencia de plaga. Intag, 2016.	51
ANEXO 16. Incidencia de enfermedades. Intag, 2016.	52
ANEXO 17. Limpieza del área.	53
ANEXO 18. Limpieza.	53
ANEXO 19. Siembra de fréjol.	53
ANEXO 20. Cultivo a los 30 días.	53
ANEXO 21. Visita de los asesores de trabajo de grado.	53
ANEXO 22. Visita del director de trabajo de grado.	53
ANEXO 23. Rótulos del ensayo.	53
ANEXO 24. Toma de datos.	53
ANEXO 25. Cosecha.	53
ANEXO 26. Almacenado.	53

ANEXO 27. Secado y trilla.....	53
ANEXO 28. Recolección.....	53

RESUMEN

Los pequeños agricultores realizan la agroforestería como forma de diversificar la producción pero no cuentan con estudios sobre rendimiento de fréjol en estos sistemas. Por lo cual no tienen una forma de implementar de mejor manera estas prácticas con una tecnificación. La presente investigación se realizó en la parroquia Peñaherrera cantón Cotacachi con el objetivo de evaluar el comportamiento morfoagronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Rojo del valle, en monocultivo y en sistemas agroforestales. Se utilizó un diseño de bloques completamente alzar, con tres repeticiones y tres tratamientos, los que estuvieron formados por (monocultivo, plátano café y fréjol, leucaena café y fréjol). Las características de la unidad experimental fueron: largo 24m, ancho 3m. Los objetivos específicos fueron 1) Evaluar el efecto de los sistemas tradicional y agroforestal en el desarrollo y rendimiento del fréjol. 2) Establecer las interacciones de los sistemas agroforestales entre fréjol - leucaena, café- fréjol y plátano – fréjol. 3) Determinar la incidencia de plagas y enfermedades en los dos tipos de cultivos. Se analizaron las variables, rendimiento en grano seco (Kg/ha), altura de planta fréjol, diámetro de la planta fréjol, altura de planta del sistema agroforestal, diámetro de copa del sistema agroforestal, altura a la copa del sistema agroforestal, incidencia de plagas y enfermedades, intensidad de luz. No existieron diferencias estadísticas significativas con referencia a altura de planta de fréjol, número de vainas por sitio. Con respecto al diámetro de copa de fréjol, número de granos por vaina y rendimiento, existieron diferencias significativas. Los mayores promedios alcanzados para estas variables fueron (0,47m), (5,07granos) y (2378,24 kg/ha) respectivamente. Con relación a plagas y enfermedades el porcentaje de incidencia fue muy bajo con una media de 2,50%. Estos resultados representan el primer reporte sobre el comportamiento de los sistemas agroforestales en la zona de estudio.

ABSTRACT

Small farmers do agroforestry as a way to diversify production but have no studies on performance of beans in these systems. So it does not have a way to best implement these practices with modernization. This research was conducted in the parish Peñaherrera Cotacachi in order to assess the morfoagronómico behavior of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Red variety of the valley, in monoculture and agroforestry systems. block design completely lift with three repetitions and three treatments were used, which were formed by (monoculture, banana and coffee beans, leucaena coffee and beans). The characteristics of the experimental unit were: length 24m, width 3m. The specific objectives were 1) to evaluate the effect of traditional agroforestry systems in the development and yield of beans. 2) Establish the interactions of agroforestry among bean - Leucaena, coffee beans and plantains - beans. 3) To determine the incidence of pests and diseases in the two types of crops. variables, performance dry grain (kg / ha), plant height beans, diameter of the bean plant, plant height of agroforestry, crown diameter of agroforestry system up to the top of agroforestry, incidence we analyzed pests and diseases, light intensity. There were no statistically significant differences concerning plant height of beans, number of pods per site. With respect to the diameter of cup of beans, number of grains per pod and performance, there were significant differences. The highest average achieved for these variables were (0, 47m), (5,07granos) and (2378,24 kg / ha) respectively. With regard to pest and disease incidence rate it was very low with an average of 2,50%. These results represent the first report on the behavior of agroforestry systems in the study area.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador, el fréjol común es considerado la leguminosa para consumo humano directo más importante, no solamente por la superficie cultivada, sino también por ser un cultivo que garantiza la “Seguridad y Soberanía Alimentaria” de miles de familias de pequeños productores y consumidores (INIAP citado por Cevallos, 2008).

La producción de fréjol es una de las principales actividades económicas realizadas en los valles de las provincias de Carchi, Imbabura y Loja. De la misma manera, es un cultivo de importancia en las estribaciones de cordillera de las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar, (Peralta, Ángel, Nelson, Carlos, José, & Marco, 2010)

Existen productores agropecuarios que debido a la necesidad planteada por la poca superficie útil de sus predios, han experimentado con pequeñas parcelas una gran empresa, de esta manera integran y diversifican distintos rubros de producción.

La zona de Intag ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, presenta gran diversidad de microclimas, situación que ha hecho posible el cultivo de amplia gama de productos agrícolas. Uno de estos cultivos es el fréjol común, el que constituye la principal fuente de ingresos económicos, para cerca del 95 % de los agricultores de esta zona. En este valle se siembran anualmente entre 1 500 a 2 000 ha de fréjol arbustivo en el ciclo Mayo – Septiembre (Vallejos, 2004).

1.2 Problema

Los pequeños agricultores de la zona de Intag-Peñaherrera realizan la agroforestería como una forma de diversificar la producción pero no cuentan con estudios sobre rendimiento de fréjol en estos sistemas. Por lo cual no tienen una forma de implementar de mejor manera estas prácticas con una tecnificación.

La información que generan estos sistemas agroforestales se pierde, no está siendo sistematizada ya que en estudios realizados se toman datos de plantaciones ya establecidas mas no de las que están en proceso de establecimiento.

1.3 Justificación

Para enfrentar esta problemática en la zona de Intag, se plantea la presente investigación que logrará generar información y permitirá brindar a los agricultores de la zona nuevas alternativas de producción aprovechando el suelo adecuadamente.

Al existir sistemas agroforestales ya establecidos y en proceso de establecimiento, y al no tener información comprobada sobre rendimientos de fréjol en este sistema, existe la necesidad de realizar esta investigación la cual facilitará a los agricultores datos reales, y además el estudio permitirá determinar la posibilidad de desarrollar un sistema de producción agroforestal.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Evaluar el comportamiento morfoagronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en monocultivo y asociado con café (*Coffe arabica*), Plátano (*Musa paradisiaca*) y (*Leucaena leucosephala*).

1.4.2 Específicos

- Evaluar el efecto de los sistemas tradicional y agroforestal en el desarrollo y rendimiento del fréjol.
- Establecer las interacciones de los sistemas agroforestales entre fréjol - leucaena, café- fréjol y plátano – fréjol.
- Determinar la incidencia de plagas y enfermedades en los dos tipos de cultivos.

1.5 Hipótesis

H₀: El comportamiento agronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistemas agroforestales es similar a la práctica convencional.

H_a: El comportamiento agronómico del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistemas agroforestales no es similar a la práctica convencional.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del cultivo de fréjol

2.1.1 Origen

Allard citado por Cevallos (2008), manifiesta que México ha sido catalogado como el más probable centro de origen, o al menos, como el centro de diversificación primaria. El cultivo de fréjol era conocido por lo menos unos 5 000 años antes de la era cristiana.

Sin embargo de acuerdo a Voysest citado por Cevallos (2008) en Perú los restos más antiguos encontrados, según la prueba de carbono 14, reflejan una antigüedad de $7\ 680 \pm 280$ a $10\ 000 \pm 300$ años a.C., donde se halló aproximadamente 30 especímenes de fréjol de grano rojo - marrón oscuro, rojo oscuro y moteados, de diversas formas.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Según Zimmermann citado por Matute (2013), la clasificación taxonómica del fréjol es:

REINO:	Plantae
DIVISION:	Magnoliofitas
CLASE:	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
ORDEN:	Fabales
FAMILIA:	Papilionaceae (Leguminosas)
GENERO:	<i>Phaseolus</i>
ESPECIE:	<i>vulgaris</i> LINNEO
NOMBRE CIENTIFICO:	<i>Phaseolus vulgaris</i> L

2.1.3 Morfología

La morfología estudia todos los caracteres de cada órgano, visibles a escala microscópica; el examen de cada uno órgano por separado, facilita la comprensión de la planta de fréjol en su totalidad. (Ríos y Quirós citado por Matute, 2013)

2.1.4 Raíz

En los primeros estados de crecimiento, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual luego se convierte en la raíz principal o primaria, a partir de esta aparecen las raíces secundarias y luego, de éstas las terciarias. La raíz de la planta de fréjol es fibrosa y presenta gran cantidad de nodulaciones, debido a la simbiosis bacteriana localizada en la corteza de las ramificaciones laterales (Ortubé y Aguilera citado por Matute, 2013).

2.1.5 Tallo

El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular. Puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, se origina del meristema apical del embrión de la semilla. Al inicio de la fase reproductiva de la planta el tallo termina en una inflorescencia (racimo) cuyas inserciones se desarrollan primero en flores y después en vainas (Ríos y Quirós citado por Matute, 2013)

2.1.6 Hojas

La planta de fréjol posee hojas simples y compuestas, insertadas en los nudos del tallo y ramas, las hojas simples sólo aparecen en el primer estado de crecimiento de la planta y se acomodan en el segundo nudo del tallo; las hojas compuestas son trifoliadas de diversos tamaños (Ortubé y Aguilera citado por Cevallos, 2008). Los folíolos de las hojas son acuminados y asimétricos, de forma alargada a triangular. Las hojas siempre están asociadas con estípulas presentes en los nudos, a nivel de las hojas primarias son bífidas. (Cevallos, 2008)

2.1.7 Flor

La flor es hermafrodita, zigomorfa, papilionácea, de colores variados; los órganos masculinos y femeninos se encuentran encerrados en una envoltura floral, ofreciendo pocas posibilidades para el cruzamiento entre variedades; la polinización ocurre uno o dos días antes de la apertura de las envolturas florales (Debouck *et al.*, citado por Cevallos, 2008).

La flor comprende dos estados de desarrollo: botón floral y flor abierta, el primero presenta una envoltura de bracteolas de forma ovalada o redonda, al abrirse la flor estas bractéolas cubren solo el cáliz. La flor presenta simetría bilateral, y su morfología favorece la autopolinización (Ortubé y Aguilera, citado por Cevallos, 2008).

2.1.8 Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen de un ovario comprimido. Las valvas se unen por dos suturas: una dorsal y otra ventral. Los óvulos, futuras semillas están adheridos alternadamente a la sutura ventral y por ende alternan en las dos valvas. (Debouck *et al.*, citado por Cevallos Vallejos, 2008)

2.2 Condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo

2.2.1 Clima

- **Altitud:** De acuerdo con Peralta *et al.* (2010), el fréjol se adapta bien a altitudes de 1 000 a 2 500 m.s.n.m. en la sierra ecuatoriana, mientras que en áreas de los valles y de estribaciones de las cordilleras lo hace a altitudes de 800 a 1 200 m.s.n.m.
- **Temperatura:** La temperatura ideal para el desarrollo de la planta de fréjol es en promedio 21 grados Celsius.
- **Precipitación:** De acuerdo con Peralta *et al.* (2010), la planta de fréjol en su ciclo de cultivo requiere de 300 a 700 mm de precipitación.

2.2.2 Suelo:

- **pH:** El fréjol se desarrolla mejor en suelos con pH de 6.5 a 7.5, rango en el cual la mayoría de nutrientes de la planta se encuentran en su máximo grado de disponibilidad.
- **Textura:** El cultivo de fréjol se produce bien en suelos francos o franco arenosos, debiendo evitar el desarrollo del cultivo en suelos salinos.

2.3 Características de importancia de la variedad INIAP 481 Rojo del valle

2.3.1 Morfológicas:

- Hábito de crecimiento: Indeterminado tipo II (con guía pequeña)
- Altura de planta (cm): 45 a 50
- Color de flor: Blanca
- Color de grano seco: Rojo moteado con crema
- Color de grano tierno: Blanco/rosado
- Tamaño del grano seco: Grande
- Forma del grano: Arriñonado
- Largo de la vaina (cm): 11 a 13

2.3.2 Agronómicas

- Días a floración (dds)*: 45 a 52
- Días a madurez fisiológica (dds): 85 a 95
- Días a cosecha en seco (dds): 100 a 110
- Número de vainas por planta: 10 a 12
- Número de granos por vaina: 4 a 5
- Peso de 100 granos secos (g): 40 a 45
- Peso hectolítrico (kg/hl): 70 a 75
- Resistente a enfermedades: roya (*Uromyces appendiculatus*) y pudriciones de raíz (*Fusarium oxysporum*).
- Resistente a plagas: lorito verde (*Empoasca kraemeri*) y trips

2.4 Situación actual del fréjol en el Ecuador

La superficie de fréjol en Ecuador comprende 121 mil hectáreas, es un cultivo que aporta entre el 40 y 70% del ingreso familiar para el agricultor. También es un producto no perecible que puede almacenarse para su consumo durante todo el año. Hasta hace poco, el país consumía únicamente del 20% de la producción, mientras que el 80% restante se

destinaba a la exportación hacia Colombia; actualmente el Gobierno ecuatoriano adquiere un 20% de la producción para sus programas de alimentación, lo que suma el 40% para el consumo nacional. La importancia de este producto también radica en que la comercialización se realiza a nivel de pequeños productores, lo que amplía el incentivo para el cultivo y mejora su calidad de vida. (Peralta, *et al.* 2010)

El consumo per capita se encuentra entre 2,2- 2,3 en kg/año (FAO, 2003).El cultivo de fréjol constituye actualmente el 0,84 % del total de la superficie arable, de las que se logran rendimientos en promedio del orden de las 0,24 TM/ha en lo que a grano seco se refiere, mientras que en verde los rendimientos alcanzan las 0,62 TM/ha (SICA-MAG-INEC citado por Cevallos Vallejos, 2008) En la tabla 1 se detalla la superficie cultivada en el Ecuador de fréjol de tipo arbustivo.

Tabla 1. Superficie cultivada de fréjol arbustivo y voluble en el Ecuador

Cultivos Transitorios		Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (TM)	Rendimiento/ha (TM)
Fréjol Seco	Solo y Asociado	56,881	54,172	12,966	0.24
Fréjol Tierno	Solo y Asociado	33,487	30,091	15,916	0.53

Fuente: SINAGAP (2012)

Las zonas productoras de fréjol arbustivo se localizan en la costa, en los valles, y las estribaciones de la cordillera. Las altitudes oscilan entre 1200 y 2500 m.s.n.m. en valles y entre los 1000 y 2200 m.s.n.m en las estribaciones. (Peralta *et al.* 2010)

Tabla 2. Zonas productoras de fréjol arbustivo en el Ecuador.

PROVINCIA	VALLES	ESTRIBACIONES DE CORDILLERA
Imbabura	El Chota, Mira y Salinas	Intag
Pichincha	Guayllabamba y Tumbaco	Noroccidente de Pichincha
Tungurahua	Patate	-----
Loja	Vilcabamba, Catamayo, Malacatos	-----
Azuay	Gualaceo y Yunguilla	-----
Cotopaxi	-----	El Corazón
Chimborazo	-----	Chanchán y Huigra
Bolívar	-----	Chillanes
Cañar	-----	Javín y Chontamarca

Fuente; Peralta *et al.* (2010).

2.5 Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad (López, 2007).

Los sistemas agroforestales se fundamentan en principios y formas de cultivar la tierra basado en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestos, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, obteniendo en forma asociativa madera, leña, frutos, plantas medicinales, forrajes y otros productos agrícolas (Ramírez citado por Palomeque, 2009)

2.6 Objetivos de los sistemas agroforestales

- Diversificar la producción.
- Mejorar la agricultura migratoria.

- Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.
- Fijar el nitrógeno atmosférico.
- Reciclar los nutrientes.
- Modificar el microclima.
- Optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

2.7 Potencialidades de la agroforestería

2.7.1 Ventajas

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento)
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados.
- Obtener productos adicionales: madera, frutos, leñas, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (contaminación de suelos y de acuíferos)

2.7.2 Desventajas

- Puede disminuir la producción de los cultivos principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.

- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

2.8 Efectos de las interacciones leñosos - cultivos.

(Musálem, 2003) manifiesta que generalmente, la competencia tiene un efecto negativo sobre los rendimientos de cultivos individuales; en algunos casos, los monocultivos producen muy buenas cosechas como el maíz y el café, sin embargo, los sistemas agroforestales son preferidos por las siguientes razones:

- Al utilizar prácticas agroforestales, las cosechas de estos cultivos son más consistentes a través de los años.
- La calidad del producto es mejor.
- Al diversificarse la producción, se reducen los riesgos económicos.
- La productividad de cada cultivo puede ser menor que en el monocultivo, pero la producción total por hectárea es mayor.

Los casos típicos de los sistemas agroforestales simultáneos son: árboles en asociación con cultivos perennes; árboles en franjas intercaladas con cultivos anuales; huertos caseros mixtos; y los sistemas agrosilvopastoriles (Musálem, 2003).

2.9 Árboles en asociación con cultivos perennes

Son los sistemas de explotación comercial de cocoteros, hule o palma, en asociación con cultivos y las plantaciones de árboles maderables. En el Este de África, es común la producción en estratos múltiples: árboles maderables como Albizzia y Grevillea proveen sombra al café, que se encuentra en combinación con bananos y frijoles (Poulsen, citado

por Musálem, 2003). La mayoría de los trabajos exitosos se localizan en regiones de suelos fértiles, con buena comunicación y con la infraestructura y los mercados necesarios. Estos sistemas representan una alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido al alto costo de productos agroquímicos. La elección de un sistema con árboles para sombra depende de la necesidad de diversificar la producción.

2.10 Árboles en asociación con cultivos anuales

Estos sistemas se prestan para especies anuales tolerantes a la sombra. Sin embargo, para ésta misma categoría, para el caso particular de los sistemas de cultivos en callejones se puede utilizar especies que no toleran sombra. En México, Wilquen citado por Musálem, (2003) menciona el uso de *Prosopis* sp. y *Leucaena esculenta* en asociaciones con maíz y otras especies. Estos sistemas incluyen cultivos como maíz, frijol, guisantes, soya, maní, en asociaciones con árboles fijadores de nitrógeno. Este sistema constituye una opción para aumentar la fertilidad de los suelos. Una desventaja es que el espacio utilizado por los árboles disminuye el rendimiento de las cosechas en términos de peso del producto por unidad de superficie de terreno, además, se requieren altos costos de mano de obra inicial del establecimiento.

CAPÍTULO III:

3 METODOLOGÍA

3.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en la parroquia de Peñaherrera, Zona de Intag, perteneciente al cantón Cotacachi, la zona está constituida por seis parroquias rurales (Apuela, Plaza Gutierrez, Pañaherrera, Cuellaje, Vacas Galindo y García Moreno). Es un valle subtropical localizado en los declives de la cordillera Occidental, al oeste del volcán Cotacachi y hacia el sureste del flanco de la cordillera Toizan.

3.2 Ubicación Política del sitio de estudio

Provincia: Imbabura

Cantón: Cotacachi

Zona: Intag

Parroquia: Peñaherrera

Altitud: 1800 msnm

3.3 Ubicación Geográfica

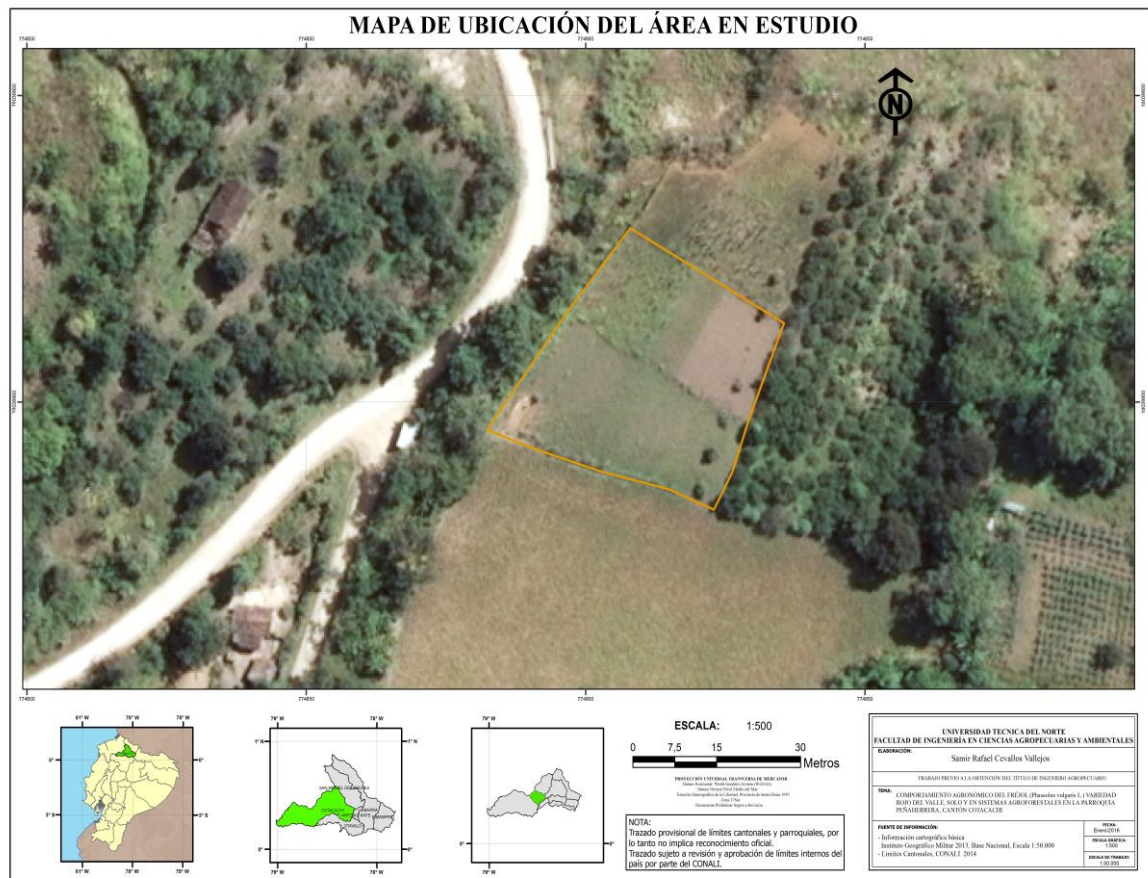


Figura 1. Mapa de ubicación del área en estudio

Elaborado por: El Autor.

3.4 Caracterización Agroecológica

pH del suelo:	6,20
Pendiente:	15%
Drenaje:	Moderadamente drenados
Textura del suelo:	Franco limoso
Temperatura media:	17 °C
Precipitación anual:	1 284 mm (Estación fundación Ayuda en Acción- PRODECI)

3.5 Descripción taxonómica del suelo a nivel de orden

Beltrán citado por Castillo (2012), indica que los suelos donde se realizó la investigación corresponden al orden Inceptisol, los que se caracterizan por la presencia de minerales de desarrollo incipiente, poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen. Se presentan en relieves de planos a muy escarpados, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, cenizas volcánicas, rocas básicas y ácidas. Son suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogénico, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; pudiendo presentarse los procesos de traslocación y acumulación.

3.6 Características del sistema agroforestal establecidos en el ensayo.

Los sistemas que se establecieron fueron dos:

Se estableció el tratamiento dos en una plantación de café y plátano de un año ocho meses de edad, la variedad de café es Typica, con una distancia de siembra de 2m entre surcos y 1,50m entre plantas, de manejo tecnificado. Mientras que del plátano se sembró a un distanciamiento entre plantas 4,50m y entre hileras de 8m. Se sembró el fréjol en las calles de café y plátano.

Se estableció el tratamiento tres en una plantación de café y leucaena de un año seis meses de edad, la variedad de café es Typica, con una distancia de 2m entre surcos y 1,50m entre plantas, de manejo tecnificado. Mientras que la leucaena se sembró a un distanciamiento entre plantas 6 m y entre hileras de 8m. Se sembró el fréjol en las calles de café y leucaena, realizándose una eliminación de malezas y limpieza, para garantizar una mejor preparación del suelo.

3.7 Materiales, equipos, insumos y herramientas

3.7.1 Materiales de campo

- Piolas
- Balanza
- Estacas
- Flexómetro
- Martillo
- Recipientes
- Libro de campo
- GPS
- Bomba de fumigar
- Palas, azadón.
- Sacos (costales)
- Cámara fotográfica
- Luxómetro

3.7.2 Insumos

- Semilla de fréjol (variedad INIAP 481 Rojo del valle)
- Fertilizantes
- Pesticidas

3.7.3 Materiales de oficina

- Computadora
- Memoria USB
- Material de escritorio
- Material Bibliográfico
- Software Infostat/L
- Software Arcgis

3.8 Métodos

3.8.1 Factor en estudio

Sistemas agroforestales

3.8.2 Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos (tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos evaluados.

Tratamientos		
No.	Código	Descripción
1	testigo	Cultivo fréjol solo (monocultivo)
2	T2	Cultivo de fréjol asociado con, plátano y café
3	T3	Cultivo de fréjol asociado con, leucaena y café

Elaborado por: El Autor.

3.8.3 Diseño Experimental

Para su evaluación los tratamientos se distribuyeron en un Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones.

3.8.4 Características del experimento

Repeticiones: 3

Tratamientos: 3

Total de unidades experimentales: 9

Característica de la unidad experimental:

Forma: Rectangular

Largo: 24 m

Ancho: 3 m

Área total: 72 m² (24 m x 3 m)

En cada unidad experimental se empleó la cantidad de 320 sitios en las cuales se colocaron tres semillas por sitio obteniendo 960 plantas, distanciadas 0,30m entre planta y 0,60 m entre surcos.

Separación entre parcelas: 1m

Separación entre repeticiones (calles): 1m

Área total del ensayo: 858 m² (22m x 39m)

Área experimental del ensayo: 648 m²

3.8.5 Análisis Estadístico

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	$3 \times 3 - 1 = 8$
Tratamientos	$3 - 1 = 2$
Bloques	$3 - 1 = 2$
Error	$(2)(2) = 4$

Elaborado por: El Autor.

En el caso de encontrar diferencias estadísticas para tratamientos, se utilizará la prueba de Tukey al 5% para separar medias.

3.8.6 Variables en estudio

Para determinar el rendimiento se registrarán los valores de las siguientes variables:

- Rendimiento en grano seco en kg/ha (RGS): Para el cálculo de esta variable se cosechó todas las plantas de la parcela. Una vez realizada la trilla manual, se pesó individualmente.
- Altura de planta fréjol en (m): Se midieron a diez sitios seleccionadas al azar de cada tratamiento en metros. Para lo cual se utilizó fluxómetro graduado en centímetros y milímetros, se midió desde el suelo hasta la última hoja apical.
- Diámetro de copa de la planta fréjol en (m): Los datos se tomó a diez sitios seleccionados al azar de cada tratamiento con un fluxómetro graduado en centímetros y milímetros y se midió el borde dominante y su opuesto lo cual nos da una media.

- Número de vainas por planta: Se contaron a 10 sitios al azar de cada tratamiento para luego proceder a contar el número de vainas en la cosecha a los 110 días de la siembra. Se realizó el análisis de correlación entre número de vainas – número de semillas para determinar rendimiento.

- Número de granos por vaina: Para esto de cada sitio seleccionado se contó el número granos por vaina y se obtuvo una media por tratamiento.

Variables del sistema agroforestal.

Plátano

- Altura de planta en (m): Las alturas se midieron desde el suelo hasta el ápice de la planta de cada uno de los individuos con la ayuda de una vara graduada en centímetros y milímetros completo.

- Diámetro de copa en (m): Se tomó la distancia entre el borde externo dominante y su opuesto medido sobre la superficie del suelo. Se medirán dos diámetros perpendiculares tomándose el diámetro medio. La medida se realizará con flexómetro.

- Altura a la copa en (m): es la distancia que hay desde el suelo hasta el punto donde inicia la copa (primera bifurcación fuerte). La medida se realizará con flexómetro.

Leucaena

- Altura de planta en (m): Las alturas se midieron desde el suelo hasta el ápice de la planta de cada uno de los individuos con la ayuda de una vara graduada al centímetro completo.

- Diámetro de copa en (m): Se tomó la distancia entre el borde externo dominante y su opuesto medido sobre la superficie del suelo. Se medirán dos diámetros perpendiculares tomándose el diámetro medio. La medida se realizará con flexómetro.

- Altura a la copa en (m): Se midió la distancia que hay desde el suelo hasta el punto donde inicia la copa (primera bifurcación fuerte). La medida se realizará con flexómetro.

Café

- Altura de planta en (m): Las alturas se midieron desde el suelo hasta el ápice de la planta de cada uno de los individuos con la ayuda de una vara graduada al centímetro completo.
- Diámetro de copa en (m): Se tomó la distancia entre el borde externo dominante y su opuesto medido sobre la superficie del suelo. Se medirán dos diámetros perpendiculares tomándose el diámetro medio. La medida se realizará con flexómetro.
- Altura a la copa en (m): Se midió la distancia que hay desde el suelo hasta el punto donde inicia la copa (primera bifurcación fuerte). La medida se realizará con flexómetro.
- Intensidad de luz en el ensayo: Para medir la intensidad de luz se utilizó la herramienta conocida como luxómetro la cual permite medir esta variable, se tomó la medición en la mañana (7:00) a medio día (12:00) y en la tarde (17:30) para poder tener una media en cada tratamiento.

3.8.7 Prueba de “t” Student

Se realizó las pruebas de “t” student para probar el comportamiento del café en cada sistema agroforestal en los T2 y T3

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S\bar{x}_c}$$

Fuente: Aguirre y Vizcaíno, 2010

Donde:

t_c = Valor de “t” Student calculado

$\bar{x}_1; \bar{x}_2$ = Medias de altura del café asociado con plátano y leucaena

$S\bar{x}_c$ = Error estándar de la media combinado

3.8.8 Análisis de correlación

Se realizó las pruebas de correlación en los diferentes tratamientos para determinar los grados de asociación entre las variables en estudio:

$$r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{S_x^2 \times S_y^2}}$$

Fuente: Aguirre y Vizcaíno, 2010

Donde:

r = coeficiente de correlación

C_{xy} = Covarianza

$S_x^2; S_y^2$ = Varianzas

- Plátano vs café
 - Altura total - altura de copa
 - Diámetro de copa - altura total
 - Diámetro de copa - altura de copa

- Plátano vs fréjol
 - Altura total - área de la planta de fréjol
 - Diámetro de copa - altura total
 - Diámetro de copa - diámetro de la planta de fréjol

- Leucaena vs café
 - Altura total - altura de copa
 - Diámetro de copa - altura total
 - Diámetro de copa - altura de copa

- Leucaena vs fréjol
 - Altura total – diámetro de la planta de fréjol
 - Diámetro de copa - altura total fréjol
 - Diámetro de copa - diámetro de la planta de fréjol

- Café vs fréjol
 - Altura total - diámetro de la planta de fréjol
 - Diámetro de copa - altura total
 - Diámetro de copa - diámetro de la planta de fréjol

- Incidencia de plagas: Para esta variable se recorrió a los 15, 45 y 60 días todas las parcelas observando si existía la presencia de insectos plaga y se contabilizó el número de éstos.
- Incidencia de enfermedades: Se evaluó a los 15, 45 y 60 días todos los tratamientos para observar número de plantas infestadas por enfermedades.
- Vigor de las plantas de fréjol en monocultivo y sistemas: para esto se observó la coloración de la planta de fréjol en todos los tratamientos.

3.8.9 Manejo específico del experimento

- **Preparación del suelo, delimitación del ensayo.** El terreno se preparó manualmente con azadón luego surcado de la misma forma. Se delimitó las parcelas con estacas y se ubicó los tratamientos.

- **Semilla:** Previo a la siembra se desinfectó con Vitavax 300 y (thiodicarb 350g/l)

- **Siembra.** Se realizó en las épocas que inician las lluvias en la fecha 21 de abril del 2015. Esto se lo hizo manualmente con ayuda de espeques de madera propios del sector y a una profundidad aproximada de 4 cm. La cantidad de semilla utilizada por cada tratamiento fue de 0,70 kg dando un total de semilla utilizada de 6,30 kg.

- Cantidad de semilla por hectárea: 90 kg
- Distancia entre surcos: 60 cm
- Distancia entre sitios: 30 cm
- No de semillas por sitio: 3

- **Control de insectos:** Se Aplicó 38 cc de (thiodicarb 350g/l) para el control de insectos en la siembra. De igual manera a los 15 días de la siembra se aplicó (benfuracarb 20g/l) 3,7 cc en 3 lt de agua para el control de trozador. Para el control de mosca blanca y trips a los 45 días (Fipronil 200g/l) 3,7cc de producto en 3 litros de agua.

- **Control de hongos:** A los 45 días de la siembra se aplicó al cultivo la cantidad de 1,5 cc de (metominostrobin 200g/kg) en 3 litros de agua.

- **Deshierba.** Procedimiento manual con azadón a los 15 días después de la siembra y un aporque a los 35 días después de la siembra.

- **Etiquetado.** Se utilizó etiquetas impresas a computadora y emplastadas.

- **Cosecha y trilla.** Esta actividad se la realizó en forma manual, arrancando las plantas para luego hacer parvas, secar al sol y proceder a la trilla. La trilla se hizo con varas y se sometió al golpeo las plantas cosechadas.

CAPÍTULO IV: 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables agronómicas de fréjol

Los datos registrados en el libro de campo fueron analizados e interpretados en base a los objetivos planteados para la investigación, se presentan a continuación:

4.1.1 Altura de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 5) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 0,61; valor no significativo, de igual manera para bloques se obtuvo valor de 0 que es no significativo, por lo tanto se podría decir que estadísticamente no existen diferencias entre ellos.

Tabla 5. ADEVA altura de planta de fréjol en (m) a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F. Cal	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamientos	0,00047	2	0,00023	0,61ns	6,94	18
Bloques	0	2	0	0ns	6,94	18
Error	0,0015	4	0,00038			
Total	0,002	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 4,06%

X: 0,48 m

*: Significativo al 5%

** : Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 4,06% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente homogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 0,48 de alturas de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

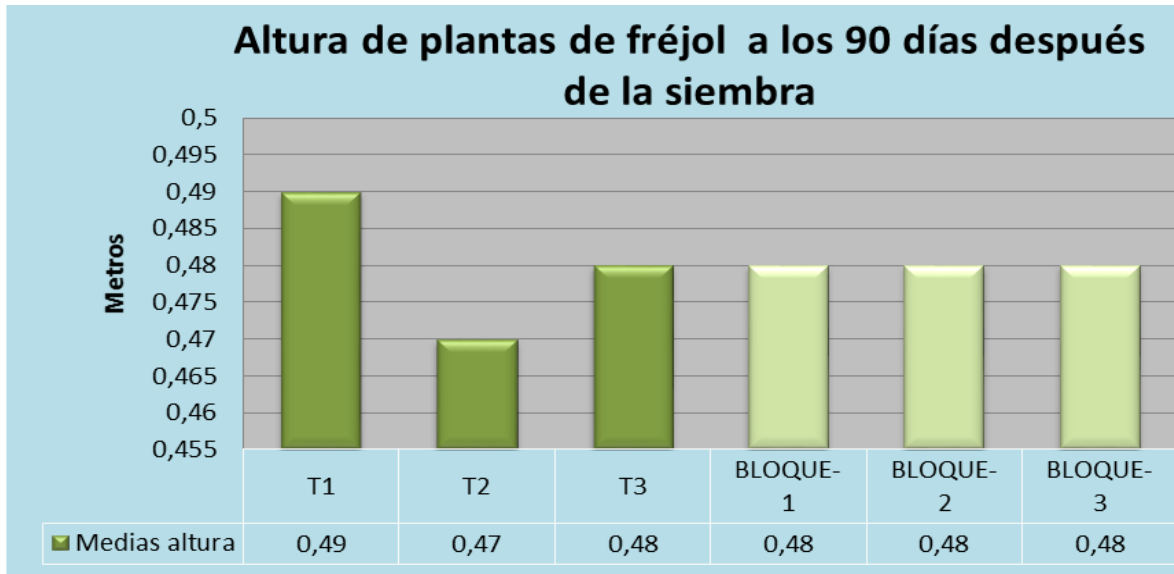


Figura 2.Altura de planta fréjol en los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

Elaborado por: Autor

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas pero como se observa en la figura 2 existen diferencias matemáticas para tratamientos siendo el T1 el que obtuvo el mayor promedio de altura de planta de fréjol con 0,49 m. Para bloques son matemáticamente iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se observa que en lo referente a las característica agronómica altura de planta coincide con lo señalado por (Godoy, Díaz, Vásconez, Defaz, & González, 2011) al comparar el fréjol tanto en cultivo asociado como en monocultivo, no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) para la altura de planta lo que demostraría un comportamiento estable del fréjol al sembrarse de forma asociada o en monocultivo

La altura de planta en el cultivo del frijol es muy importante por la competencia interespecífica que se puede dar entre el cultivo y la maleza, por la sanidad de las primeras Vainas, enfermedades fungosas y la relación existente con el rendimiento (Sánchez citado por Blanco, Corrales, Chevez, & Campo, 1995).

4.1.2 Diámetro de copa de la planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 6) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 14,94; valor significativo en comparación a su correspondiente tabular al 5% de probabilidad estadística; mientras que para Bloques no existe significancia.

Tabla 6. ADEVA diámetro de copa de planta de fréjol en (m) a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	0,02	2	0,01	14,94*	6,94	18
Bloque	0,0028	2	0,0014	2,13ns	6,94	18
Error	0,0026	4	0,00066			
Total	0,03	8				

Elaborado por: Autor

CV: 6,35%

X: 0,40 m

*: Significativo al 5%

**: Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 6,35% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido al efecto de los tratamientos con una media de 0,40 m de diámetro de copa de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

.En la prueba de Tukey al 5% (Tabla 7), se observa la presencia de dos rangos de significancia siendo que T1 (monocultivo), presentó una media en diámetro de copa de 0,47 m. Esto se debe a que el cultivo solo tiene mayor intensidad de luz y no tiene que competir con plantas forestales como en los tratamientos 2 y 3, esto permite a las plantas generar mayor follaje.

Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos diámetro de copa de planta de fréjol en (m) a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

Tratamiento	Medias (m)	Rangos
T1	0,47	A
T3	0,38	B
T2	0,36	B

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba TUKEY al 5 % de probabilidad.

Elaborado por: El Autor

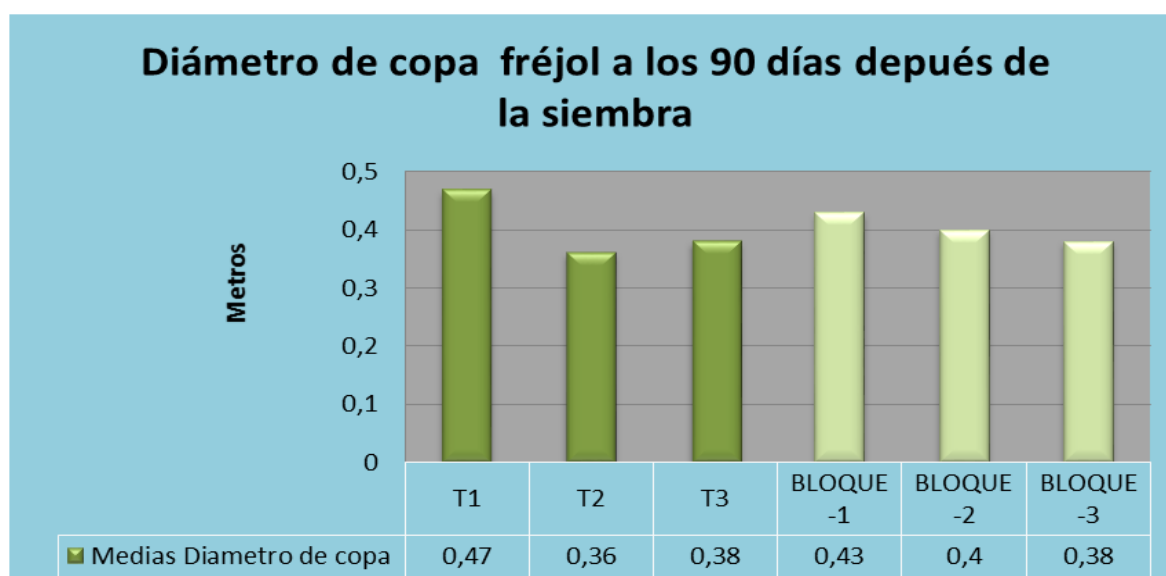


Figura 3. Diámetro de copa de planta fréjol en los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor

En la Figura 3, se detallan los diámetros de copa de fréjol; en donde se observa que, el mejor tratamiento T1 (monocultivo), obtuvo el mayor promedio debido a que no tuvo que competir con plantas forestales. Mientras que para bloques no existe diferencias estadísticas pero hay diferencias matemáticas como se observa en la figura 3.

Los valores más altos alcanzados en la presente investigación en diámetro de copa fueron en el monocultivo seguido por el sistema con leucaena por lo que se puede deducir que entre los dos sistemas establecidos en el ensayo el mejor es con leucaena, café y fréjol.

4.1.3 Altura de planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 8) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 0,61; valor no significativo, de igual manera para bloques se obtuvo valor de 0 que es no significativo, por lo tanto se podría decir que estadísticamente no existen diferencias entre ellos.

Tabla 8. ADEVA altura de planta de fréjol en (m) a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	0,00047	2	0,00023	0,61ns	6,94	18
Bloque	0	2	0	0ns	6,94	18
Error	0,0015	4	0,00038			
Total	0,002	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 4,06%

X: 0,48 m

*****: Significativo al 5%

******: Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 4,06% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente homogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 0,48 de alturas de planta de fréjol a la cosecha en seco.

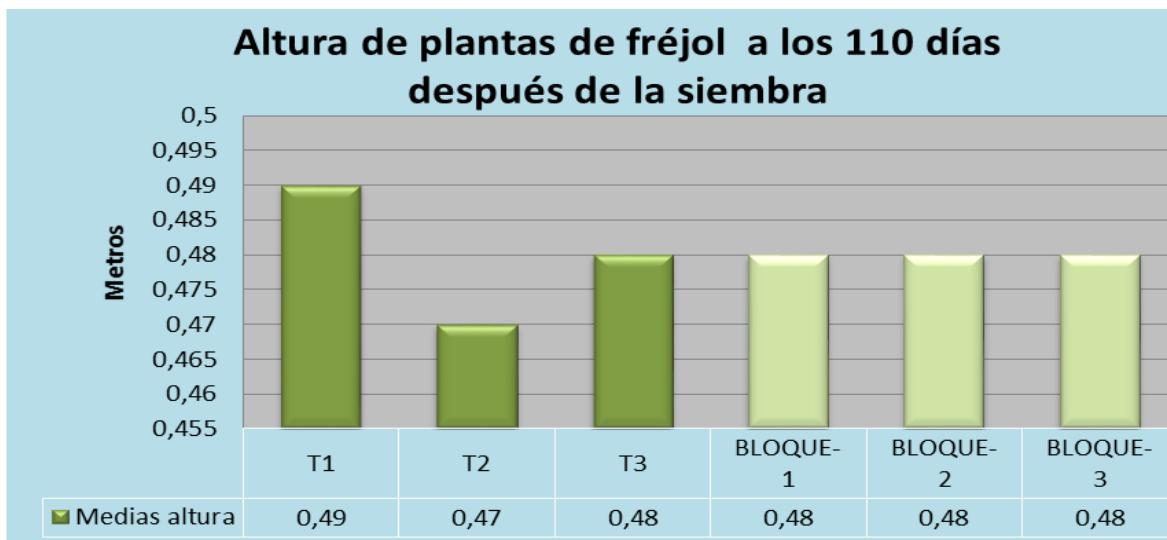


Figura 4. Altura de planta fréjol en los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas pero como se puede observar en la figura 4 existen diferencias matemáticas para tratamientos siendo el T1 el que obtuvo el mayor promedio de altura de planta de fréjol con 0,49 m. Para bloques son matemáticamente similares.

Los valores más altos de altura de planta en el cultivo, Al igual que en la investigación realizada por Blanco *et al.* (1995) están relacionadas con las mayores poblaciones producto de las emergencias anteriormente indicadas, al haber más plantas por superficie éstas tienden a alongarse más.

4.1.4 Diámetro de copa de la planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 9) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 98,8; valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 5% de probabilidad estadística; mientras que para Bloques no existió significancia.

Tabla 9. ADEVA diámetro de copa de planta de fréjol en (m) a Los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	0,02	2	0,01	98,8**	6,94	18
Bloque	0,0006	2	0,0003	3,6ns	6,94	18
Error	0,00033	4	0,000083			
Total	0,02	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 5,96%

X: 0,15 m

*: Significativo al 5%

** : Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 5,96% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 0,15 m de diámetro de copa de planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.

En la prueba de TUKEY al 5% (Tabla 10), se observa la presencia de dos rangos de significancia siendo que T1 (Cultivo solo), presentó una media en diámetro de copa de 0,21 m. Esto se debe a que el cultivo solo tiene mayor intensidad de luz y no tiene que competir con plantas forestales como en los tratamientos 2 y 3, esto permite a las plantas generar mayor follaje.

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos diámetro de copa de planta de fréjol en (m) a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

Tratamiento	Medias (m)	Rangos
T1	0,21	A
T3	0,13	B
T2	0,11	B

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba TUKEY al 5 % de probabilidad.

Elaborado por: El Autor.

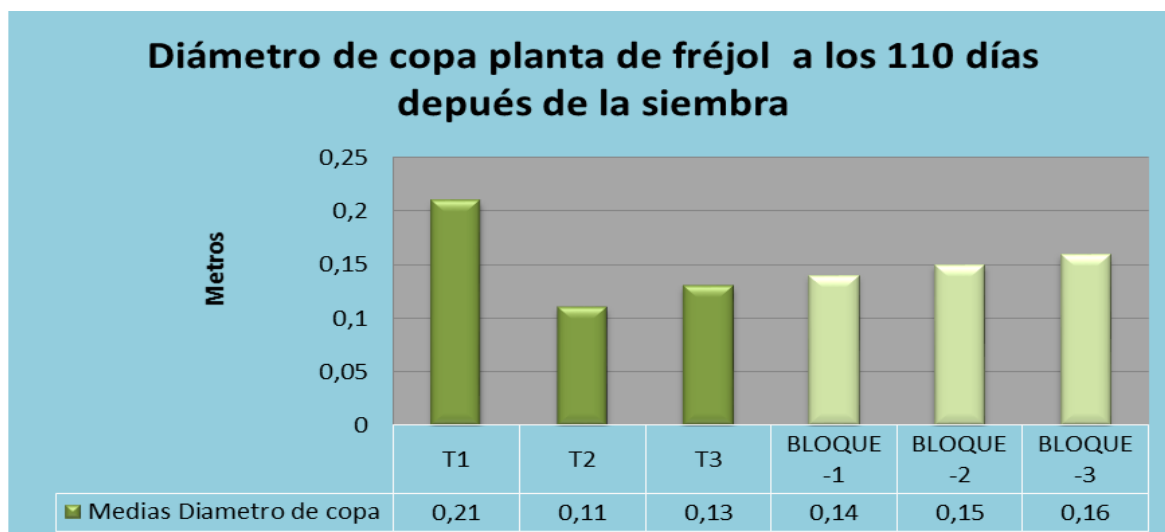


Figura 5. Diámetro de copa planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.
Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En el Figura 5, se detallan los diámetros de copa de fréjol; en donde se observa que, el mejor tratamiento T1 (monocultivo), obtuvo el mayor promedio 0,21 m debido a que no tuvo que competir con plantas forestales. Mientras que para bloques no existe diferencias estadísticas pero hay deferencias matemáticas como se observa en la figura 5.

4.1.5 Número de vainas por sitio a la cosecha en seco 110 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 11) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 0,88; valor no significativo mientras que para bloques se obtuvo 1,33; que de igual manera no existe significancia tabular al 5% de probabilidad estadística.

Tabla 11. ADEVA número de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	28,22	2	14,11	0,88ns	6,94	18
Bloque	42,89	2	21,44	1,33ns	6,94	18
Error	64,44	4	16,11			
Total	135,56	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 16,57%

X: 24 vainas

*****: Significativo al 5%

******: Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 16,57% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 24 vainas por sitio a la cosecha en seco.

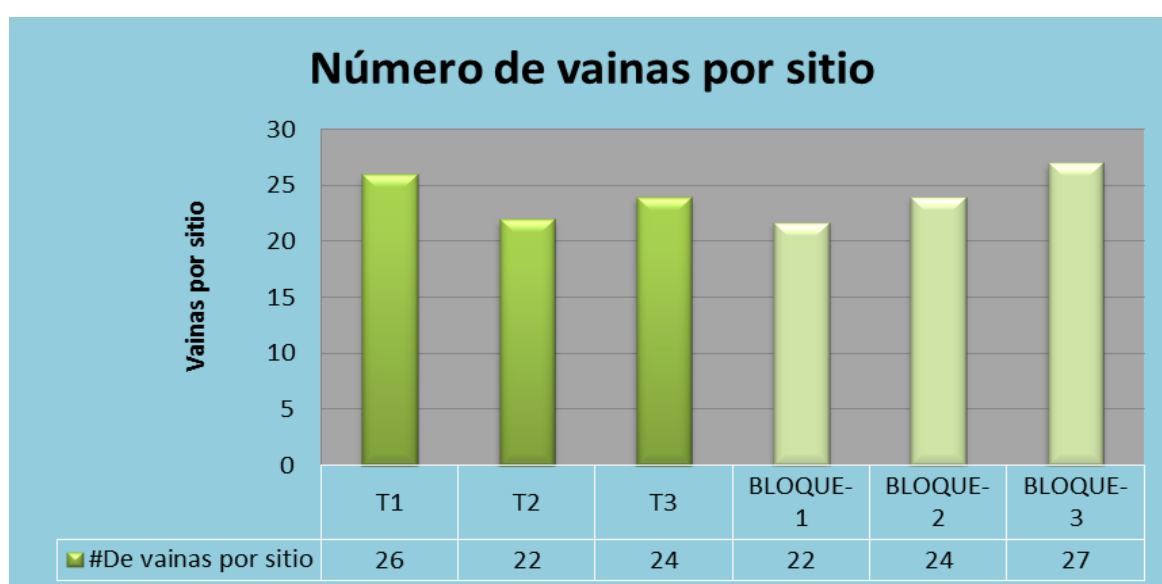


Figura 6. Numero de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas pero como se puede observar en la figura 6 existen diferencias matemáticas para tratamientos y bloques siendo el T1 (cultivo solo) el que obtuvo el mayor promedio de vainas por sitio mientras que para bloques el mejor promedio fue el B3 con 27 vainas.

Según (Peralta, Murillo, Mazón, & Pinzón, 2012) el número de vainas por planta para esta variedad es de 10 a 12 en condiciones de plena exposición solar. Mientras que en la presente investigación se obtuvo el más alto promedio en el monocultivo con 26 vainas por sitio cave recalcar que se sembró tres semillas por sitio lo que daría un promedio por planta de 9 vainas, se podría decir que está acorde con las especificaciones de la variedad.

4.1.6 Número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra.

Del análisis de varianza (tabla 12) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 55,82; valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 5% de probabilidad estadística; mientras que para Bloques no existe significancia.

Tabla 12. ADEVA número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	0,68	2	0,34	55,82**	6,94	18
Bloque	0,07	2	0,03	5,64ns	6,94	18
Error	0,02	4	0,01			
Total	0,78	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 8,74%

X: 4 granos

*: Significativo al 5%

** : Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 8,74% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 4 granos por sitio a los 110 días de la siembra.

En la prueba de Tukey al 5% (Tabla 13), se observa la presencia de dos rangos de significancia siendo que T1 (monocultivo), presentó una media en número de granos de 5,07 granos.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en el número de granos por vaina a los 110 días después de siembra. Intag, 2016

Tratamiento	X	Rangos
T1	5,07	A
T3	4,50	B
T2	4,47	B

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba TUKEY al 5 % de probabilidad.

Elaborado por: El Autor.

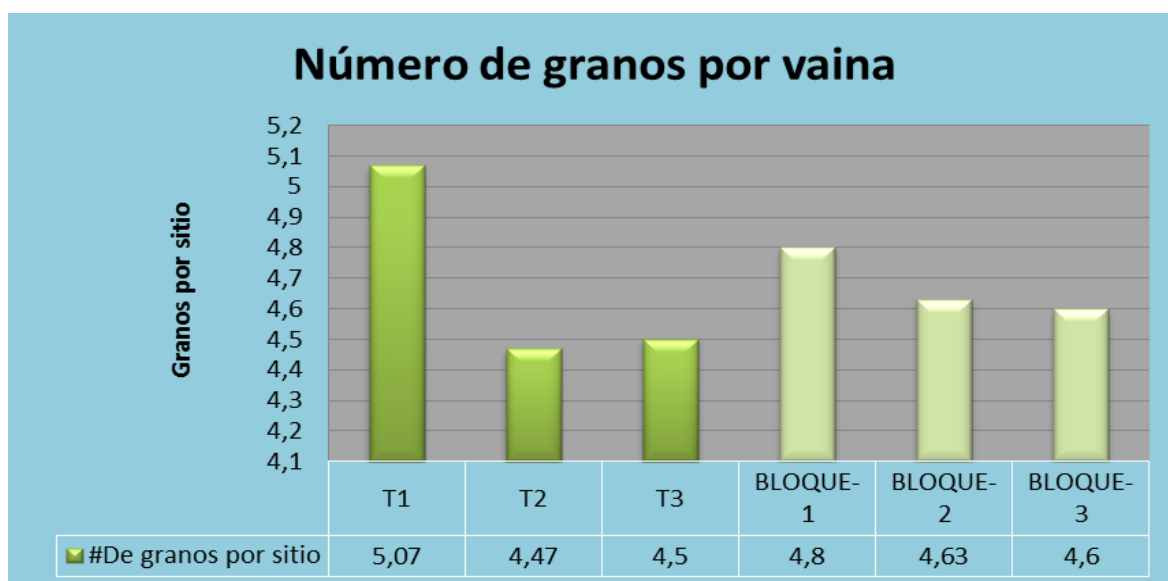


Figura 7. Numero de granos por vaina a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En el Figura 7, se detallan el número de granos de fréjol; en donde se observa que, el tratamiento T1 (monocultivo), obtuvo el mayor promedio 5,07 granos debido a que no tuvo que competir con plantas forestales. Mientras que para bloques el mayor promedio es el bloque 1 con un promedio de 4,8 en el que existen diferencias matemáticas como se observa en la figura 7.

4.1.7 Rendimiento en kilogramos por hectárea.

Del análisis de varianza (tabla 14) se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 18,88; valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 5% de probabilidad estadística; mientras que para Bloques no existe significancia.

Tabla 14. ADEVA rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016

F.V.	SC	gl	CM	F	F. tabular 5%	F. tabular 1%
Tratamiento	1606302,9	2	803151,43	18,88**	6,94	18
Bloque	272228,09	2	136114,05	3,2ns	6,94	18
Error	170131,15	4	42532,79			
Total	2048662,1	8				

Elaborado por: El Autor.

CV: 10,98%

X: 1877,62 kg/h

*: Significativo al 5%

** : Significativo al 1%

ns: no significativo

El coeficiente de variación de 10,98% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos con una media de 1877,62 kg/h a la cosecha en seco 110 días de la siembra.

En la prueba de Tukey al 5% (Tabla 15), se observa la presencia de dos rangos de significancia siendo que T1 (monocultivo), presentó una media en rendimiento por hectárea de 2378,24kg/h. Esto se debe a que el cultivo solo tiene menor competencia con las plantas forestales por nutrientes agua y luz tanto los tratamientos 2 y 3, tuvieron que competir con las plantas forestales.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en el rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016

Tratamiento	x	Rangos
T1	2378,24	A
T3	1909,72	A B
T2	1344,91	B

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba TUKEY al 5 % de probabilidad.

Elaborado por: El Autor.

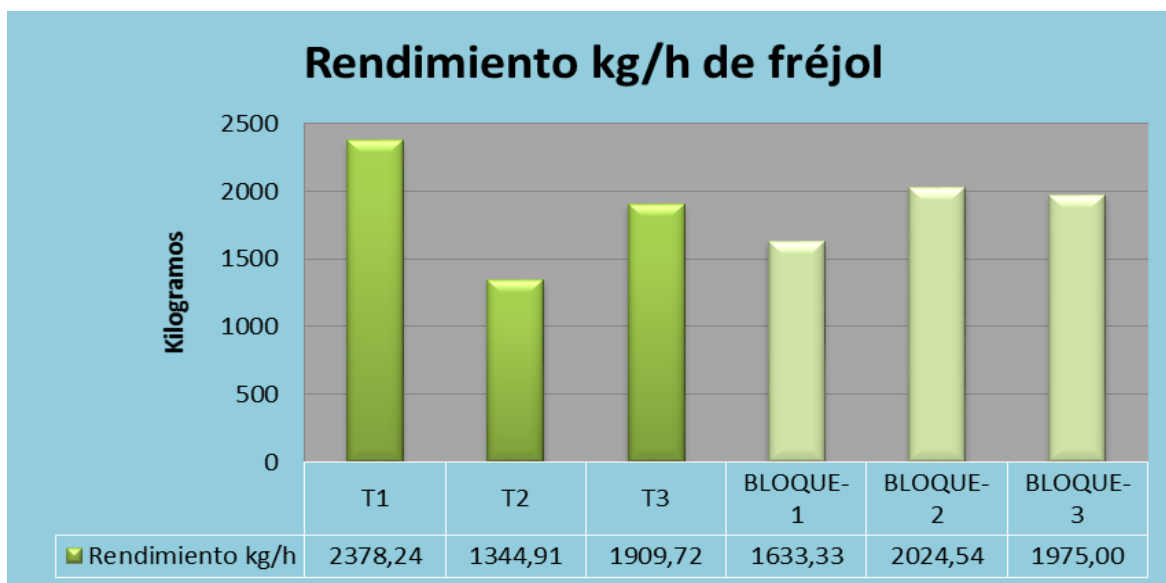


Figura 8. Rendimiento en kilogramos por hectárea. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En el Figura 8, se detallan los rendimientos de fréjol en grano seco; en donde se observa que, el mejor tratamiento T1 (monocultivo), obtuvo el mayor promedio 2378,24 kg/h debido a que no tuvo que competir con plantas forestales. Mientras que para bloques el mayor promedio es el bloque 2 con un promedio de 2024,54 kg/h en el que existe diferencias de diferencias matemáticas como se observa en la figura 8.

4.2 Prueba de “t” Student para analizar comportamiento de café en el (T2 vs T3).

Se realizó el análisis de “t” de Student para diferenciar el comportamiento de café en el tratamiento 2 y tratamiento 3.

4.2.1 Alturas de plantas de café en el T2 y T3

Tabla 16 Alturas de plantas de café en el T2 y T3. Intag, 2016

	Alturas de plantas de café (m)														
T2	0,82	0,89	0,78	0,66	0,64	0,62	0,91	0,83	0,75	0,89	0,69	0,69	0,81	0,91	0,76
T3	0,78	0,74	0,65	0,79	0,95	0,68	0,79	0,88	0,89	0,93	0,91	0,67	0,74	0,78	0,59

Elaborado por: El Autor.

Sumatoria T1: 11,65---Sumatoria T2: 11,77---Sumatoria di: -0,12

Media T1: 0,78---Media T2: 0,78---Media di: -0,01

t = -0,21 ns con 14 g.l

Valor al 5%: 2,15

Valor al 1%: 2,98

Una vez realizada la prueba de “t” de Student se determina que no existen diferencias significativas por lo que el comportamiento del café en los dos tratamientos es similar.

4.2.2 Diámetro de copa de café en el T2 y T3

Tabla 17. Diámetro de copa de café. Intag, 2016

Diámetro de copa de café (m)															
T2	0,64	0,67	0,57	0,48	0,57	0,54	0,77	0,59	0,64	0,65	0,63	0,43	0,59	0,62	0,53
T3	0,54	0,49	0,67	0,67	0,67	0,55	0,61	0,74	0,67	0,80	0,60	0,57	0,69	0,63	0,58

Elaborado por: El Autor.

Sumatoria T1: 8,92---Sumatoria T2: 9,48---Sumatoria di: -0,56

Media T1: 0,59---Media T2: 0,63---Media di: -0,04

t = -1,27 ns con 14 g.l

Valor al 5%: 2,15

Valor al 1%: 2,98

Una vez realizada la prueba de “t” de Student se determina que no existen diferencias significativas por lo que el comportamiento del café en los dos tratamientos es similar.

4.2.3 Alturas a la copa de plantas de café en el T2 y T3

Tabla 18. Alturas a la copa de plantas de café. Intag, 2016

Alturas a la copa de plantas de café (m)															
T2	0,25	0,36	0,28	0,21	0,27	0,54	0,77	0,59	0,64	0,65	0,21	0,21	0,20	0,31	0,25
T3	0,17	0,16	0,22	0,29	0,22	0,55	0,61	0,74	0,67	0,80	0,23	0,26	0,23	0,31	0,23

Elaborado por: El Autor.

Sumatoria T1: 5,74---Sumatoria T2: 5,69---Sumatoria di: 0,05

Media T1: 0,38---Media T2: 0,38---Media di: 0,00

t = 0,13 ns con 14 g.l

Valor al 5%: 2,15

Valor al 1%: 2,98

Una vez realizada la prueba de “t” de Student se determina que no existen diferencias significativas por lo que el comportamiento del café en los dos tratamientos es similar.

4.3 Análisis de correlación entre variables.

Se realizó las pruebas de correlación en los diferentes tratamientos para determinar los grados de asociación entre las variables en estudio:

Al realizar el análisis de correlación entre variables de las especies plátano – café, plátano – frejol, leucaena – café, leucaena – fréjol, café – frejol, no se registraron diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística por lo que se infiere que no existe una asociación entre las mismas, debido a que es poco el tiempo de establecido el sistema agroforestal, por lo que no se evidencia todavía la interacción entre ellas.

Tabla 19. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

CORRELACIÓN PLÁTANO vs FRÉJOL MEDICION 2				
	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - diámetro de copa planta de fréjol	0,51482995	0,497	0,623	*
Diámetro de copa - altura total	-0,15630668	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diámetro copa planta de fréjol	0,50688951	0,497	0,623	*

Elaborado por: El Autor.

Al realizar el análisis de correlación entre las especies plátano y fréjol no se registraron diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística entre las variables diámetro de copa plátano con altura total fréjol a la cosecha en seco por lo que se concluye no existe una asociación entre las mismas. Para las variables altura total- diámetro de copa, diámetro de copa- diámetro de copa fréjol existió un grado de asociación entre las mismas, debido a que la planta de fréjol redujo su follaje al término de la cosecha.

4.4 Incidencia de plagas.

La plaga que se encontró en la presente investigación fue la larva conocida como trozador (*Spodoptera fragaria*).

El porcentaje de incidencia de esta plaga fue bajo en todos los tratamientos con unos promedios del T1 (monocultivo) con 1,98%, T2 (plátano, café y frejol) 2,81%, y T3 (leucaena, café y frejol) 2,71%, debido a que se aplicó todas las prácticas que determinó el paquete tecnológico entregado por el MAGAP a los agricultores de la zona. Y la época de siembra es la de menor incidencia de las plagas.

Las larvas de estos insectos cortan los tallos de plántulas disminuyendo las poblaciones de plantas. Los géneros más comunes son *Agrotis*, *Feltia* y *Spodoptera*. El ataque de este insecto ocurre de manera irregular y es difícil de predecir. En ensayos preliminares realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], se encontró que aparentemente el fríjol no era un hospedante preferido por (*Spodoptera frugiperda*), una de las especies más importantes de trozadores.

4.5 Incidencia de enfermedades.

La enfermedad que se encontró en la presente investigación fue Roya del fréjol (*Uromyces appendiculatus*).

El porcentaje de incidencia de esta enfermedad fue bajo en todos los tratamientos con unos promedios del T1 (monocultivo) con 1,56%, T2 (plátano, café y frejol) 2,81%, y T3 (leucaena, café y frejol) 2,50%, debido a que se aplicó todas las prácticas que determinó el paquete tecnológico entregado por el MAGAP a los agricultores de la zona. Y la época de siembra es la de menor incidencia de las plagas. La variedad utilizada tiene cierta resistencia a la roya, que es la causante de pérdidas en rendimiento del grano seco.

4.6 Vigor de las plantas de fréjol en monocultivo y sistemas agroforestales.

Tabla 20. Promedios del vigor de plantas de fréjol. Intag, 2016

TRAMIENTOS	DESCRIPCION	VIGOR
		PROMEDIO (Escala de 1 - 9)
T1	MONOCULTIVO	2
T2	ASOCIADO	4
T3	ASOCIADO	4

En la tabla 20, se presentan los promedios del vigor en el que el T1 presentó el mejor promedio con un valor de dos de acuerdo a la escala de 1 – 9 en cuanto a vigor, mientras que el T2 y T3 presentaron valores de cuatro.

Al analizar la escala de vigor utilizada según el CIAT (1991) donde: 1 – 3 Buena, 4 – 6 Intermedia y 7 – 9 Malo, en términos generales, se puede dilucidar que el vigor de presentado por todos los tratamientos se encuentra en una escala de buena a intermedia, determinando así que no hubo mucha diferencia entre tratamientos.

4.7 Intensidad de luz en los tratamientos.

Tabla 21. Valores de intensidad de luz en cada tratamiento medida en luxes. Intag, 2016

	TRATAMIENTOS	Mañana (07:00)	Medio día (12:00)	Tarde (17:30)
BLOQUE 1	T1	52000	134000	1800
	T2	27600	137000	1300
	T3	31700	120300	1700
BLOQUE 2	T1	49000	128100	1700
	T2	28500	111000	1400
	T3	38100	119000	1700
BLOQUE 3	T1	47700	128600	1800
	T2	28100	113000	1500
	T3	32300	117500	1600

Elaborado por: El Autor.

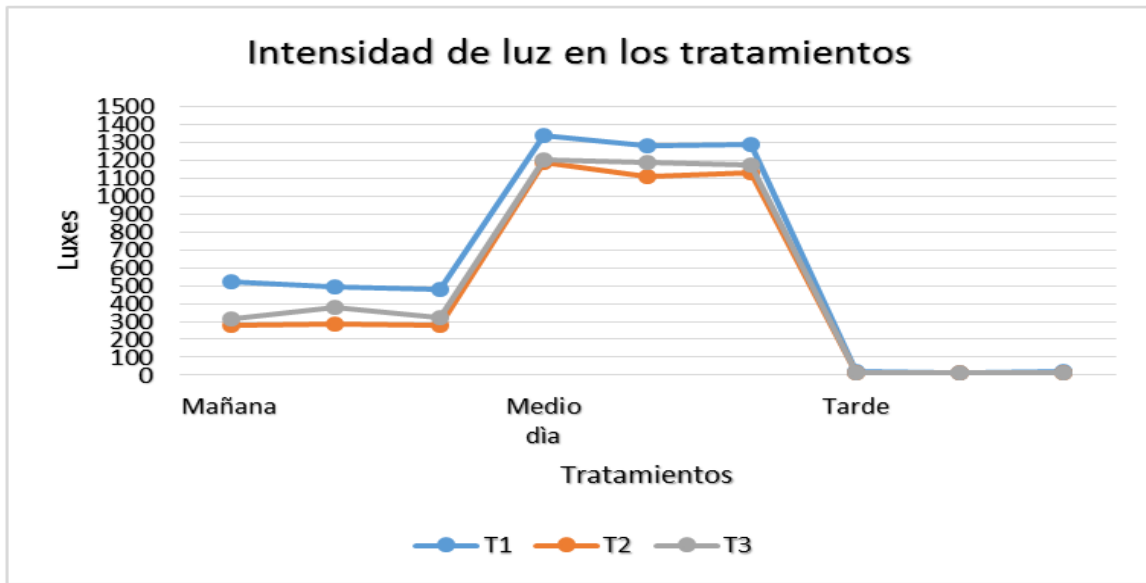


Figura 9. Intensidad de luz en los tratamientos. Intag, 2016

Elaborado por: El Autor.

En los tratamientos la interceptación de luz determina una pequeña disminución entre tratamientos siendo el monocultivo el que mayor intensidad de luz recibió seguido por el T3 y luego por T2. Es por lo cual el monocultivo obtuvo los mayores diámetros de copa altura y rendimiento en grano seco ya que la fotosíntesis es un factor determinante para producción.

Según Villalobos *et al.* (2002) La radiación solar es aprovechada por las plantas para realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis es transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO₂ del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz.

Diversos estudios han demostrado que existe un rango de intensidad de luz en el cual prospera y crece mejor una determinada especie, dando como resultado diferentes comportamientos en el patrón de crecimiento de las especies en su etapa juvenil y adulta. (Najera , Francisco, & Basillo, 1999)

4.7.1 Efectos de la luz en las plantas y las comunidades vegetales.

Efectos sobre la fisiología:

- Inhibir germinación (*Nigella sativa*) o activarla (*Lythrum salicaria*).

- Sobre el desarrollo y/o crecimiento: con intensidad insuficiente se producen elongamientos, cambios de forma de limbos foliares, dimorfismo foliar (hojas sol, sombra).
- Sobre la fotosíntesis: plantas de sol y plantas de sombra.
 - Tipos de adaptaciones a la luz.
- Heliófilas: afinidad por zonas con iluminación directa.
- Fotófilas: afinidad por lugares iluminados, pero de forma indirecta.
- Esciófilas: afinidad por lugares sombreados.
- Competencia por la luz: Competencia entre heliófilas de semillas con escasas reservas (pinos) y planifolias.
- Estratificación aérea como consecuencia de la lucha por la luz en comunidades vegetales.
- En zonas acuáticas escasa penetración de la luz roja, se alcanza pronto la zona afótica.

CAPÍTULO V:

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se derivan las siguientes conclusiones:

- El T1 (monocultivo) y el T3 (asocio de café y leucaena) tuvieron mejores resultados en el desarrollo de altura, diámetro y rendimiento.
- De los análisis de correlación realizados entre variables de las especies en estudio no se registraron diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidad estadística. Por lo que se infiere no hubo una asociación entre las mismas debido a que es poco el tiempo de establecido el sistema agroforestal, por lo que se evidencio todavía la interacción entre ellas.
- El porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades en todos los tratamientos fue muy bajo debido a que se aplicó todas las prácticas que determino el paquete tecnológico entregado por el MAGAP a los agricultores de la zona y debido a que la variedad utilizada es resistente a las plagas y enfermedades existentes en la zona.

5.2 RECOMENDACIONES

- Continuar con otras investigaciones mientras el sistema lo permita y el dosel de los árboles no se cierre.
- Realizar las prácticas recomendadas por el paquete tecnológico para reducir las pérdidas por enfermedades o plagas en el cultivo de fréjol.
- Utilizar el sistema con leucaena café por tener el más alto rendimiento obtenido en la presente investigación.
- Realizar investigaciones con otros cultivos asociados como puede ser maíz, yuca, entre otros.
- Realizar difusión sobre las potencialidades de la agroforesteria en la zona por medio de visitas de campo al ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, M., Corrales, C., Chevez, O., & Campo, A. (1995). El crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como cultivo intercalado con café (*Coffea arabica* L.) . *Agronomía Mesoamericana* 6, 134-139.
- Castillo Cabrera, N. (2012). análisis del comportamiento del aliso *Alnus nepalensis* d. don, asociado con brachiaria *Brachiaria decumbens* Staff Y PASTO MIEL *Setaria sphacelata* (Schumach) Staff & C. E. Hubb y pasturas en monocultivo. obtenido de univesidad tecnica del norte repositorio digital.
- Cevallos Vallejos , D. (2008). evaluación de la adaptabilidad de 20 variedades y líneas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano rojo y amarillo en el valle de Intag, Imbabura. Obtenido de repositorio digital ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2508/1/T-ESPE-IASA%20II-002028.pdf>
- CONAFOR. (2007). Protección, y conservación de suelos forestales . Japopan, Jalisco , Mexico.
- FAO. (Diciembre de 2010). Perspectivas de cosechas y situación alimentaria.
- Godoy Montiel, L., Díaz Corone, G., Vásquez Montúfar, G., Defaz Defaz, E., & González Osorio, B. (2011). Evaluación de dos variedades de fréjol durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con maíz . *Ciencia y Tecnología*. 4(1): , 5-11 .
- Larrea Maldonado, C. (2002). Análisis multicriterial sobre las alternativas de desarrollo en Intag Escenarios prospectivos para las opciones de turismo-agricultura y minería. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Lopez , G. (2007). Sistemas agroforestales. SAGARPA.

Lopez, T. (2007). *Sistemas Agroforestales* . Puebla, Mexico.

Luis , G. (Abril de 2001). Hacia la sostenibilidad de los monocultivos. *ILEIA*, págs. 4-5.

Matute Zhispón, C. (12 de agosto de 2013). *evaluacion agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L) en la estación experimental autro"bullcay"; mediante el apoyo de la investigación partisipativa con enfoque de género para sierra sur del ecuador*. Obtenido de Universidad Politécnica salesiana repositorio digital: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5101/1/UPS-CT002697.pdf>

Musálem, M. (04 de septiembre de 2003). *Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano*. Obtenido de CORI: Coordinación de revistas Institucionales : <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaVIII373.pdf>

Najera , Francisco, & Basillo. (1999). Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento en altura y producción de materia seca en plántulas de Pinus ayacahuite var. veitchii. *FORESTA VERACRUZANA*, 25-30.

Ospina Ante, A. (2006). *Huertos familiares* . Cali, Colombia.

Palomeque Figueroa, E. (Junio de 2009). *Sistemas Agroforestales*. Chapas , Mexico.

Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., & Pinzón, J. (Mayo 2012). INIAP 481 rojo del valle Variedad mejorada de fréjol arbustivo de grano de color rojo moteado. *INIAP*.

Peralta, E., Ángel, M., Nelson , M., Carlos , M., José, P., & Marco, R. (septiembre de 2010). “Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas”. Quito , Ecuador.

Rivas, T. (2005). *Sistemas Agroforestales*.

Vallejos, H. (2004). Diseño de Agroecosistemas Sustentables para la Zona de intag. Ibarra,
Ecuador: PICE-SI.

ANEXOS

ANEXO 1. Datos recopilados para la variable altura de planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	0,47	0,48	0,51	1,46	0,49
T2	S1	0,48	0,48	0,45	1,41	0,47
T3	S2	0,49	0,48	0,48	1,45	0,48
	TOTAL	1,45	1,44	1,43		
	PROMEDIOS	0,48	0,48	0,48		1,44

Elaborado por. El autor

ANEXO 2. Datos recopilados para la variable diámetro de copa en la planta de fréjol a los 90 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	0,49	0,45	0,47	1,41	0,47
T2	S1	0,40	0,38	0,31	1,08	0,36
T3	S2	0,39	0,38	0,37	1,15	0,38
	TOTAL	1,28	1,21	1,15		
	PROMEDIOS	0,43	0,40	0,38		1,21

Elaborado por. El autor

ANEXO 3. Datos recopilados para la variable altura de las planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	0,47	0,48	0,51	1,46	0,49
T2	S1	0,48	0,48	0,45	1,41	0,47
T3	S2	0,49	0,48	0,48	1,45	0,48
	TOTAL	1,45	1,44	1,43		
	PROMEDIOS	0,48	0,48	0,48		1,44

Elaborado por. El autor

ANEXO 4. Datos recopilados para la variable diámetro de copa en la planta de fréjol a los 110 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	0,19	0,21	0,23	0,62	0,21
T2	S1	0,11	0,11	0,12	0,34	0,11
T3	S2	0,12	0,13	0,13	0,37	0,12
	TOTAL	0,42	0,44	0,47		
	PROMEDIOS	0,14	0,15	0,16		0,44

Elaborado por. El autor

ANEXO 5. Datos recopilados para la variable número de vainas por sitio a los 110 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	23	29	27	79,40	26,47
T2	S1	22	22	22	66,10	22,03
T3	S2	20	21	32	72,60	24,20
	TOTAL	65	72	81		
	PROMEDIOS	22	24	27		72,70

Elaborado por. El autor

ANEXO 6. Datos recopilados para la variable número de granos por vainas a los 110 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	5	5	5	15,00	5,00
T2	S1	5	5	4	13,50	4,50
T3	S2	5	4	4	13,40	4,47
	TOTAL	15	14	13		
	PROMEDIOS	5	4,63	4,33		13,97

Elaborado por. El autor

ANEXO 7. Datos recopilados para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea a los 110 días después de la siembra.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Cultivo solo	2184,72	2279,17	2670,83	7134,72	2378,24
T2	S1	1143,06	1547,22	1344,44	4034,72	1344,91
T3	S2	1572,22	2247,22	1909,72	5729,16	1909,72
	TOTAL	4900	6073,61	5924,99		
	PROMEDIOS	1633,333	2024,54	1975,00		5632,87

Elaborado por. El autor

ANEXO 8. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y café. Intag, 2016

CORRELACION PLATANO vs CAFÉ				
VARIABLES CORRELACIONADAS	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - altura de copa	0,28264979	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	-0,0504348	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura de copa	0,34967109	0,497	0,623	NS

Elaborado por. El autor

ANEXO 9. Análisis de correlación entre las variables de la especie plátano y fréjol a los 90 días después de la siembra.

CORRELACION PLATANO vs FRÉJOL MEDICION 1				
Variables correlacionadas	Resultado	GL.5%	GL.1%	Significancia
Altura total - diámetro de copa planta de fréjol	-0,2260325	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	-0,15630668	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diámetro copa planta de fréjol	0,25713327	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 10. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y café. Intag, 2016

CORRELACION LEUCAENA vs CAFÉ				
Variables correlacionadas	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - altura de copa	0,32198097	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	-0,0504348	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura de copa	0,34967109	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 11. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

CORRELACION LEUCANENA vs FRÉJOL MEDICION 1				
Variables correlacionadas	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - diámetro de copa de fréjol	-0,15630668	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	0,17089103	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diámetro de copa de fréjol	0,25713327	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 12. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

CORRELACION LEUCANENA vs FRÉJOL MEDICION 2				
Variables correlacionadas	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - diámetro de copa de fréjol	0,20267782	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	0,16515655	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diámetro de copa de fréjol	0,29994726	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 13. Análisis de correlación entre las variables de la especie leucaena y fréjol a los 110 días después de la siembra. Intag, 2016

CORRELACION LEUCANENA vs FRÉJOL MEDICION 2				
	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - diametro de copa de fréjol	0,20267782	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	0,16515655	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diametro de copa de fréjol	0,29994726	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 14. Análisis de correlación entre las variables de la especie café y fréjol a los 90 días después de la siembra. Intag, 2016

CORRELACION CAFÉ VS FRÉJOL MEDICION 1				
	Resultado	GL-5%	GL-1%	Significancia
Altura total - diametro de copa planta de frejol	-0,15417141	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - altura total	-0,07150613	0,497	0,623	NS
Diámetro de copa - diametro de copa planta de frejol	0,03850254	0,497	0,623	NS

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 15. Incidencia de plaga. Intag, 2016

INCIDENCIA DE PLAGAS A LOS 15 DIAS						
BLOQUES	TRATAMIENTOS	# DE PLAGAS PRECENTES	TIPO DE PLAGA	FOLLAJE	SUELO	%
BLOQUE 1	T1	4 plantas	trozador		x	1,25
	T2	9 plantas	trozador		x	2,81
	T3	8 plantas	trozador		x	2,50
BLOQUE 2	T1	6 plantas	trozador		x	1,88
	T2	11 plantas	trozador		x	3,44
	T3	10 plantas	trozador		x	3,13
BLOQUE 3	T1	9 plantas	trozador		x	2,81
	T2	7 plantas	trozador		x	2,19
	T3	8 plantas	trozador		x	2,50

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 16. Incidencia de enfermedades. Intag, 2016

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES A LOS 60 DIAS							
BLOQUES	TRATAMIENTOS	# DE PLATAS ENFERMAS		TIPO DE ENFERMEDAD	FOLLAJE	SUELO	%
BLOQUE 1	T1	4	plantas	ROYA	X		1,25
	T2	9	plantas	ROYA	X		2,81
	T3	8	plantas	ROYA	X		2,50
BLOQUE 2	T1	6	plantas	ROYA	X		1,88
	T2	11	plantas	ROYA	X		3,44
	T3	6	plantas	ROYA	X		1,88
BLOQUE 3	T1	5	plantas	ROYA	X		1,56
	T2	7	plantas	ROYA	X		2,19
	T3	10	plantas	ROYA	X		3,13

Elaborado por: El Autor.

ANEXO 17. Limpieza del àrea



ANEXO 18. Limpieza



ANEXO 19. Siembra de fréjol



ANEXO 20. Cultivo a los 30 días



ANEXO 22. Visita de los asesores de trabajo de grado.



ANEXO 21. Visita del director de trabajo de grado



ANEXO 23. Rótulos del ensayo.



ANEXO 24. Toma de datos.



ANEXO 25. Cosecha.



ANEXO 26. Almacenado.



ANEXO 27. Secado y trilla.



ANEXO 28. Recolección.

