



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

TEMA:

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
MIXTURIADO BAJO UN SISTEMA AGROECOLÓGICO EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL, LA PRADERA”**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

DIAZ QUILCA MAYRA CRISTINA

DIRECTORA:

ING. DORIS CHALAMPUENTE, MSc

Ibarra, septiembre 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
MIXTURIADO BAJO UN SISTEMA AGROECOLÓGICO EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL, LA PRADERA”**

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

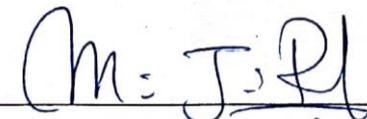
INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc.
DIRECTORA


FIRMA

Ing. María José Romero Astudillo, M.Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

Lic. Ima Sánchez de Céspedes, M.Sc.
MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA



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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
Cédula de identidad:	100434562-3	
Apellidos y nombres:	Díaz Quilca Mayra Cristina	
Dirección:	Imbaya	
Email:	mcdiazq@utn.edu.ec	
Teléfono fijo:	Teléfono móvil:	0989012988

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“Evaluación agronómica de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) mixturiado bajo un sistema agroecológico en la granja experimental, La Pradera”
Autor:	Díaz Quilca Mayra Cristina
Fecha:	22/09/2021
Solo para trabajos de grado	
Programa	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
Título por el que opta	Ingeniera Agropecuaria
Director	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores 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, a los 22 días del mes de septiembre de 2021

LA AUTORA: 

Mayra Cristina Díaz Quilca, C.I.: 100434562-3

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Mayra Cristina Díaz Quilca, con cédula de ciudadanía N° 1004345623 bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 22 días del mes de septiembre de 2021



Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 22 días del mes de septiembre del 2021

Mayra Cristina Díaz Quilca: “EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) MIXTURIADO BAJO UN SISTEMA AGROECOLÓGICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL, LA PRADERA”./Trabajo de titulación.

Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 22 días del mes de septiembre del 2021, 118 páginas.

DIRECTORA:

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar las características agronómicas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mixturiado bajo un sistema agroecológico en la Granja Experimental, La Pradera.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar el comportamiento agronómico del fréjol variedad mixturiado mediante el uso de descriptores cuantitativos para la selección de materiales promisorios y cuantificar el potencial productivo del fréjol variedad mixturiado bajo un sistema de manejo agroecológico para la identificación de materiales con alto rendimiento y calidad de grano.



.....

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores M.Sc
Directora de Trabajo de Grado



.....

Mayra Cristina Díaz Quilca
Autor

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y en especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, y a todos los docentes quienes aportaron en la formación de mi vida profesional.

A mis padres por haberme motivado y apoyado de forma incondicional para poder culminar mi carrera profesional.

A mi directora Ing. Doris Chalampunte, por su gran apoyo, por su paciencia y sobre todo por su profesionalismo para guiarme en el desarrollo y culminación de mi proyecto.

A mis asesoras Ing. María José Romero y Lic. Ima Sánchez, por guiarme durante todo este camino en conjunto con la colaboración del PhD César Tapia por parte del INIAP – DENAREF.

A mi amigo Cristhian Ramos que siempre me estuvo brindando apoyo en este paso por la universidad.

A mis compañeros y amigos que han hecho mi vida universitaria única e inolvidable llena de alegrías.

Gracias Dios.

Este trabajo de titulación ha sido elaborado en el marco del proyecto del Fondo de Distribución de Beneficios " PR-268-Ecuador " que ha sido financiado por el Tratado Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Las opiniones expresadas en este documento son las del autor y no reflejan necesariamente las opiniones o políticas de la FAO.

Mayra Cristina Díaz Quilca

DEDICATORIA

Una nueva etapa de mi vida termina y es por eso que dedico con mucho amor y cariño este trabajo a mis padres Luis Alfonso Fernández y María Rosario Quilca, quienes con su esfuerzo y sacrificio hicieron posible este logro. Son ustedes para mí un ejemplo a seguir en cada momento y sobre todo la fuerza que me impulsa a un futuro mejor.

Papito desde un inicio me apoyó incondicionalmente, eres una persona ejemplar a quien admiro, gracias por confiar en mí y estar en los momentos difíciles, tristes y alegres de mi vida, estaré eternamente agradecida con usted y por hacer de este sueño una realidad

Para ustedes mis hermanos Edwin Díaz y Cristian Díaz, a quienes no podré dejar de amar y quienes de una u otra manera me apoyaron durante este trayecto.

Con una sonrisa en el corazón dedico a Luis Campaña, por haberme apoyado en todo momento, por su amor incondicional y nunca dejarme vencer, gracias a ti estamos concluyendo este nuevo paso en nuestras vidas.

Mayra Cristina Díaz Quilca

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I	18
INTRODUCCIÓN	18
1.1. Antecedentes	18
1.2. Problema	19
1.3. Justificación	20
1.4. Objetivos	21
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	21
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	21
1.5 Hipótesis	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1 Origen del fréjol	22
2.2 Importancia	22
2.2.1 <i>Importancia de la biodiversidad</i>	22
2.2.2 <i>Fréjol tipo mixturiado</i>	23
2.3 Clasificación taxonómica	23
2.4 Descripción botánica	23
2.4.1 <i>Raíz</i>	23
2.4.2 <i>Tallo</i>	24
2.4.3 <i>Hábito de crecimiento</i>	24
2.4.4 <i>Hojas</i>	25
2.4.5 <i>Flores</i>	26
2.4.6 <i>Fruto</i>	27
2.5 Ciclo de cultivo	27
2.6 Etapas de desarrollo del cultivo	27
2.7 Variedades de fréjol	28
2.8 Manejo agroecológico del cultivo de fréjol	29
2.8.1 <i>Semilla</i>	29
2.8.2 <i>Preparación del suelo</i>	29

2.8.3	<i>Época de siembra</i>	29
2.8.4	<i>Riego</i>	29
2.8.5	<i>Deshierbe</i>	29
2.8.6	<i>Fertilización</i>	30
2.8.7	<i>Control de plagas y enfermedades comunes</i>	30
2.8.8	<i>Cosecha</i>	30
2.9	Productividad y rendimiento del fréjol	30
2.10	Requerimientos edafoclimáticos	31
2.11	Plagas y enfermedades que atacan al cultivo de fréjol.....	31
2.11.1	<i>Plagas</i>	31
2.11.2	<i>Enfermedades</i>	32
2.12	Sistemas agroecológicos	33
2.13	Caracterización y evaluación de germoplasma	33
2.14	Conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de recursos fitogenéticos.....	34
2.15	Especies vegetales promisorias	34
CAPÍTULO III		35
MATERIALES Y MÉTODOS.....		35
3.1	Características del área de estudio	35
3.1.1	<i>Ubicación política y geográfica</i>	35
3.1.2	<i>Características climáticas y edáficas</i>	36
3.2	Materiales, equipos, insumos y herramientas	36
3.2.1	<i>Materiales</i>	36
3.2.2	<i>Equipos</i>	36
3.2.3	<i>Insumos</i>	36
3.2.4	<i>Herramientas</i>	37
3.3	Métodos.....	37
3.3.1	<i>Factor en estudio.</i>	37
3.3.2	<i>Niveles</i>	39
3.3.3	<i>Diseño experimental.</i>	39
3.3.4	<i>Análisis estadístico</i>	40
3.4	Variables evaluadas.....	41
3.4.1	<i>Descriptorios cuantitativos</i>	41
3.5	Manejo específico del experimento	52
CAPÍTULO IV		59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59
4.1	Variabilidad de los datos cuantitativos	59
4.2	Caracteres agronómicos evaluados según las etapas fenológicas del cultivo de fréjol.....	60
4.2.1	<i>En estado de plántula</i>	60

4.2.2 Al momento de la floración	62
4.2.3 En estado de madurez fisiológica	68
4.2.4 Al momento de la cosecha	70
4.3 Incidencia y dinámica poblacional de plagas.....	81
4.3.1 Masticador de la hoja (<i>Acanthoscelides obtectus</i> Thomas Say.)	81
4.3.2 Lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y Moore.).....	83
4.3.3 Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius.)	86
4.3.4 Barrenador de la vaina (<i>Epinotia aporema</i> Walsingham.)	89
4.4 Incidencia y severidad de enfermedades.....	91
4.4.1 Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> Sacc. y Magn.).....	91
4.4.2 Roya (<i>Uromyces phaseoli</i> Pers.)	93
4.5 Identificación de materiales promisorios	95
CAPÍTULO V	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
5.1 Conclusiones	98
5.2 Recomendaciones.....	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de las etapas de desarrollo de la planta de fréjol.....	28
Tabla 2: Producción de fréjol en Ecuador	31
Tabla 3: Requerimientos edafoclimáticos	31
Tabla 4: Datos pasaporte de las muestras de fréjol a evaluar	37
Tabla 5: Descripción de los niveles en estudio.....	39
Tabla 6: Características de la unidad experimental	40
Tabla 7: Análisis de varianza de un Diseño Completamente al Azar	40
Tabla 8: Medidas de resumen para los caracteres cuantitativos durante el cultivo.....	60
Tabla 9: Variables que componen el rendimiento	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Raíz de fréjol.....	24
Figura 2: Esquema de los cuatro tipos de hábitos crecimiento del fréjol.....	24
Figura 3: Hoja trifoliada de fréjol.....	26
Figura 4: Flor de fréjol.....	26
Figura 5: Fruto de la planta de fréjol.....	27
Figura 6: Mapa de ubicación del ensayo.....	35
Figura 7: Muestras de fréjol obtenidas del mixturiado.....	38
Figura 8: Croquis del ensayo Diseño Completamente al Azar (DCA).....	39
Figura 9: Días a la emergencia.....	41
Figura 10: Emergencia de plántulas a los 7 (a), 14 (b) y 21 días (c).....	42
Figura 11: Etapa de floración en el cultivo de fréjol.....	42
Figura 12: Medición de longitud de tallo.....	43
Figura 13: Medición de longitud y ancho de la hoja de fréjol.....	43
Figura 14: Formación de las primeras vainas.....	44
Figura 15: Etapa de madurez fisiológica de la muestra 3.....	44
Figura 16: Etapa de madurez de campo.....	45
Figura 17: Longitud de la vaina en seco.....	45
Figura 18: Ancho de la vaina en seco.....	46
Figura 19: Número de semillas por vaina de la muestra 9.....	46
Figura 20: Largo de semilla de la muestra 12 (mixturiado).....	47
Figura 21: Ancho de semilla de la muestra 12 (mixturiado).....	47
Figura 22: Grosor de semilla de la muestra 12 (mixturiado).....	47
Figura 23: Medidor de humedad y peso de 100 semillas en gramos (muestra 11).....	48
Figura 24: Peso de semilla en kilogramos.....	48
Figura 25: Monitoreo de incidencia de plagas y enfermedades.....	49
Figura 26: Ataque de picudo en hojas primarias.....	49
Figura 27: Presencia de lorito verde adulto en hojas.....	50
Figura 28: Presencia de mosca blanca.....	50
Figura 29: Barrenador de la vaina.....	51
Figura 30: Diseminación de roya en las hojas.....	51
Figura 31: Manchas de antracnosis en hojas.....	52
Figura 32: Filtrado y almacenamiento de biol de estiércol de vaca.....	53
Figura 33: Elaboración de surcos de forma mecánica.....	53
Figura 34: Delimitación del área de estudio.....	54
Figura 35: Aplicación localizada de bocashi.....	55
Figura 36: Tutorado de fréjol.....	56
Figura 37: Bio-preparado de cola de caballo.....	56
Figura 38: Semilla de higuera molida.....	57
Figura 39: Trampa cromática amarilla para control de plaga.....	57
Figura 40: Cosecha de fréjol en seco.....	58
Figura 41: Días a la emergencia.....	61

Figura 42: Porcentaje de germinación	62
Figura 43: Número de días a la floración	63
Figura 44: Duración de la floración.....	64
Figura 45: Longitud del tallo principal (m)	65
Figura 46: Longitud del foliolo central (cm)	66
Figura 47: Ancho del foliolo central (cm)	67
Figura 48: Días a la formación de vainas	68
Figura 49: Días a la madurez fisiológica	69
Figura 50: Duración de la madurez fisiológica	70
Figura 51: Días a la cosecha	71
Figura 52: Número de vainas por planta	72
Figura 53: Longitud de vainas en cm	73
Figura 54: Ancho de vainas en cm	74
Figura 55: Número de semillas por vaina.....	74
Figura 56: Largo promedio de semillas	75
Figura 57: Ancho promedio de semillas.....	76
Figura 58: Grosor de la semilla	77
Figura 59: Peso de 100 semillas en gramos.....	78
Figura 60: Rendimiento por unidad experimental en kg	80
Figura 61: Incidencia de masticador de hoja según la etapa fenológica	82
Figura 62: Dinámica poblacional del masticador de la hoja	83
Figura 63: Incidencia de lorito verde.....	84
Figura 64: Dinámica poblacional del lorito verde	85
Figura 65: Incidencia de mosca blanca.....	87
Figura 66: Dinámica poblacional de la mosca blanca	88
Figura 67: Incidencia del barrenador	90
Figura 68: Número de barrenadores por planta	91
Figura 69: Porcentaje de incidencia de antracnosis.....	92
Figura 70: Severidad de la antracnosis	93
Figura 71: Porcentaje de incidencia de roya.....	94
Figura 72: Severidad de roya.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Días a la emergencia	111
Anexo 2. Porcentaje de germinación a los 9, 14 y 21 días	111
Anexo 3. Días a la floración	112
Anexo 4. Longitud de tallo principal (m)	112
Anexo 5. Duración de la floración (días)	113
Anexo 6. Longitud del foliolo central (cm)	113
Anexo 7. Ancho de foliolo central (cm)	113
Anexo 8. Días a la formación de vainas	114
Anexo 9. Días a la madurez fisiológica	114
Anexo 10. Duración de la madurez fisiológica	114
Anexo 11. Días a la cosecha	115
Anexo 12. Número de vainas por planta	115
Anexo 13. Longitud de vainas (cm)	116
Anexo 14. Ancho de vainas (cm)	116
Anexo 15. Numero de semillas por vaina.....	116
Anexo 16. Largo de semilla (cm)	117
Anexo 17. Ancho de semillas (cm)	117
Anexo 18. Grosor de la semilla (cm).....	117
Anexo 19. Peso de 100 semillas (g)	118
Anexo 20. Rendimiento por unidad experimental (kg)	118

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE FRÉJOL MIXTURIADO (*Phaseolus vulgaris* L.) MIXTURIADO BAJO UN SISTEMA AGROECOLÓGICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL, LA PRADERA.

Autor: Mayra Cristina Díaz Quilca
Universidad Técnica del Norte
Correo: mcdiazq@utn.edu.ec

RESUMEN

Ecuador se ha caracterizado por la amplia agrobiodiversidad presente en las chacras de los agricultores, siendo el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) la leguminosa con mayor importancia dentro de los sistemas agrícolas, que a su vez presentan una amplia variabilidad genética, permitiendo además que los usos y sistemas de manejo sean más diversificados. En la actualidad, existe un creciente interés con respecto al abandono o reemplazo de variedades locales por mejoradas, lo cual implica la disminución de la reserva genética. A través de la presente investigación se evaluó el comportamiento agronómico de 11 componentes del fréjol tipo mixturiado y el testigo que es la mezcla de los 11 componentes que integran el mixturiado. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) y se evaluó 22 características cuantitativas, el ensayo se manejó bajo un enfoque agroecológico. Los resultados indican que el mejor rendimiento lo presenta el componente 8 con 4146.43 kg ha⁻¹ y el más bajo se observó en el componente 7 con 2000 kg ha⁻¹, la diferencia se dio por la diversidad de tamaños en las semillas. Es preciso mencionar que la muestra M12 (testigo) no es significativamente diferente de la muestra M8 y se destaca al ubicarse en segundo lugar con un rendimiento de 3925 kg ha⁻¹, lo que implica que el mixturiado presenta rendimientos competitivos si se siembra de forma independiente o mezclado. Con respecto a la incidencia de plagas, el barrenador de la vaina (*Epinotia aporema* Walsingham) fue notable en la etapa de la madurez fisiológica, sin embargo, el nivel de daño ocasionado fue bajo. La investigación sugiere que el uso de mezclas varietales presenta buenos resultados lo que permite determinar materiales promisorios de fréjol tipo mixturiado con características favorables.

Palabras clave: agrobiodiversidad; conservación *in situ*; producción agroecología; bioinsumos; rendimiento.

AGRONOMIC EVALUATION OF MIXTURED BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) UNDER AN AGROECOLOGICAL SYSTEM IN THE EXPERIMENTAL FARM, LA PRADERA.

Autor: Mayra Cristina Díaz Quilca
Universidad Técnica del Norte
Correo: mcdiazq@utn.edu.ec

ABSTRACT

Ecuador has been characterized by the wide agrobiodiversity in farmers' fields. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) crop is the most important legume within agricultural systems. It has a wide genetic variability, allowing for more diversified uses and management systems. Currently, there is an increasing interest in replacing local varieties by improved varieties, this practice reduces the genetic reserve, causing reduction of native agrobiodiversity. The research evaluated the agronomic performance of 11 components of the mixed bean type and the control, which is the mixture of the 11 components integrate the mixture. A completely randomized design (CRD) was used, and 22 quantitative characteristics were evaluated, the trial was managed under an agroecological approach. The results showed that component 8 reached the highest yield (4146.43 kg ha⁻¹) and the component 7 as the lowest value (2000 kg ha⁻¹), the difference is explained for the seed size diversity. It is worth mentioning that the M12 sample (control) is not significantly different from the M8 sample and stands out in second place with a yield of 3925 kg ha⁻¹, which implies that the mixture presents competitive yields if planted independently or mixed. About pest incidence, bean pod borer (*Epinotia aporema* Walsingham) caused low damage at the physiological maturity stage. The research suggests that the use of varietal mixtures shows good results, which allows determining promising materials of mixed bean type with favorable characteristics. The research suggests that the use of varietal mixtures presents good results, which allows determining promising mixed bean materials with favorable characteristics.

Keywords: agrobiodiversity; *in situ* conservation; agroecological production; biofertilizers; yield.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado una leguminosa de grano de consumo humano directo más importante del mundo por sus propiedades nutritivas y su extensa distribución geográfica (Velásquez y Giraldo, 2005). En el Ecuador, cumple con un rol nutricional importante por su utilidad alimenticia que constituye una de las principales fuentes de proteína para la población urbana y rural. En especial para aquellos sectores de escasos recursos económicos que no pueden acceder a fuentes de proteína de origen animal por su elevado costo (Peralta et al., 2013).

A nivel nacional se usan 941279 ha de superficie para cultivos transitorios, de los cuales el cultivo de fréjol seco ocupa 21043 ha, las cuales pueden ser áreas en monocultivo o asocio (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2018). La producción de esta leguminosa está concentrada en gran parte en los pequeños y medianos agricultores los que comúnmente siembran bajo estos dos sistemas. En mayor parte lo realizan en asocio con maíz en las denominadas chacras, estos sistemas agrícolas son predominantes de la Sierra ya que permite el uso eficiente de la superficie de terreno (Basantes, 2015). Este sistema en el que conviven una serie de plantas con tecnologías y calendarios propios de cada lugar, se caracteriza por la alta diversidad que se conserva bajo criterios de agricultura limpia (Moncada et al., 2018).

Según Martínez (2008) el fréjol se encuentra dentro del grupo de las especies que presentan una amplia variabilidad genética, existiendo cultivares que producen granos de los más diversos tamaños, formas y colores. Basantes (2015) afirma que existen más de 50 variedades de fréjol en el país, entre las más representativas se encuentran: el cargabello, rojo moteado, canario, calima negro calima roja, jema, toa y blanco panamito que son las variedades más apetecidas en el ámbito comercial.

Dentro de este marco, en el cantón Cotacachi se maneja una gran diversidad de variedades de fréjol cada una con características y propiedades particulares (Ramírez y Willians, 2003). En dicho sector se encuentran algunos de los granos andinos tradicionales del Ecuador y se destaca un manejo agronómico local que se denomina como mixturiado que consiste en una mezcla de variedades que presentan una amplia diversidad de colores, formas y tamaños, producto de una práctica local de juntar diferentes materiales. Estas semillas han sido recolectadas y almacenadas en el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador para su conservación y posteriores evaluaciones (Delgado et al., 2017).

En este sentido se han realizado evaluaciones de germoplasma bajo sistemas agroecológicos con materiales locales de fréjol recolectados en Chaltura. Estas investigaciones permitieron obtener información sobre el comportamiento morfológico y agronómico de estas semillas y determinar materiales promisorios para que el agricultor pueda elegir las variedades que presentan buenos rendimientos en producción (Ulcuango, 2018).

Existen varios estudios que muestran análisis relacionados con la evaluación agronómica de fréjol. Como es el caso de una investigación previa, realizada en Colombia por López y Ligarreto (2006), donde se evaluó el rendimiento de algunos genotipos promisorios de fréjol voluble, entre ellos: Bola roja y Reventón. Se obtuvo como resultado que el carácter número de vainas/planta es el de mayor importancia para la determinación del rendimiento. En otra investigación realizada por Matute (2013), se evaluaron características agronómicas de diferentes cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) procedentes del INIAP. Se obtuvo como resultado que, en el número de días a la floración, el más precoz fue el cultivar Mantequilla Copte con 51 días y el más tardío fue el cultivar Libertador con 71 días. Mientras que para la variable peso de cien granos secos el cultivar Blanco Belén obtuvo el mayor peso con 63.3 g y el cultivar Afroandino 20.70 g.

Por lo tanto, se define que todo genotipo con interés para producción de alimentos, mejoramiento de cultivos y conservación o selección de materiales sobresalientes, debe ser evaluado agronómicamente y su resultado sometido a un análisis (Chávez y Sevilla, 2003). Dicha evaluación consiste en describir las características agronómicas y morfológicas que presenta el germoplasma. Las cuales generalmente suelen ser cuantitativas y cualitativas, y son las que representan parte del espectro de la variación genética dentro de una especie (Jaramillo y Baena, 2000).

1.2. Problema

En el Ecuador existe una preocupación creciente con respecto a la pérdida de la biodiversidad agrícola conocida como erosión genética. Esta se produce cuando se pierden, abandonan o sustituyen las variedades locales por variedades mejoradas. En consecuencia, cuando las semillas locales son sustituidas por cultivos nuevos se produce una erosión debido a que las accesiones introducidas no aportan con la diversidad genética de las especies locales o nativas, dando lugar a una disminución de la reserva genética la cual amenaza con la extinción del germoplasma de fréjol nativo (Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas de Cotacachi [UNORCAC], 2012).

En función de lo planteado, en la agricultura tradicional el cultivo del fréjol voluble ha sido un componente esencial para el desarrollo cultural de los pueblos. Entre las variedades más representativas se encuentra el Bolón rojo y Popayán las cuales en el país se han venido cultivando tradicionalmente en asociación, en mayor parte con maíz

(Villavicencio y Vásquez, 2008). Dentro de este grupo también están otras variedades locales como los tipos de fréjol que componen el mixturiado. Sin embargo, estas variedades en la actualidad se han ido perdiendo progresivamente debido a la introducción de variedades mejoradas como el tipo canario, que son más aceptadas en el mercado ya que son de interés comercial (Tapia et al., 2008).

Por otro lado, los agricultores de la zona de Cotacachi no cuentan con información de estudios realizados sobre la caracterización agronómica de los materiales locales ya que al ser nativos son los que menos han sido evaluados. Esto ha causado un abandono de cultivo de este tipo de fréjol (Ramírez y Willians, 2003).

1.3. Justificación

El Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad, razón por la cual, se ha dado más prioridad a la conservación de los materiales fitogenéticos debido a la importancia de la conservación de las semillas nativas que garantizan la seguridad alimentaria (Tapia et al., 2008). La abundante diversidad biológica que posee el país se ve reflejada en una gran agrobiodiversidad que sustenta el desarrollo económico, la soberanía alimentaria, la generación de ingresos y medios de vida. Los cuales son beneficios que ofrece el sistema de producción basado en preservar la biodiversidad para la agricultura y alimentación (Delgado et al., 2018).

En este aspecto, las instituciones INIAP, UNORCAC y la Universidad Técnica del Norte, están trabajando en el proyecto “Fortalecimiento de las comunidades Indígenas de Cotacachi-Ecuador en la conservación y uso de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) como mecanismo para la distribución justa y equitativa de los beneficios”. Este proyecto tiene la finalidad de conservar la biodiversidad, multiplicar y retribuir las semillas a las comunidades indígenas, puesto que, ellos han sido quienes han conservado ancestralmente la diversidad existente en la zona de Cotacachi. Mientras que en la parte investigativa se propone caracterizar materiales fitogenéticos mediante evaluaciones agronómicas para determinar variedades con características sobresalientes para mejorar la productividad y la resistencia al cambio climático.

La presente investigación parte de un proceso previo donde se evaluaron 39 materiales en la zona de Cotacachi, identificando 15 como promisorios entre ellos 7 de fréjol mixturiado. De dichos materiales, se realizó un segundo estudio donde se pretende evaluar 11 componentes del fréjol tipo mixturiado y el testigo que es la mezcla de estas semillas, en la parroquia Chaltura. Con el fin de identificar potencialidades del cultivo mediante la evaluación de caracteres cuantitativos con el interés de conocer el comportamiento agronómico cuando son cultivados fuera de su lugar de origen. Y determinar si presentan mejores rendimientos cuando son sembrados de forma individual

o en mezcla, que es como se ha sembrado tradicionalmente y todo esto bajo un enfoque agroecológico puesto que son alternativas de producción que busca el agricultor.

La evaluación agronómica y la respectiva descripción morfológica de líneas y cultivares beneficia tanto al mejorador del material fitogenético y productor de semillas, como al agricultor y al comerciante del producto final al mercado. Además, esta descripción permite a los agricultores y comerciantes obtener cultivares que pueden hacer frente a condiciones climáticas adversas sin afectar sus rendimientos (Galović et al., 2006). Frente al cambio climático existen alternativas de manejo como el uso de tecnologías agroecológicas donde se pretende lograr sistemas diversificados y suelos cubiertos y ricos en materia orgánica que permitan contribuir con una agricultura resiliente y sostenible, que no tienen dependencia de agroquímicos. Asimismo, ayuda a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos que el agricultor tiene a su alcance para la producción de su propio germoplasma que le puede servir como semilla o para autoabastecimiento alimentario (Coronel, 2019).

Por lo tanto, la evaluación agronómica de cultivares nativos de fréjol promueve la conservación, foto-documentación y la multiplicación de semillas. Es importante recalcar que al final de la investigación se entregarán semillas a los agricultores para que continúen con la conservación de las variedades nativas de fréjol.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las características agronómicas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mixturiado bajo un sistema agroecológico en la Granja Experimental, La Pradera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el comportamiento agronómico del fréjol variedad mixturiado mediante el uso de descriptores cuantitativos para la selección de materiales promisorios.
- Cuantificar el potencial productivo del fréjol variedad mixturiado bajo un sistema de manejo agroecológico para la identificación de materiales con alto rendimiento y calidad de grano.

1.5 Hipótesis

Ho: Los materiales de fréjol cultivados de forma mixturiada bajo un sistema de producción agroecológico no presentan mejores rendimientos.

Ha: Los materiales de fréjol cultivados de forma mixturiada bajo un sistema de producción agroecológico presentan mayores rendimientos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del fréjol

Según López et al. (1985) Mesoamérica específicamente México, ha sido aprobado como el centro de origen o al menos como el principal centro de diversificación de esta leguminosa. El cultivo de fréjol está considerado como uno de los hallazgos arqueológicos más arcaicos en su posible centro de origen y a partir de ahí se expandió a Suramérica donde el aislamiento geográfico dio lugar a dos colecciones de bancos de genes: el Andino y el Mesoamericano (Curay, 2019).

2.2 Importancia

Se ha verificado que la mayor importancia de esta leguminosa radica en su utilidad nutricional, pues sus granos contienen altos niveles de proteína que pueden ir de 22 a 28% (Velásquez y Giraldo, 2005). Ramírez y Willians (2003) indican que, en el Ecuador el fréjol voluble nativo es para consumo local y son considerados como patrimonio nacional por sus múltiples colores lo que los hace atractivos a la vista y al paladar, permitiendo a las personas disponer de alimento variado (vainas verdes, fréjol tierno, fréjol seco) para subsistir.

2.2.1 Importancia de la biodiversidad

La biodiversidad agrícola es considerada como la base de la seguridad alimentaria global ya que permite asegurar la subsistencia y los hábitats de las personas mediante el sostenimiento de agroecosistemas funcionales (Centro Internacional de la Papa [CIAP], 2003). En este sentido, la zona andina del cantón Cotacachi también es conocida por la amplia agrobiodiversidad que presenta, debido a la existencia de muchas especies de plantas comestibles. Donde la mitad de estas se reconocen como materiales nativos mientras que las demás son especies introducidas, sin embargo, los agricultores no producen todas las especies de cultivos por lo que existe una tendencia hacia la producción asociada de maíz y fréjol (Pucuji, 2016).

Esta asociación entre diferentes especies o mezclas de semillas de una misma especie ayuda a mantener una biodiversidad en las parcelas y en consecuencia el ataque de plagas causa menor daño, al generarse una habilidad para tolerar plagas y enfermedades ya que no atacan solo a un cierto cultivo. Además, con esta diversificación de siembra se genera un surtido de diferentes cultivos donde permite a los agricultores aumentar sus opciones para obtener ganancias al momento de la cosecha (UNORCAC, 2009).

2.2.2 Fréjol tipo mixturiado

La *chakra* andina es la forma de agricultura propia de los pueblos indígenas quichuas de la sierra y podemos encontrarla en todo el callejón interandino. Se caracteriza por una alta agrobiodiversidad y un complejo sistema de semillas y adaptaciones varietales que se desarrollan. Dentro de esto existe una serie de prácticas ingeniosas y tecnologías muy funcionales para el manejo ecológico como es sembrar semillas en mezcla más conocido como mixturiado (Gortaire, 2017).

El mixturiado es un manejo tradicional que consiste en una mezcla de variedades de fréjol nativo que presentan diversidad de colores, formas y tamaños los cuales son producto de una práctica local de juntar diferentes materiales. Estas prácticas se orientan a la satisfacción de la alimentación familiar y comunitaria y su mantenimiento es esencial para la producción de alimentos y los beneficios que estos proveen para la humanidad, incluyendo la seguridad alimenticia, la nutrición y el sustento (Ramírez y Willians, 2003).

2.3 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Valladares (2010) la clasificación taxonómica del fréjol se detalla a continuación:

- **Reino** Plantae
- **División** Magnoliophyta
- **Clase** Magnoliopsida
- **Orden** Fabales
- **Familia** Fabaceae
- **Género** *Phaseolus*
- **Especie** *P. vulgaris*
- **Nombre científico** *Phaseolus vulgaris* L.

2.4 Descripción botánica

La descripción botánica de cada uno de los órganos por separado facilita la comprensión de la conformación de la planta de fréjol, ya que permite conocer algunos aspectos específicos mediante la descripción de las características anatómicas.

2.4.1 Raíz

Al iniciar la etapa de desarrollo el sistema radicular está conformado por la radícula del embrión, la cual más adelante se convierte en la raíz principal o primaria (Figura 1). A los pocos días de emerger la radícula se alcanza a visualizar las raíces

secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superficial (Debouck e Hidalgo, 1984).

Figura 1

Raíz de fréjol



Fuente: Padilla (2014)

2.4.2 Tallo

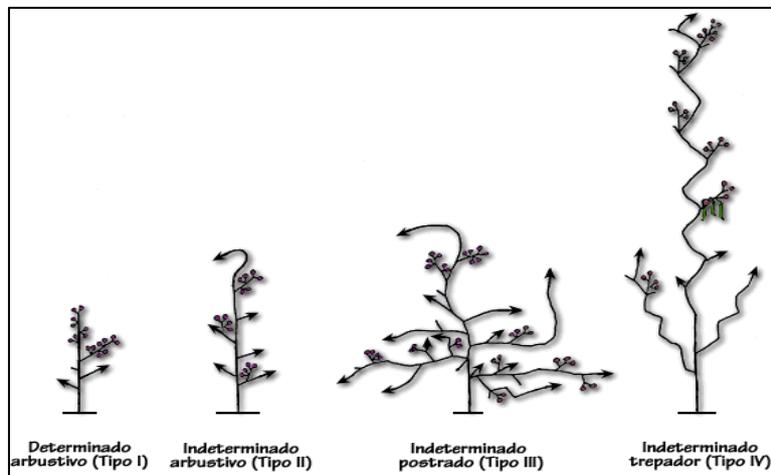
Andino (2011) considera que, el tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual se origina en el meristema apical del embrión de la semilla. Es herbáceo de sección cilíndrica y está formado por la sucesión de nudos y entrenudos; generalmente puede ser erecto, semiprostrado o prostrado de acuerdo con el hábito de crecimiento de la variedad.

2.4.3 Hábito de crecimiento

Según su forma y hábitos de crecimiento, se dividen en dos tipos: variedades de crecimiento determinado y de crecimiento indeterminado (Figura 2). Esto debido a que el resultado se ve influenciado por la interacción de varios caracteres morfológicos con el ambiente lo cual determina su arquitectura final (Debouck e Hidalgo, 1984).

Figura 2

Esquema de los cuatro tipos de hábitos crecimiento del fréjol



Fuente: Debouck e Hidalgo (1984)

Arias et al. (2007) mencionan que las principales características morfo-agronómicas que se toman en cuenta para determinar el hábito de crecimiento son:

Tipo I. Hábito de crecimiento determinado arbustivo:

- El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada.
- En general, el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de cinco a diez.
- La altura puede variar entre 30 y 50 cm.
- La etapa de floración dura menos y la madurez de todas las vainas sucede casi de forma homogénea.

Tipo II. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo:

- El tallo es vertical sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta, las ramas no tienen la capacidad de producir guías.
- Presenta pocas ramas, pero con un número superior al tipo I y generalmente cortas con respecto al tallo.
- El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I por lo general son más de 12.
- Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III. Hábito de crecimiento indeterminado postrado:

- Las plantas son postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
- En cuanto a la altura es superior a la de las plantas del tipo I, generalmente son mayores a 80 cm.
- El número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II; de igual manera la longitud de los entrenudos y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
- Algunas plantas al inicio de la fase vegetativa se tornan postradas; otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas, aunque pueden presentar aptitud trepadora.

Tipo IV. Hábito de crecimiento indeterminado trepador:

- Partiendo de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad para trepar.
- Las ramas son muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
- El tallo puede poseer de 20 a 30 nudos aproximadamente, suele alcanzar más de 2 m de altura con un soporte adecuado.
- La etapa de floración es considerablemente más larga que la de los otros hábitos, de manera que en la planta se presentan a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de vainas, el llenado de vainas y la madurez fisiológica.

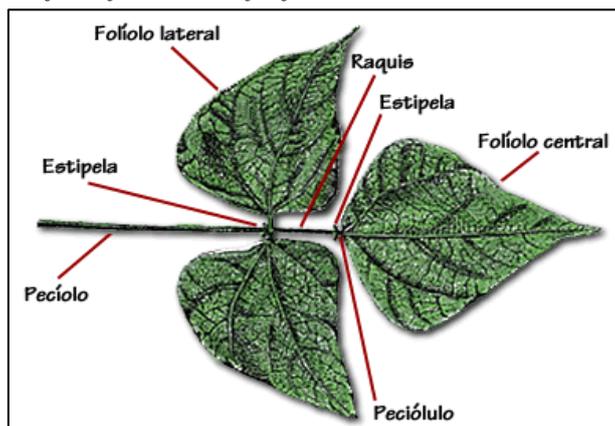
2.4.4 Hojas

Las hojas del fréjol son de dos tipos: simples y compuestas, están insertadas en los nudos del tallo, las primeras hojas se forman en las semillas durante la embriogénesis

y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas trifoliadas son las típicas del fréjol presentan tres folíolos, un peciolo y un raquis (Figura 3). En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular que siempre son visibles y se forman a cada lado de la base foliar (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1993).

Figura 3

Hoja trifoliada de fréjol



Fuente: CIAT (1993)

2.4.5 Flores

La flor del fréjol es pentámera, perfecta y completa formada por cinco pétalos separados, el pétalo superior se llama estandarte, los dos laterales se conocen como alas y los dos inferiores son los que constituyen la quilla. Además, se caracteriza por presentar los órganos masculinos y femeninos dentro de la misma flor, posee corola y cáliz. Es una típica flor papilionácea que es similar a una mariposa (Figura 4), presenta un pedicelo con pelos uncinulados, el cáliz es gamosépalo y en la base existen dos bractéolas verdes y ovoides que persisten hasta poco después de la floración (Arias et al., 2007).

Figura 4

Flor de fréjol



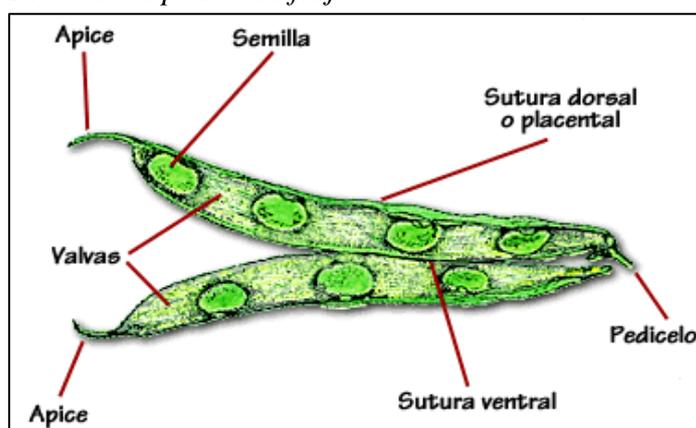
Fuente: Pulido (2013)

2.4.6 Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen de un ovario comprimido; poseen pelos muy pequeños, su epidermis es cerosa y pueden ser de diversos colores, formas y dimensiones variables, en su interior se encuentran de 4 a 6 semillas con características particulares. Estas se encuentran adheridas a las valvas en forma alterna sobre la sutura dorsal o placentar y la sutura ventral (Figura 5). Existen diferencias entre las vainas jóvenes o en estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas, mismas que en un estado avanzado refuerzan las paredes de la vaina o cáscara por tejidos fibrosos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

Figura 5

Fruto de la planta de fréjol



Fuente: Debouck e Hidalgo (1984)

2.5 Ciclo de cultivo

El ciclo de cultivo se da de acuerdo con la zona donde se lo cultiva y de la variedad que se utiliza (Navarrete et al., 2013)

- El fréjol en tierno: 80 a 90 días en valles y estribaciones.
- El fréjol en seco: 110 a 115 días en valles y estribaciones; 150 a 165 días en Guaranda, Bolívar.

2.6 Etapas de desarrollo del cultivo

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1982) ha identificado 10 etapas que constituyen la escala de desarrollo de la planta de fréjol, las cuales abarcan dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva. Mismas que se pueden ver influenciadas por la interacción del genotipo con el ambiente o también por otros factores

como la fertilidad del suelo. Cada etapa inicia en un evento de desarrollo y termina cuando se encuentra en una nueva etapa como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1

Descripción de las etapas de desarrollo de la planta de fréjol

Fase	Código	Nombre	Descripción
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla absorbe agua, brota la radícula y se transforma en raíz primaria.
	V1	Emergencia	Aparece el 50% de los cotiledones a nivel del suelo y eventualmente se desarrolla el epicótilo.
	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas se presentan totalmente abiertas.
	V3	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas se despliega y se puede observar una segunda hoja trifoliada de tamaño reducido.
	V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas se expande totalmente y las yemas de los nudos inferiores comienzan a producir ramas.
Reproductiva	R5	Prefloración	Inicia cuando aparece el primer botón floral en el 50% de las plantas. En variedades indeterminadas se observa en los nudos inferiores.
	R6	Floración	Inicia cuando se ha abierto la primera flor en la planta y en el cultivo cuando el 50% de las plantas presentan dicha característica.
	R7	Formación de vainas	Aparecen las primeras vainas en las plantas con una longitud de 2.5 cm y en cultivo cuando el 50% de las plantas presentan por lo menos una vaina.
	R8	Llenado de vainas	Inicia cuando el 50% de las plantas comienzan a llenar la primera vaina.
	R9	Madurez fisiológica	Se observa el cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas (de verde al amarillo uniforme o pigmentado).

Fuente: CIAT (1982)

2.7 Variedades de fréjol

El cultivo de fréjol en el Ecuador predomina a lo largo de la sierra que va desde los 1500 a 2400 msnm, en la sierra norte en las provincias de Imbabura y Carchi ubicados entre los 1500 y 2200 msnm predomina la variedad Cargabello. Mientras que en el sur el predominio es de las variedades de los colores claros, canario y posiblemente algunos panamitos (Voyssest, 2000). Por su parte las variedades de hábito de crecimiento voluble, es decir, las que deben tutorarse, se adaptan a zonas con altitudes superiores a los 1700 m.s.n.m. y las que poseen hábito de crecimiento arbustivo a zonas más bajas comprendidas entre 600 y 1700 msnm (Guevara, 2014).

2.8 Manejo agroecológico del cultivo de fréjol

Según Álvarez (2018) los aspectos que se debe considerar durante el manejo del cultivo de fréjol son los siguientes:

2.8.1 Semilla

Debido a que existen enfermedades en el cultivo de frijol que se transmiten por semilla se sugiere el uso de semilla de buena calidad. Las siembras con buena semilla aumentan las posibilidades de obtener una alta germinación, plantas sanas, vigorosas y altos rendimientos.

2.8.2 Preparación del suelo

Una adecuada preparación del suelo permitirá asegurar una buena germinación de las plántulas y facilitará el manejo del cultivo. Esta labor se puede realizar de forma mecánica o manual, lo importante es que el suelo debe quedar suelto, mullido y nivelado para evitar acumulaciones de agua durante el riego por lo que se recomienda hacer en sentido contrario a la pendiente.

2.8.3 Época de siembra

El fréjol se puede sembrar en todo el año, sin embargo, en zonas del norte y sur del país la siembra se realiza tradicionalmente con el inicio de la temporada de lluvias que corresponde a las épocas de febrero a abril y de septiembre a noviembre. Se recomienda el periodo de siembra de noviembre, a fin de escapar a dos plagas importantes del cultivo del frijol que son la mosca blanca y lorito verde (*Bemisia tabaci* y *Empoasca kraemeri*). Esta época es la más recomendable para la producción de semilla y grano.

2.8.4 Riego

El número y frecuencias de riego varían de acuerdo con las condiciones climáticas y el tipo de suelo; en ausencia de lluvias se puede dar de 10 a 13 riegos en todo el ciclo, con énfasis en la etapa de floración y llenado de vainas donde los riegos se deben dar con mayor frecuencia.

2.8.5 Deshierbe

Los rendimientos del fréjol son muy afectados por la maleza, si ésta no se elimina a tiempo. Por ello la primera deshierba debe realizarse entre los 12 y 20 días después de la siembra. Posteriormente al inicio de la floración se debe realizar una deshierba y un

ligero aporque. El combate de las malezas se puede hacer utilizando el combate cultural, mecánico o biológico esto dependerá de las malezas que se presenten en el lote.

2.8.6 Fertilización

En cuanto a la fertilización, es una práctica necesaria para obtener altos rendimientos en las cosechas. Dentro de un manejo agroecológico la aplicación de abonos orgánicos elaborados por los propios agricultores es considerada una estrategia contra la erosión de suelos. En este sentido se puede incorporar: bocashi, lombricompost, estiércoles (biol) y residuos de cosechas.

Ortíz (2010) recomienda hacer un análisis de suelo previo a la implementación del cultivo. A falta de un análisis, se recomiendan 2 fertilizaciones básicas: la primera a la siembra o a más tardar 8 días después, incorporando al suelo bocashi y la segunda a los 30 días después de la siembra. Se sugiere complementar la fertilización vía foliar con un biofertilizante en la etapa de inicio de botón floral y 15 días después

2.8.7 Control de plagas y enfermedades comunes

Es importante identificar los insectos y las enfermedades que afectan el cultivo, para un combate eficiente. En el desarrollo de la agricultura, a través de los tiempos, se han utilizado diversos extractos de plantas con efecto insecticida, cuyos componentes activos ayudan mitigar las acciones de plagas y enfermedades (Álvarez, 2018).

Así mismo, es indispensable el uso de extractos de plagas y cebos con principios repelentes, insecticidas o de trampa ya que se han comprobado su efectividad insecticida y además recomiendan su utilización en la agricultura ecológica. El control de plagas y enfermedades debe hacerse en el momento idóneo, es decir después de hacer un monitoreo del cultivo y se estime que las plagas y enfermedades puedan sobrepasar el umbral de daño económico.

2.8.8 Cosecha

La cosecha en vaina seca debe realizarse cuando las plantas hayan alcanzado del todo la madurez fisiológica; es decir, cuando se presenten completamente defoliadas, las vainas secas de color amarillo y con un contenido aproximado de 18 a 20% de humedad en sus semillas.

2.9 Productividad y rendimiento del fréjol

En el año 2018, la superficie sembrada de fréjol a nivel de país (Tabla 2), tuvo un crecimiento del 6%. Tanto en monocultivo como asociado con otros cultivos como el maíz (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2018).

Tabla 2

Producción de fréjol en Ecuador

	Método de siembra	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t)
Solo	Tierno	6988	6760	17528
	Seco	7830	6807	5184
	Subtotal solo	14818	13567	22712
Asociado	Tierno	3064	2632	4082
	Seco	13213	10877	5911
	Subtotal asociado	16277	13509	9993
Total		31095	27076	32705

Fuente: INEC (2018)

2.10 Requerimientos edafoclimáticos

La planta de fréjol para su buen desarrollo requiere de algunos factores ambientales tales como temperatura, radiación solar, precipitación y humedad relativa (Tabla 3).

Tabla 3

Requerimientos edafoclimáticos

Requerimientos	Descripción
Altitud	400-1200 msnm
Temperatura	15-27° C
Precipitación	500-1000 mm/año
Textura	Franco limosa
pH	6.5-7.5

Fuente: Cabrera y Reyes (2008)

2.11 Plagas y enfermedades que atacan al cultivo de fréjol

2.11.1 Plagas

En cuanto a los insectos plaga que atacan al cultivo de fréjol, el grado real de los daños varía según las condiciones ambientales, la época de siembra, los cultivares utilizados y el medio geográfico o ecosistema natural en el cual se desarrollan (Bermello, 2016).

a) Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)

Ante la presencia de este insecto el follaje se torna de color amarillo moteado, seguido de defoliación y muerte de las plantas. Las ninfas y adultos de la mosca blanca expulsan una sustancia azucarada (mielecilla) que permite el desarrollo de un hongo denominado fumagina lo que provoca la reducción de la actividad fotosintética de las plantas dañadas (Cardona et al., 2005).

b) Lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore)

Cuando esta plaga se presenta con incidencia elevada influye en el crecimiento y desarrollo de la planta. Su verdadero daño no es tanto por el número, sino por la saliva que le inyecta a la hoja en el proceso de alimentación la cual es fitotóxica y el fréjol es muy sensible a ello. Lo que provoca un encorvamiento de las hojas hacia abajo o hacia arriba que posteriormente se encrespan y las hojas primarias se tornan amarillas, la planta se retrasa en su crecimiento y el rendimiento se reduce (Lardizabal y Arias, 2013).

c) Masticador de la hoja (*Acanthoscelides obtectus* Thomas Say.)

Comúnmente llamados "gorgojos del frijol" tienen la habilidad de desarrollarse bajo condiciones de almacenamiento y si su control no es adecuado puede atacar en campo como masticador. Ataca directamente las hojas primarias iniciando por sus bordes, si su población es avanzada puede acabar con la planta (Bermello, 2016).

d) Barrenador de la vaina (*Epinotia aporema* Walsingham)

Es un insecto que puede causar daños en el cultivo de leguminosas con destino a la producción de semillas. Las larvas tienen hábito barrenador y se alimentan de brotes y vainas de diversas leguminosas, provocando la disminución de semilla de calidad (Ribeiro et al., 2015).

2.11.2 Enfermedades

La clave para un apropiado control de enfermedades comienza con el conocimiento y la correcta identificación de la enfermedad para luego realizar un manejo y control integrado. Combinar diferentes prácticas agronómicas en el momento oportuno ayudará a prevenir y evitar daños y pérdidas que estas ocasionan (Peralta et al., 2007).

a) Roya (*Uromyces phaseoli* Pers)

La roya del fréjol es ocasionada por un hongo llamado *Uromyces phaseoli* Pers, el cual se encuentra ampliamente distribuido en todas las áreas productoras de fréjol, siendo más común en áreas tropicales y subtropicales. Cuando se presentan ataques

tempranos de esta enfermedad las pérdidas en el rendimiento pueden alcanzar hasta el 100% (Mena y Velázquez, 2010).

b) Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc y Magn)

En las hojas se forman pequeñas lesiones púrpuras a lo largo de las nervaduras que poco a poca van oscureciéndose hasta volverse negras. En caso de infecciones severas las vainas se deforman de igual manera las semillas resultan deformes y pequeñas con manchas semiredondas y oscuras perjudicando su apariencia (Ramón, 2007).

2.12 Sistemas agroecológicos

Los sistemas de producción agroecológicos son biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, socialmente justos y constituyen la base de una estrategia productiva fuertemente vinculada a la soberanía alimentaria (Restrepo et al., 2000).

Según Altieri y Nicholls (2000) para garantizar un manejo agroecológico se disponen los siguientes principios:

- Sustituir y minimizar la dependencia de insumos químicos nocivos que degradan el medio ambiente y promover a concientizar el uso de insumos biológicos u orgánicos.
- Emplear materia orgánica al suelo para aumentar la capa vegetal del mismo y reducir la cantidad de labranza para minimizar la erosión del suelo, la pérdida de agua, humedad y nutrientes.
- Rotación de cultivos que disminuyen los problemas de maleza, insectos y plagas, reduciendo la necesidad de usar productos sintéticos mediante esta técnica.

A nivel mundial se estima que la agricultura agroecológica se practica en 186 países, dicha actividad está en las manos de 2.8 millones de agricultores que cubren 71,5 millones de hectáreas de tierras agrícolas que son gestionadas de modo ecológico. Lo que representa 16 % de la superficie total destinada a este tipo de producción a nivel mundial (Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica [CIAO], 2020). En el Ecuador se registran 52277 hectáreas certificadas, de las cuales 42864 son orgánicas y 9413 se encuentran en transición de una agricultura convencional a una orgánica (Agrocalidad, 2020)

2.13 Caracterización y evaluación de germoplasma

La caracterización y evaluación son actividades complementarias que radican en describir cualidades tanto cualitativas como cuantitativas de las accesiones de una especie. Como el color de las flores, la altura de la planta y el hábito de crecimiento, las cuales son características de una buena heredabilidad que permiten diferenciar y

determinar su utilidad, variabilidad genética y estructura (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos [IPGRI], 2000).

Por un lado, la caracterización de germoplasma es una herramienta fundamental para estudiar los recursos fitogenéticos en el proceso investigativo, considerando que es un proceso que se utiliza para la solución de problemas actuales y futuros relacionados con la obtención de variedades mejoradas mediante el empleo de métodos tradicionales o biotecnológicos (Karp et al., 1997).

Mientras que, la evaluación se basa en describir todas las características agronómicas y morfológicas de las accesiones. Generalmente cuantitativas agrupando las variables relacionadas con el ambiente y de baja heredabilidad y cualitativas que se consideran como variables de alta heredabilidad, con la finalidad de identificar materiales con potenciales de mayor adaptación y con genes útiles para la producción de alimentos y mejoramiento de cultivos (IPGRI, 2000).

2.14 Conservación *in situ* y *ex situ* de recursos fitogenéticos

De acuerdo con Roadhes (2006) la conservación *in situ* es esencial e importante para la preservación de los recursos genéticos de las plantas. En ciertos casos resulta difícil ejecutar la conservación fuera del sitio por lo regular debido a su naturaleza dinámica que poseen por lo que es necesario realizar la conservación en el lugar es decir directamente en el ambiente donde vive.

Mientras que con la conservación *ex situ* se busca conservar fuera de su centro de origen o diversidad tanto las especies como la variabilidad producida durante el proceso evolutivo de domesticación. Lo que permite la conservación de genes o genotipos de plantas fuera de su ambiente de ocurrencia natural, para uso actual o futuro (Jarvis et al., 2006).

2.15 Especies vegetales promisorias

El término promisorio hace alusión a todas aquellas especies vegetales con alto potencial o que presentan características predominantes para algún fin determinado. Por lo tanto, si una especie vegetal puede llegar a tener el carácter promisorio cuando presenta un alto potencial en cuanto a su comportamiento agronómico y morfológico, esta agrupará a diferentes especies que puedan tener una amplia diversidad (Suárez et al., 2020). La investigación sobre las especies promisorias se ha convertido en un tema de interés dentro de los campos de la biología, química y en particular en la industria agrícola debido a las tendencias mundiales que buscan volver al aprovechamiento de la flora y fauna de forma sostenible (Álvarez, 2014).

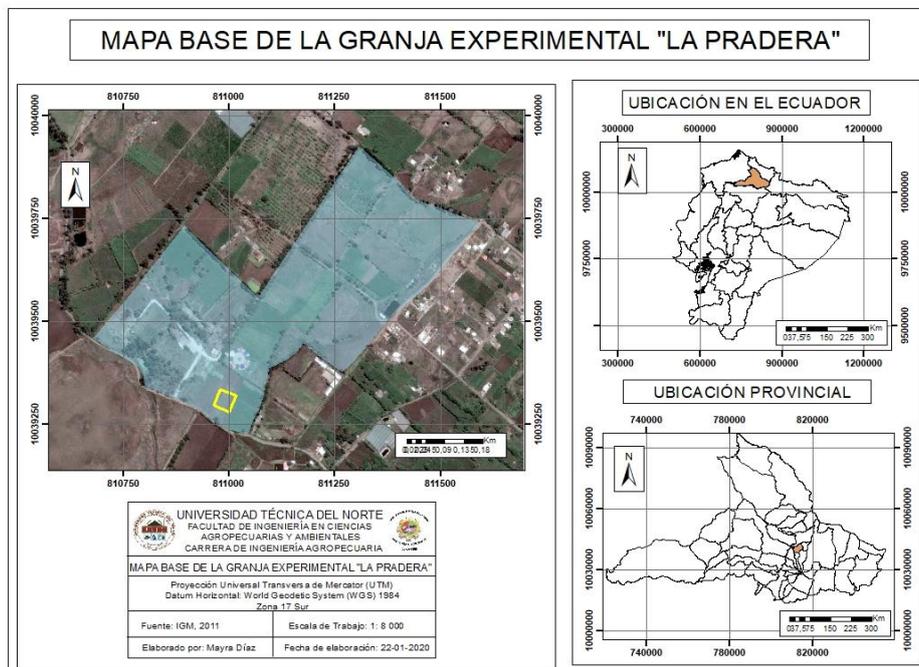
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características del área de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Experimental “La Pradera” (Figura 6), ubicada en la parroquia San José de Chaltura del cantón Antonio Ante en la provincia de Imbabura.

Figura 6
Mapa de ubicación del ensayo



3.1.1 Ubicación política y geográfica

A continuación, se muestra la ubicación geográfica que presenta el área en estudio, cuyos datos fueron tomados del Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (2020).

Provincia: Imbabura
Cantón: Antonio Ante
Parroquia: San José de Chaltura
Lugar: Granja Experimental La Pradera UTN
Altitud: 2340 m.s.n.m.
Latitud: 0° 21' 18.1" N
Longitud: 78°12' 21.4" W

3.1.2 Características climáticas y edáficas

De acuerdo con el GAD Antonio Ante (2020), la Granja Experimental “La Pradera” posee las condiciones climáticas descritas a continuación:

Clima:	Sub-húmedo temperado
Precipitación anual:	522 mm
Temperatura media anual:	15.4 °C
Humedad Relativa:	70%
Suelo:	bien drenados
Textura de suelo:	arenosos a arcillosos
pH:	ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos
Saturación de bases:	60%

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Para la evaluación agronómica de fréjol se utilizó distintas herramientas tanto para la preparación del terreno, siembra y las labores culturales como para la recolección de datos. A continuación, se detallan los materiales, equipos, insumos y herramientas necesarias.

3.2.1 Materiales

- Cuaderno de campo
- Esferos
- Rótulos de identificación
- Estacas
- Rollo de piola
- Palos de 2.5 m
- Tanque de 200 L
- Canecas de 20 L
- Colador
- Manguera de ½”
- Trampas amarillas
- Rollo de alambre

3.2.2 Equipos

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Impresora
- Calculadora
- Maquinaria agrícola
- Bomba estacionaria
- Bomba de mochila
- Balanza digital
- Calibrador pie de rey

3.2.3 Insumos

- Semillas de fréjol tipo mixturiado
- Macerado de ají (*Capsicum annum* L.) y ajo (*Allium sativum* L.)
- Extracto de higuera (*Ricinus communis* L.)

- *Bacillus thuringiensis* Berliner
- Biopreparado de cola de caballo (*Equisetum arvense* L.)
- Bocashi
- Biol
- Tierra de diatomeas
- Microorganismos de montaña liquido

3.2.4 Herramientas

- Flexómetro
- Regleta
- Rastrillo
- Pala
- Azadón
- Machete
- Hoyadora
- Combo

3.3 Métodos

3.3.1 Factor en estudio.

En la presente investigación el factor en estudio estuvo constituido por 11 muestras de fréjol provenientes del cantón Cotacachi (Tabla 4) más un testigo (mixturado 12) correspondiente a la mezcla de las semillas de las 11 muestras (Figura 7).

Tabla 4

Datos pasaporte de las muestras de fréjol a evaluar

Accesión	Cantón	Parroquia	Localidad	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud
Muestra 1	Cotacachi	Quiroga	Domingo Sabio	2620	00.16.306N	78.17.625W
Muestra 2	Cotacachi	Quiroga	Cumbas	2700	00.15.847N	78.18.999W
Muestra 3	Cotacachi	San Francisco	Morochos	2750	00.17.628N	78.18.17W
Muestra 4	Cotacachi	San Francisco	Morochos	2750	00.17.628N	78.18.17W
Muestra 5	Cotacachi	Sagrario	Turuko	2600	00.17.829N	78.16.739W
Muestra 6	Cotacachi	Sagrario	Anrabí	2520	00.17.684N	78.16.873W
Muestra 7	Cotacachi	Sagrario	Anrabí	2521	00.17.684N	78.16.873W
Muestra 8	Cotacachi	Sagrario	Anrabí	2522	00.17.684N	78.16.873W
Muestra 9	Cotacachi	Quiroga	Chilcapamba	2600	00.17.504N	78.17.741W
Muestra 10	Cotacachi	Quiroga	Iltaqui	2601	00.17.504N	78.17.741W
Muestra 11	Cotacachi	Imantag	Colimbuela	2560	00.20.745N	78.15.732W

Figura 7

Muestras de fréjol obtenidas del mixturiado



Nota: M1) Muestra 1; M2) Muestra 2; M3) Muestra 3; M4) Muestra 4; M5) Muestra 5; M6) Muestra 6; M7) Muestra 7; M8) Muestra 8; M9) Muestra 9; M10) Muestra 10; M11) Muestra 11; M12) Mixturiado12 (mezcla de las muestras)

3.3.3.1 Características del experimento.

El diseño del ensayo en la evaluación agronómica del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mixturiado bajo un sistema agroecológico, constó de las características que se encuentran descritas a continuación:

- Niveles: 12
- Repeticiones: 3
- Número de unidades experimentales: 36
- Área total del ensayo: 1672 m²

3.3.3.2 Características de la unidad experimental

A continuación, en la Tabla 6 se presentan las características de la unidad experimental.

Tabla 6

Características de la unidad experimental

Datos	Medidas
Largo de surco	7 m
Ancho de surco	0.5 m
Distancia entre surcos	1 m
Distancia entre plantas	0.4 m
Semillas por punto de siembra	3
Puntos de siembra por surco	18
Plantas por surco	54
Total de surcos	4
Total de plantas unidad experimental	216
Total de plantas parcela neta	84

3.3.4 Análisis estadístico.

Para el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2018, en donde se realizó estadística descriptiva y análisis de varianza con prueba de medias Fisher al 5%. En la Tabla 7 se presenta el esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño Completamente al Azar (DCA).

Tabla 7

Análisis de varianza de un Diseño Completamente al Azar

Fuentes de Variación		GL
Accesiones	Trat – 1	11
Error	(Total - 1) - (trat - 1)	21
Total	(Trat x Rep) - 1	35

3.4. Variables evaluadas

Para el registro de datos correspondientes a las variables se utilizaron los descriptores desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1993). Así como también para determinar la incidencia y la dinámica poblacional de las principales plagas y enfermedades asociadas al cultivo. Los datos se tomaron en diez plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental.

3.4.1 Descriptores cuantitativos

La evaluación de los descriptores cuantitativos basados en parámetros morfológicos nos permite recopilar datos de un determinado germoplasma y mediante un análisis conocer su comportamiento y seleccionar materiales con buen rendimiento, lo cual se describe a continuación:

3.4.1.1 En estado de plántula

a) Días a la emergencia

En esta variable se registró los días transcurridos desde la siembra, hasta cuando el 50% de las plántulas emergieron en cada muestra evaluada (Figura 9).

Figura 9
Días a la emergencia



b) Porcentaje de emergencia

Como se observa en la Figura 10 la emergencia de las plántulas se evaluó a los 7, 14 y 21 días, después de la siembra por cada muestra y se registró el número de plantas emergidas las cuales se expresaron en porcentaje. La razón por la que se tomó los datos en tres diferentes fechas fue porque se requiere conocer su comportamiento según el transcurso de los días hasta que se haya completado el proceso de germinación de todas las semillas.

Figura 10

Emergencia de plántulas a los 7 (a), 14 (b) y 21 días (c)



3.4.1.2 Al momento de la floración

c) Número de días a la floración

Para esta variable se registró el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas presentaron una o más flores abiertas (Figura 11). Por lo general coincide con el inicio de la etapa de desarrollo R6 que corresponde a la etapa reproductiva donde el cultivo entra en plena floración.

Figura 11

Etapa de floración en el cultivo de fréjol



d) Duración de la floración

Esta variable se registró en número de días transcurridos desde el inicio de la floración, hasta el momento en que se presencié la apertura del último botón floral en el 50% de las plantas.

e) Longitud del tallo principal

Se evaluó en la etapa de floración cuando cada muestra presentó el 50% de las plantas con flor. De cada unidad experimental se tomaron 10 plantas de la parcela neta y se midieron en metros con un flexómetro desde el punto de inserción de las raíces hasta el último meristema apical (Figura 12).

Figura 12

Medición de longitud de tallo



f) Longitud del foliolo central

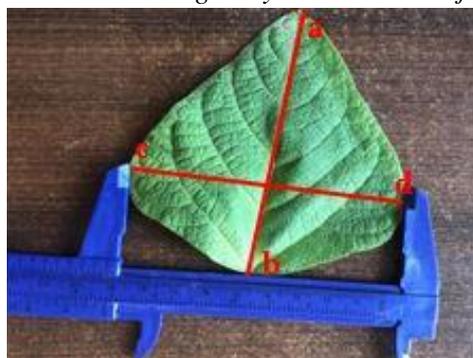
De cada unidad experimental se tomaron 10 plantas de la parcela neta, de las cuales se tomó una hoja de la parte alta, media y baja dando un total de tres hojas por planta. Se midió el foliolo central en centímetros, desde el punto de inserción de la lámina foliar en el peciolo (a) hasta al ápice del foliolo (b) (Figura 13). Para realizar estas evaluaciones se toman las hojas desde el cuarto nudo de la planta, teniendo en cuenta que el primer nudo es de los cotiledones.

g) Ancho del foliolo central

Esta variable se evaluó en las mismas hojas tomadas anteriormente, en el mismo foliolo evaluado y se midió en centímetros de borde a borde en el punto donde el foliolo central es más amplio (Figura 13).

Figura 13

Medición de longitud y ancho de la hoja de fréjol



Nota: ab: longitud, cd:ancho

h) Días a la formación de vainas

Este dato se registró desde el día de la siembra hasta que el 50 % de las plantas de cada parcela neta presentaron la primera vaina formada. Como lo explica el CIAT por lo general, cuando la vaina mida de 2.5 cm en adelante, para una medición más precisa y homogénea entre muestras (Figura 14).

Figura 14

Formación de las primeras vainas



3.4.1.3 Al momento de la madurez fisiológica

i) Días a la maduración fisiológica

Esta variable se registró en días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que se observó un cambio de color de las vainas (Figura 15) en el 50% de las plantas.

Figura 15

Etapa de madurez fisiológica de la muestra 3



j) Duración de la madurez fisiológica

Esta variable se registró en días, los comprendidos entre el comienzo de la madurez fisiológica y el momento en que las vainas alcanzaron la madurez de campo es decir cuando el grano obtuvo un contenido de humedad entre el 16 y 18%.

3.4.1.2 Al momento de la cosecha

Las variables que se detallan a continuación se tomaron a partir de que las vainas alcanzaron la madurez de campo.

k) Días a la cosecha

Este descriptor se registró en días transcurridos desde el momento de la siembra hasta el momento en que las vainas alcanzaron la madurez de campo (Figura 16). Es decir, cuando el grano obtuvo un contenido de humedad entre el 16 y 18% y las plantas presentaron un 90% de defoliación.

Figura 16

Etapa de madurez de campo



l) Número de vainas

Se registró datos de 10 plantas por parcela neta de cada unidad experimental y se procedió a contar el número de vainas por planta.

m) Longitud de las vainas

Para esta variable se registró treinta vainas por muestra y se midió en centímetros con un calibrador pie de rey desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice de la vaina (Figura 17).

Figura 17

Longitud de la vaina en seco



n) Ancho de las vainas

Esta variable se evaluó en las mismas vainas usadas anteriormente para medir la longitud y se midió en centímetros con un calibrador en la parte más amplia de la vaina entre las sutura dorsal y ventral (Figura 18).

Figura 18

Ancho de la vaina en seco



o) Número de semillas por vaina

Para determinar este dato se utilizó las mismas vainas por muestra empleadas anteriormente y se procedió a contar el número de semillas que contenía cada vaina (Figura 19).

Figura 19

Número de semillas por vaina de la muestra 9



p) Largo de la semilla

Para registrar este dato se realizó diez repeticiones de diez semillas en este caso de la muestra 12 que corresponde al mixturiado. Estas fueron colocadas en posición horizontal y posteriormente se midieron en centímetros con la ayuda de un calibrador (Figura 20).

Figura 20

Largo de semilla de la muestra 12 (mixturiado)



q) Ancho de la semilla

Este dato se determinó sobre las mismas semillas utilizadas anteriormente, pero colocadas en posición vertical y se midió en centímetros con un calibrador (Figura 21).

Figura 21

Ancho de semilla de la muestra 12 (mixturiado)



r) Grosor de la semilla

Se realizaron diez repeticiones de cinco semillas medidas una a una en centímetros con un calibrador en la parte más amplia de la semilla (Figura 22) y se sacó un promedio.

Figura 22

Grosor de semilla de la muestra 12 (mixturiado)



s) Peso de 100 semillas

Esta variable se registró después de haber uniformizado el porcentaje de humedad a un rango de 12 a 13% con la ayuda de un medidor de humedad portátil (agra Tronix MT-PRO) y usando una balanza electrónica se obtuvo el peso de 100 semillas en gramos (Figura 23).

Figura 23

Medidor de humedad y peso de 100 semillas en gramos (muestra 11)



t) Rendimiento por planta

Para esta variable se procedió a pesar la producción de cada unidad experimental y se determinó su peso en kilogramos con la ayuda de una balanza electrónica (CAMRY de alta precisión) como se observa en la figura 24.

Figura 24

Peso de semilla en kilogramos



3.4.1.4 Evaluación de plagas y enfermedades

u) Incidencia de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo quincenal de forma visual revisando 10 plantas al azar de la parcela neta (Figura 25). La presencia o ausencia de la plaga o de la enfermedad se

evaluó en tres hojas trifoliadas de cada planta tomadas al azar, con un total de 90 hojas por cada unidad experimental.

Figura 25

Monitoreo de incidencia de plagas y enfermedades



v) Dinámica poblacional de plagas y enfermedades

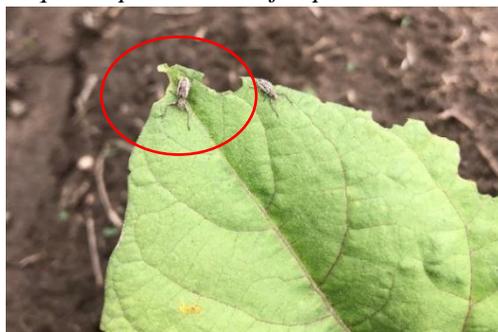
La dinámica poblacional de plagas y enfermedades se realizó contabilizando el número de insectos presentes en tres hojas trifoliadas elegidas de la parte alta, media y baja de diez plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental por muestra. Esto con base al umbral de daño económico de cada una como se describe respectivamente a continuación:

- Masticador de la hoja (*Acanthoscelides obtectus* Thomas Say.)

La presencia del masticador en las hojas se evaluó en la etapa vegetativa V2 según el número de insectos presentes en las hojas primarias (Figura 26). Debido a su movilidad en la planta, se puede tomar como umbral de acción tres insectos por planta (Salguero et al., 1992). Ante la presencia de esta plaga se realizó un control biológico con *Bacillus thuringiensis* Berliner, ya que su incremento puede causar una defoliación total de la planta.

Figura 26

Ataque de picudo en hojas primarias



- Lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore)

La evaluación de esta plaga se realizó durante la etapa de desarrollo vegetativo ya que el daño puede ser crítico si ocurre en este periodo. Se ha establecido como umbral de daño económico de dos a tres adultos por hoja (CIAT, 1982). El lorito verde es un insecto fitófago pequeño de color verde (Figura 27), conocido también como saltahojas. Al presentar daño se debe realizar el respectivo control debido a que su ataque es capaz de producir severos daños por su alimentación directa o como vector provocando pérdidas de producción en fréjol común (Hallman y García, 2009).

Figura 27

Presencia de lorito verde adulto en hojas



- Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)

Se evaluó con base en la población de insectos que no debe sobrepasar el umbral de daño económico establecido, siendo 10 adultos por planta. La mosca blanca es un pequeño insecto chupador (Figura 28) que puede causar grandes daños, pero su presencia solo se hace importante cuando existen en grandes densidades (Nava y Cano, 2000).

Figura 28

Presencia de mosca blanca



- Barrenador de la vaina (*Epinotia aporema* Walsingham)

La evaluación de esta plaga se realizó durante la etapa final (maduración). Si el daño es poco y está limitado a los brotes terminales, se puede hacer un control preventivo aplicando *Baccillus thuringiensis* Berliner. Si se encuentra el umbral de acción, se debe recurrir a insecticidas. El umbral de acción es de dos gusanos en nudos o la presencia de uno en vainas (Bueno y Cardona, 2004) (Figura 29).

Figura 29
Barrenador de la vaina



- Roya (*Uromyces phaseoli* Pers.)

El umbral económico de daño es el 10% de hoja afectada, causando pérdidas en el rendimiento del cultivo en porcentajes del 18 al 20%. Sin embargo, se realizó un control cuando la planta presentaba el 1% de la enfermedad para evitar la contaminación en todo el lote, debido a que el hongo se disemina con facilidad (Castaño et al., 2012) (Figura 30).

Figura 30
Diseminación de roya en las hojas



- Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. y Magn.)

El umbral económico de daño económico es 7% sin embargo, se debe aplicar un control cuando el porcentaje de la enfermedad en las hojas del fréjol sea del 5% (Figura 31). Debido a que esta enfermedad se disemina con facilidad en el cultivo ocasionando

defoliación, puede causar pérdidas en el rendimiento del 80 al 100% si no es controlado de forma oportuna (García, 2014).

Figura 31

Manchas de antracnosis en hojas



3.5 Manejo específico del experimento

En la producción de fréjol voluble tipo mixturiado, se realizaron las actividades indispensables para su adecuado crecimiento y desarrollo, las cuales se encuentran descritas a continuación:

a) Elaboración del biol

Un mes antes de la implementación del ensayo en campo, se elaboró 2 tanques de biol de 200 litros utilizando la metodología y los insumos orgánicos acorde a lo mencionado por Mosquera (2010), los cuales se describen a continuación:

- 40 kg de estiércol de bovinos
- 3 L de melaza
- 3 kg de ceniza
- 5 L de leche
- 3 L de microorganismos de montaña líquido
- 4 manojos de follaje de plantas leguminosas (bien picado)
- 4 manojos de follaje de plantas repelentes

Procedimiento de elaboración del biol:

- Primero se llenó de agua la mitad de los tanques.
- Luego se agregó la melaza y diluyó hasta tener una consistencia suelta.
- Posteriormente se agregó el estiércol fresco de ganado en cada tanque y se mezcló.
- Se añadió la leche, ceniza, follaje de plantas repelentes y leguminosas bien picadas, sin ningún orden específico.

- Finalmente se llenó con agua lo que restabas del tanque y se mezcló hasta tener una solución líquida, dejando un espacio para los gases.
- Tapamos herméticamente y después de transcurrida una semana se agregó los microorganismos de montaña líquido.

Esta preparación se dejó fermentar durante dos meses, una vez transcurrido este tiempo se filtró con una malla, para separar los residuos sólidos del líquido y así obtener un material líquido para la aplicación semanal en el cultivo. Posteriormente se colocó en envases plásticos de 20 litros hasta realizar la aplicación (Figura 32).

Figura 32

Filtrado y almacenamiento de biol de estiércol de vaca



b) Preparación del terreno

Utilizando el tractor, se realizó el arado y a los 10 días dos pasadas de rastra, después de una semana se volvió a pasar nuevamente la rastra a una profundidad de 30 cm, con la finalidad de eliminar restos del cultivo anterior y lograr que el suelo quede suelto y sin terrones para la siembra.

c) Surcado

Se realizaron surcos rectos de forma mecánica utilizando la surcadora a una distancia de 1 m entre ellos y 20 cm de profundidad (Figura 33).

Figura 33

Elaboración de surcos de forma mecánica



d) Delimitación del terreno

Se realizó con la ayuda de un flexómetro, se ubicó estacas de madera y con la piola se delimitó el área utilizada para la instalación del ensayo (Figura 34). Luego se dividió en 12 parcelas que corresponden a cada muestra y se subdividió en 36 unidades experimentales.

Figura 34
Delimitación del área de estudio



e) Siembra

La siembra se realizó el 24 de octubre del 2019 en terreno húmedo (después del riego). Se depositaron 3 semillas por golpe a una profundidad de 3 a 4 cm y una distancia de 0.40 m entre puntos de siembra y 1 m entre surco.

f) Riego

Se utilizó el método de riego por inundación, una semana después de la siembra, de allí en adelante se realizaron riegos paulatinos proporcionando la cantidad necesaria de agua al cultivo, en función a las condiciones climáticas de la zona hasta la madurez fisiológica del grano con especial énfasis en la floración y llenado de vaina como lo indica Castañeda, (2016).

g) Fertilización

Dentro de la fertilización se aplicó como enmienda orgánica bocashi en dos proporciones a los 15 días después de la primera deshierba y 15 días después de la segunda deshierba a la vez se aplicó microorganismos de montaña líquidos para mejorar la absorción de nutrientes. La aplicación de bocashi fue localizada de 30 g por planta para evitar desperdicios de materia orgánica (Figura 35). Se realizó siguiendo la recomendación del análisis de suelo, ya que una adecuada fertilización proporciona los nutrientes necesarios para obtener un buen crecimiento, desarrollo y producción del cultivo.

Figura 35

Aplicación localizada de bocashi



Como fuente de nitrógeno se aplicó biol elaborado a base de estiércol de ganado bovino a una dosis de 176 ml L^{-1} de agua de forma foliar. Con una bomba de mochila durante la etapa vegetativa y con una bomba estacionaria desde su etapa reproductiva para una mejor cobertura del producto en la planta, ya que en esta etapa presenta abundante follaje al ser variedades de fréjol voluble. De acuerdo con el estado fisiológico de la planta se tuvo una frecuencia de aplicación semanal, es decir, se aplicó a los 8, 15, 25 y 35 días después de la siembra y empezada la floración cada 15 días.

Adicionalmente como estimulante de crecimiento y para hacer más disponibles los nutrientes del suelo se aplicó microorganismos de montaña junto con el biol a una dosis de 176 ml L^{-1} de agua.

h) Deshierba

Se realizaron dos deshierbas de forma manual para el control de malezas, con el objetivo de evitar la competencia del cultivo con otras hierbas. La primera se realizó a los 25 días y la segunda a los 62 días después de la siembra, usando herramientas como azadón, palas y rastrillo.

i) Aporque

El aporque se realizó después de la primera deshierba, manualmente con palas rectas, con la finalidad de mejorar la aireación en el suelo. Después de la aplicación del bocashi también se aporcó tierra con el fin de cubrir la enmienda orgánica aplicada.

j) Tutorado

Esta actividad inició al observar que las plantas presentaban pequeñas guías. Para lo cual se colocó estacas al inicio y al final de cada surco y palos cada dos metros dentro del surco formando hileras. Luego se templó el alambre de estaca a estaca, envolviendo en cada palo de manera que todo quede debidamente ajustado para que soporte el peso de la

planta al alcanzar su madurez fisiológica. Posteriormente se realizó el amarre de cada planta al alambre, envolviendo las guías en la piola (Figura 36)

Figura 36

Tutorado de fréjol



k) Controles fitosanitarios

Los controles fitosanitarios se realizaron de acuerdo con los monitoreos quincenales y dependiendo de las necesidades del cultivo, para lo cual se utilizaron los siguientes productos orgánicos:

Para el control de enfermedades como: roya (*Uromyces phaseoli* Pers.) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. y Magn.) se elaboró un fungicida a base de cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) (Figura 37). Este biopreparado contiene sustancias que son tóxicas para los hongos, más ácidos orgánicos y otros componentes que favorecen la estructura de la planta, se aplicó en una dosis de 333 ml L⁻¹ d agua.

Figura 37

Bio-preparado de cola de caballo



Para el control de plagas como: mosca blanca (*Bemisia* sp.) se realizaron aplicaciones de extracto vegetal elaborada a base de las semillas molidas de la higuera (*Ricinus communis* L.) (Figura 38) a una dosis de 50 g L⁻¹ de agua. Mientras que para el control de lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore), se aplicó tierra de diatomeas a una dosis de 2.5 g L⁻¹ de agua. Entre la etapa R8 (formación de vainas) y R9 (madurez fisiológica) se aplicó micosplag biológico que contiene *Bacillus thuringiensis* Berliner para el control del gusano de la vaina (*Epinotia aporema* Walsingham) a una dosis de 1 g L⁻¹ de agua.

Figura 38

Semilla de higuera molida



Para repelente y controles preventivos: como insecticida preventivo se aplicó macerado de ají (*Capsicum annuum* L.) y ajo (*Allium sativum* L.) a una dosis de 2.5 ml L⁻¹. Y por su capacidad repelente de plagas debido a su contenido se aplicó biol contribuyendo a la prevención de ataques de las plagas. También se colocó trampas adhesivas de color amarillo (Figura 39). Estas trampas fueron colocadas dentro del cultivo a 50 cm por encima del follaje y se realizaron monitoreos con una frecuencia de 15 días de forma visual, registrando la presencia o ausencia de plagas y enfermedades de 30 hojas trifoliadas de cada unidad experimental.

Figura 39

Trampa cromática amarilla para control de plaga



l) Cosecha

Se realizó en forma manual cuando las vainas estaban secas (Figura 40), cuando el grano presentaba una humedad entre 16% - 18% y las plantas un 50% de defoliación. Se cosechó paulatinamente en sacos identificados de acuerdo con los días a la cosecha de cada muestra de fréjol.

Figura 40

Cosecha de fréjol en seco



m) Toma de datos

En un cuaderno de campo se registró los datos durante todas las etapas de desarrollo de la planta, desde la siembra hasta después de la cosecha para la respectiva tabulación y análisis de datos estadísticos del mismo.

n) Almacenamiento

Cuando la semilla presentó un rango de humedad del 12 a 13% se almacenó en sacos con la respectiva etiqueta de cada muestra y especificado el peso, para posteriormente realizar la entrega de las semillas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados detallados de los 20 caracteres agronómicos cuantitativos evaluados más la incidencia y dinámica poblacional de las principales plagas y enfermedades que se presentaron en las 11 muestras de fréjol sembradas de forma independiente y el testigo que se sembró de forma mezclada al cual se lo denominó mixturiado, siguiendo las etapas fenológicas de la planta desde la siembra hasta el momento en que se realizó la cosecha y secado del grano.

4.1 Variabilidad de los datos cuantitativos

Para determinar la variabilidad de los resultados obtenidos con base en los datos de las muestras de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), se emplearon parámetros estadísticos como la media aritmética, coeficiente de variación (CV), valor mínimo y el valor máximo. El coeficiente de variación (CV) indica que mientras el valor de este sea más bajo los datos serán más homogéneos, de esta manera se puede determinar la validez de la investigación (Hidalgo y Franco, 2003). Puesto que, facilita la comparación de la variabilidad de características medidas sobre una misma colección (Patel et al., 2001).

Los descriptores que presentaron una alta variabilidad dentro de este estudio fueron: número de vainas por planta (38.07%) y rendimiento (21.67%), mientras que los caracteres número de semillas por vaina (13.68%), longitud de tallo (13.35%), duración de la madurez fisiológica (13.06%), días a la emergencia (11.83%) y peso de 100 semillas (11.69%) presentan una variabilidad media. Refiriéndose a la alta variación observada entre las muestras se puede afirmar que está relacionada directamente con la interacción genotipo ambiente sobre estos caracteres. Esto indica que en estas variables los genotipos mostraron respuestas diferentes a las condiciones edafoclimáticas dominantes durante el desarrollo del experimento (Lescay et al., 2017).

Por otro lado, los descriptores que presentaron menor variabilidad fueron: duración de la floración (9.54), longitud de la vaina (7.93%), porcentaje de germinación a los 21 dds (7.86%), grosor de semilla (7.48%), días a la floración (7.33%), ancho de semilla (7.23%), ancho de semilla (7.12%) días a la formación de vainas (6.57%), días a la madurez fisiológica (6.41%), días a la cosecha (5.37%) y longitud de semilla (4.09%), como ya se mencionó con anterioridad. Los valores que presentan baja variabilidad son aceptables para la evaluación de cultivares e indican que existe homogeneidad en los resultados y por consiguiente un buen manejo del experimento. Esto implica que existe similar comportamiento agronómico entre las muestras analizadas (Tabla 8).

Tabla 8*Medidas de resumen para los caracteres cuantitativos durante el cultivo*

Etapa fenológica	Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Estado de plántula	Días a la emergencia (días)	10.83	1.28	11.83	9.00	13.00
	Porcentaje de germinación (%) *	88.42	6.95	7.86	70.83	96.53
Estado de floración	Días a la floración (días)	79.33	5.82	7.33	71.00	89.00
	Longitud de tallo principal (m)	2.62	0.35	13.35	1.39	3.61
	Duración de la floración (días)	34.00	3.24	9.54	27.00	39.00
	Longitud de foliolo central (cm)	10.56	1.42	13.46	7.00	15.22
	Ancho de foliolo central (cm)	9.82	1.44	14.63	5.84	13.92
	Días a la formación de vainas (días)	119.42	7.85	6.57	109.00	134.00
Estado de madurez fisiológica	Días a la madurez fisiológica (días)	136.83	8.78	6.41	123.00	151.00
	Duración de la madurez fisiológica (días)	23.25	3.04	13.06	19.00	30.00
A la cosecha	Días a la cosecha (días)	165.25	8.87	5.37	150.00	175.00
	Número de vainas	32.29	12.29	38.07	11.00	80.00
	Longitud de vainas (cm)	13.96	1.11	7.93	10.91	16.73
	Ancho de vainas (cm)	1.29	0.17	13.07	0.92	1.74
	Número de semillas/vaina	6.32	0.86	13.68	4.00	8.00
	Longitud de semillas (cm)	13.43	0.55	4.09	12.14	15.00
	Ancho de semillas (cm)	9.05	0.64	7.12	7.87	10.54
	Grosor de semillas (cm)	0.69	0.05	7.48	0.57	0.82
	Peso de 100 semillas (g)	60.18	7.04	11.69	47.88	73.96
	Rendimiento (kg)	8.69	1.88	21.67	5.26	12.49

*Porcentaje de germinación a los 21 días después de la siembra.

4.2 Caracteres agronómicos evaluados según las etapas fenológicas del cultivo de fréjol.

4.2.1 En estado de plántula

La fase vegetativa de la planta de fréjol inicia con el estado de plántula, la cual se da desde el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para su germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales. Generalmente coincide con la etapa R6, en la presente investigación esta etapa consta de las variables días a la emergencia y porcentaje de emergencia.

a) Días a la emergencia

Según el análisis de la varianza para esta variable, las muestras de fréjol emergieron en diferentes fechas, teniendo así un promedio general de 11 días y un coeficiente de variación 11.83 %.

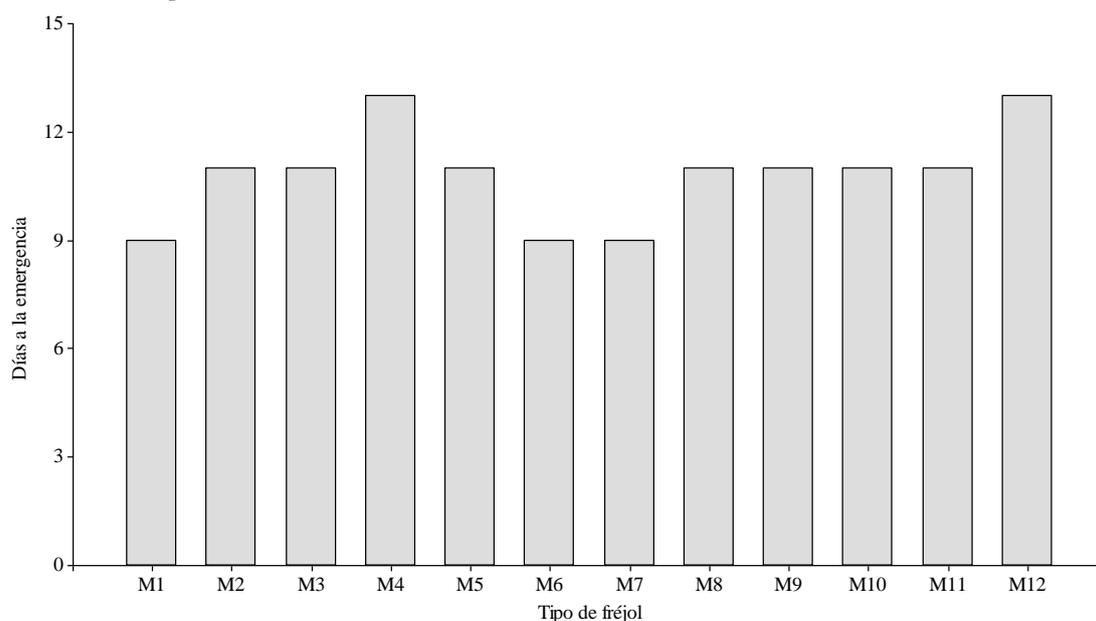
En este sentido los datos analizados mediante la prueba de Fisher al 5%, indican que las muestras M1, M6 y M7 emergieron a los 9 días siendo las más precoces, mientras que la muestra M4 y M12 (testigo) fréjol mixturiado emergieron a los 13 días determinándose

como muestras tardías. Sin embargo, la mayoría de las muestras emergieron a los 11 días como es el caso de la muestra M10, M11, M2, M3, M5, M8 y M9 (Figura 41). Lo que indica que el ensayo presentó las condiciones adecuadas para que ocurra la germinación, permitiendo que las semillas se adapten a las condiciones de suelo y clima. A la vez resulta favorable ya que esta variable se considera importante porque influye directamente en la densidad del cultivo (Lamprea, 2017).

Los datos obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos de días a la emergencia alcanzados por Pucuji, (2016) quien en su estudio realizado en Tumbaco determinó que las semillas de fréjol pueden emerger entre 8 y 13 días independientemente del hábito de crecimiento. Los resultados pueden estar influenciados por las condiciones del suelo principalmente la humedad, de acuerdo con Bravo (2017) manifiesta que la emergencia de las plántulas de fréjol va ligada a la viabilidad de la semilla que se utiliza, así como también a las condiciones de siembra y humedad del suelo

Figura 41

Días a la emergencia



b) Porcentaje de germinación

Según el análisis de varianza para esta variable, se detectan diferencias altamente significativas entre las muestras de fréjol en las distintas fechas, teniendo así un promedio de 15.94%, 80.79% y 88.43% de germinación a los 9, 14 y 21 días respectivamente.

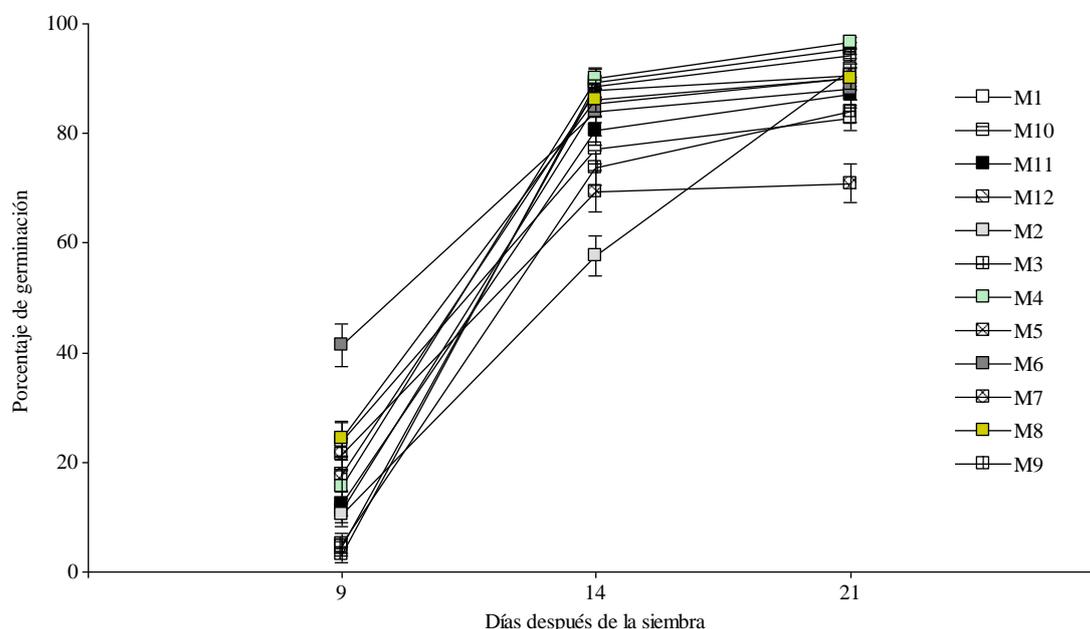
En la Figura 42, se observa que en el día 9 el porcentaje de germinación fue bajo debido a que los valores obtenidos para este carácter presentan un valor mínimo de 3.13% para la muestra 3 y un valor máximo de 41.32% para la muestra 6. Mientras que, a los 14 días la germinación aumentó significativamente presentando un valor mínimo de 57.64%

para la muestra 2 y un valor máximo de 89.93% para la muestra 4. Finalmente, a los 21 días presentó un valor mínimo de 70.83% para la muestra 7 y un valor máximo de 96.53% para la muestra 4 concluyendo así la etapa de germinación.

El Sistema de Semillas de Calidad Declarada por la FAO, (2003) el porcentaje de germinación mínimo en fréjol es de 60%, por lo que se puede asegurar que las semillas locales provenientes de agricultores de Cotacachi presentaron un excelente porcentaje de germinación ya que sobrepasan el 70.83% a los 21 días después de la siembra, lo que podría ser una característica competitiva frente a otras semillas.

Figura 42

Porcentaje de germinación



4.2.2 Al momento de la floración

La fase reproductiva del fréjol inicia con la aparición de los primeros botones florales y termina cuando el grano presenta la madurez de campo necesaria para ser cosechado. Durante esta etapa la planta crece hasta su tamaño máximo desarrollando completamente el follaje y aparecen las primeras vainas.

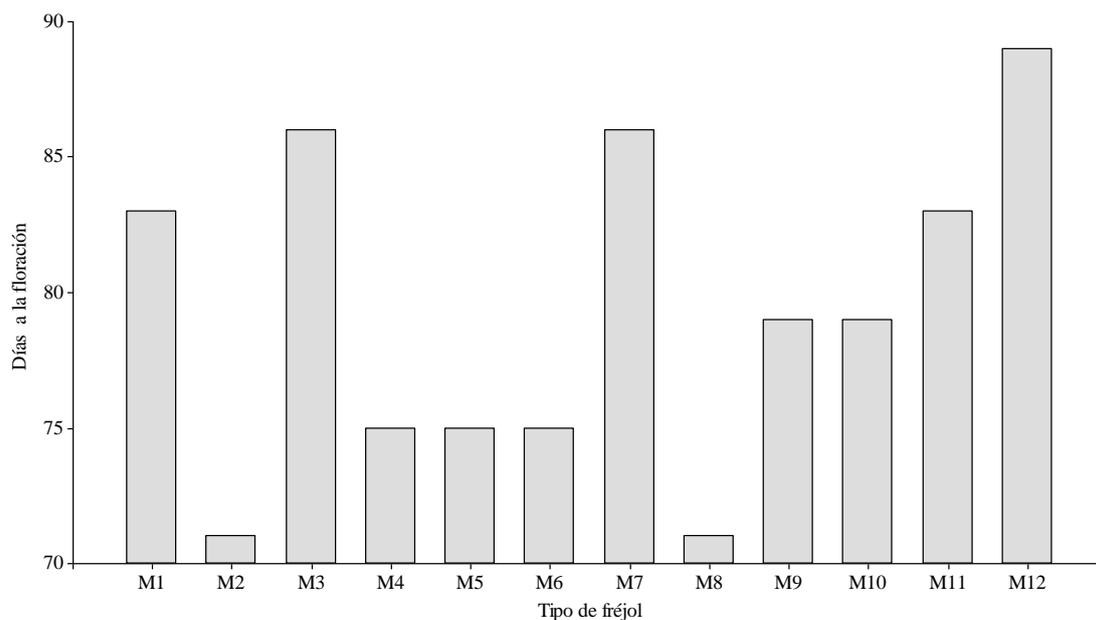
a) Días a la floración

Según el análisis de la varianza para esta variable, las muestras de fréjol alcanzaron el inicio de la floración en diferentes fechas determinándose así variedades precoces y tardías con un promedio general de 79.33 días y un coeficiente de variación 7.33%.

En este sentido los datos analizados mediante la prueba de Fisher al 5%, representados en la Figura 43 indican que las muestras M2 y M8 demostraron ser las más precoces iniciando su floración a los 71 días, mientras la muestra M12 se diferencia por presentar el mayor tiempo para el inicio de la floración con 89 días siendo la más tardía lo que puede estar influenciado por la diversidad de semillas que contiene esta mezcla.

Figura 43

Número de días a la floración



Con respecto a los resultados presentados, teniendo en cuenta que el fréjol voluble es una variedad que se adapta a zonas con una altitud de 2480 msnm y con una temperatura media anual de 14,1°C y su desarrollo puede verse afectado en cierto grado por las condiciones específicas como la temperatura, la disponibilidad de agua, la duración e intensidad de la luz (Quintero y Quijano, 2013). Chaltura presenta condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo ya que se encuentra sobre los 2340 msnm y la temperatura media anual es de 15.4°C.

Los resultados en este estudio difieren con un menor número de días a la floración con respecto a los datos alcanzados por Tabango (2021) quien evaluó 39 accesiones de fréjol dentro de ello materiales mixturados procedentes del Banco de Germoplasma del INIAP en Cotacachi, donde obtuvo un valor máximo de 92 días a la floración. Así mismo sucede en otra investigación realizada por Ulcuango (2018) bajo condiciones similares en la Granja Experimental La Pradera, con 40 materiales recolectados de la misma zona donde obtuvo un valor máximo de 124 días a la floración.

Sin embargo, a pesar de ser los mismos materiales y evaluados en una zona que está dentro de los rangos de adaptabilidad los resultados en las investigaciones presentadas

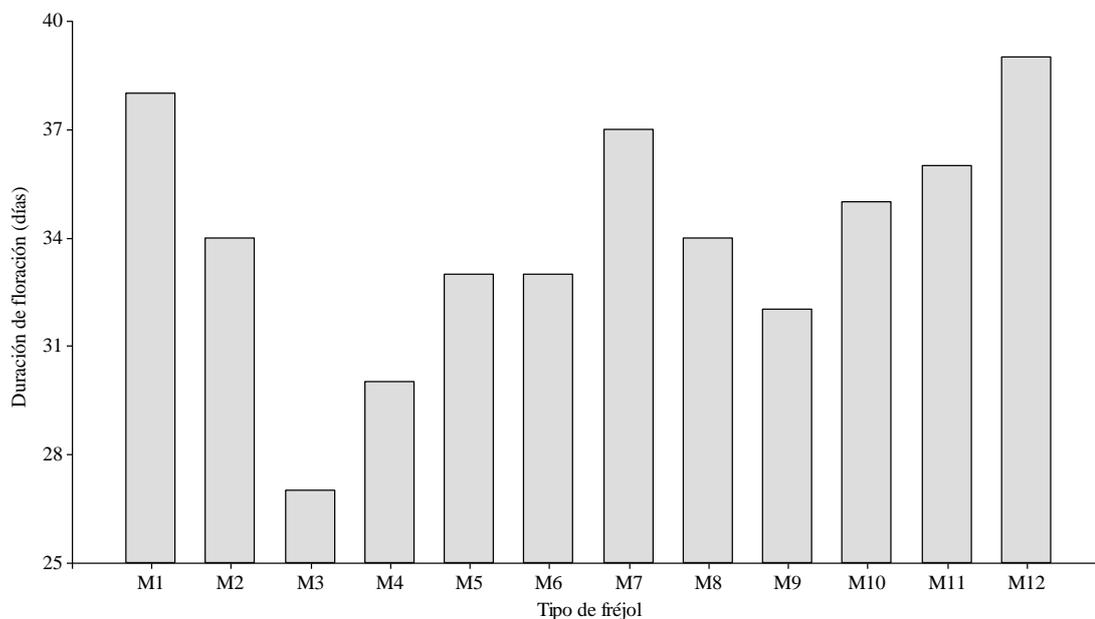
son diferentes lo cual puede estar influenciado por la época de siembra y el manejo agronómico en las que se llevaron a cabo.

b) Duración de la floración

Con respecto a este descriptor, según el análisis de varianza las 12 muestras de fréjol presentaron una amplia duración en esta etapa, teniendo así un promedio general de 34 días con un coeficiente de variación de 9.54 %. En la Figura 44 se aprecia la duración mínima de la floración, donde la muestra M3 presentó 27 días, mientras que para la muestra M12 la duración máxima fue de 39 días, este resultado puede estar influenciado por la variabilidad de semilla que integra esta muestra.

Figura 44

Duración de la floración



Estos resultados difieren con una menor duración en la etapa de floración siendo materiales más precoces con respecto a los datos alcanzados por Ulcuango (2018) quien obtuvo un valor máximo de 83 días de duración en fréjol voluble. La diferencia de resultados se pudo dar por la toma de datos ya que en este estudio para determinar la duración se tomó en cuenta hasta cuando las plantas presentaron el 50% de vainas formadas. A pesar de ello, al ser variedades volubles de crecimiento indeterminado aun teniendo vainas seguirá enflorando. Como lo menciona Arias et al. (2007) quienes afirman que la duración de la floración está relacionada directamente con el hábito de crecimiento, dado que en las especies trepadoras la floración inicia desde la parte baja del tallo hasta las últimas guías que son indeterminadas. Por consiguiente, la planta sigue creciendo y el periodo de floración se alarga.

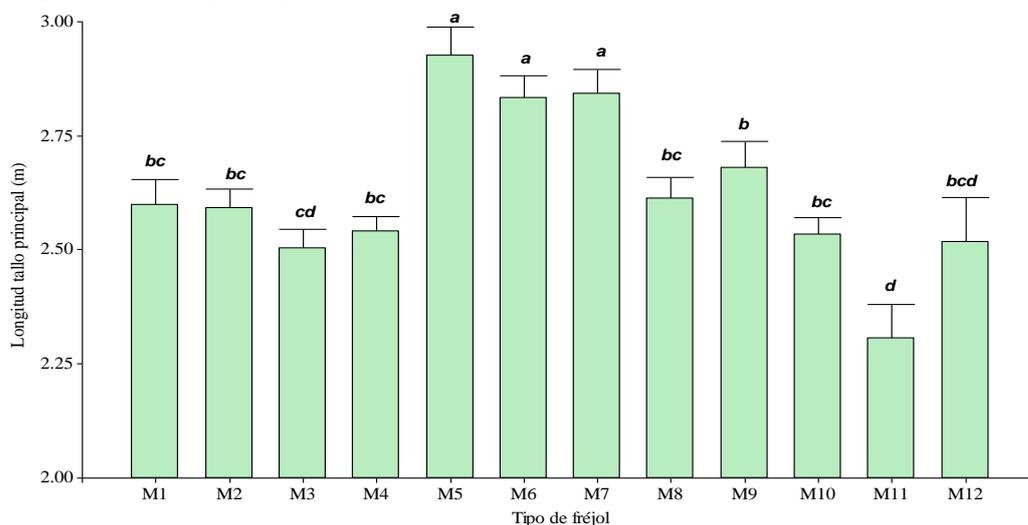
c) Longitud del tallo principal

Mediante el análisis de varianza en esta variable resultan que existe diferencias significativas para todas las muestras de fréjol, presentando así un promedio general de 2.62 m de altura y un coeficiente de variación de 13.35%.

Luego del análisis con la prueba de Fisher al 5% sobre los datos promedios de desarrollo de cada muestra (Figura 45), se registran 4 rangos de significación. Así destacan: las muestras M5, M7 y M6 con rangos superiores a 2.8 m aproximadamente siendo los tallos más largos; por su parte la muestra M11 presentó un tamaño de 2.31 m siendo el tamaño más bajo dentro del grupo de materiales evaluados.

Figura 45

Longitud del tallo principal (m)



Es necesario destacar que existen muestras que no son significativamente diferentes ya que están dentro de un rango de 2.61 a 2.50 m, para este descriptor la altura de los tallos de todas las muestras evaluadas sobrepasa los 2 m lo que puede estar influenciado por el hábito de crecimiento y manejo agronómico el cual se basó en el uso de biol que se aplicó como promotor y fortalecedor de crecimiento. Lo que coincide con Aguirre y Gutierrez (2018) que determinan que la aplicación de biol presenta mejores respuestas en cuanto a la altura de la planta.

Los valores obtenidos en esta investigación son superiores a los valores notificados por Baque (2014) al evaluar cultivares de fréjol voluble en Tumbaco donde registran rangos de longitud de tallo entre 1.40 m y 2.15 m. En este sentido los resultados arrojados determinan que la altura está ligada al genotipo de cada variedad, tal como lo menciona

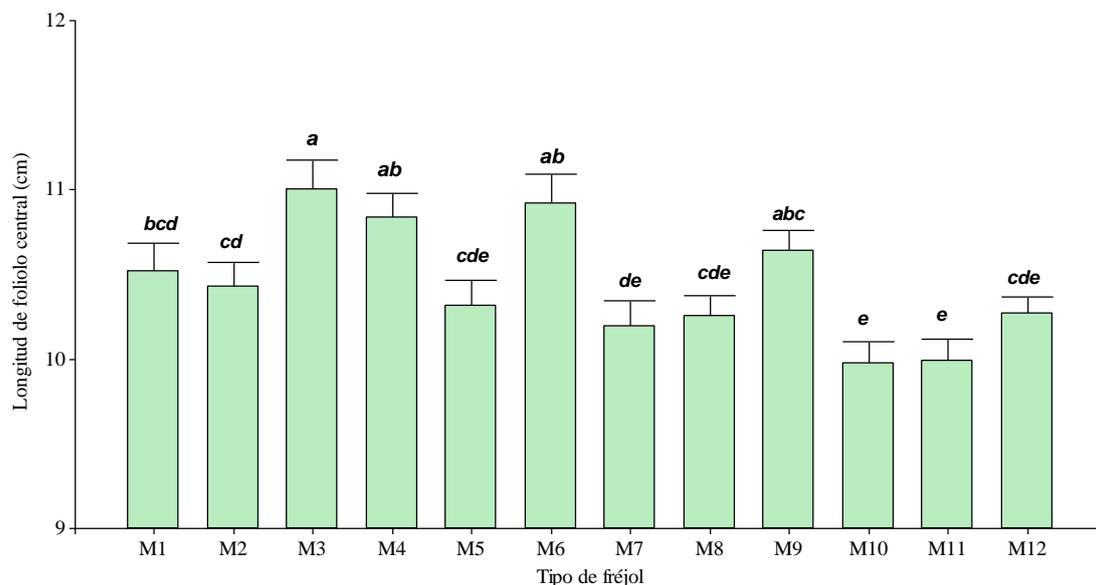
Voysest (2000) que asegura que en las especies volubles la altura puede sobrepasar los dos metros.

d) Longitud del foliolo central

Luego del análisis de varianza para este descriptor, se deduce la existencia de diferencias significativas entre muestras, en promedio global, se obtiene 10.56 cm, el coeficiente de variación fue 13.45 %. Mediante la prueba Fisher al 5 %, se establecen cinco rangos significativos (Figura 46), entre estos destaca la muestra M3 con un valor máximo de 11 cm y en el rango más inferior la muestra 10 con un valor mínimo de 9.97 cm y la muestra M11 con 9.99 cm.

Figura 46

Longitud del foliolo central (cm)



La hoja forma parte importante de la planta ya que destinada a la elaboración de materia orgánica y la transpiración destinada a eliminar el exceso de agua. Por ello, el desarrollo de un buen follaje es esencial en la planta el cual se logró en este estudio con la aplicación de biol que es un fertilizante orgánico que por su alto contenido de nitrógeno promueve el crecimiento y desarrollo de la hoja, brindándole la capacidad de aumentar el área de la hoja. Lo cual que quiere decir mayores enzimas fotosintéticas que permite tener una mayor intercepción de la radiación fotosintética activa, mejorando de esta forma la fuente y la utilización de los nutrientes para la formación de los órganos reproductores como la semilla y vaina de lo cual depende principalmente la producción (Chipana et al., 2017)

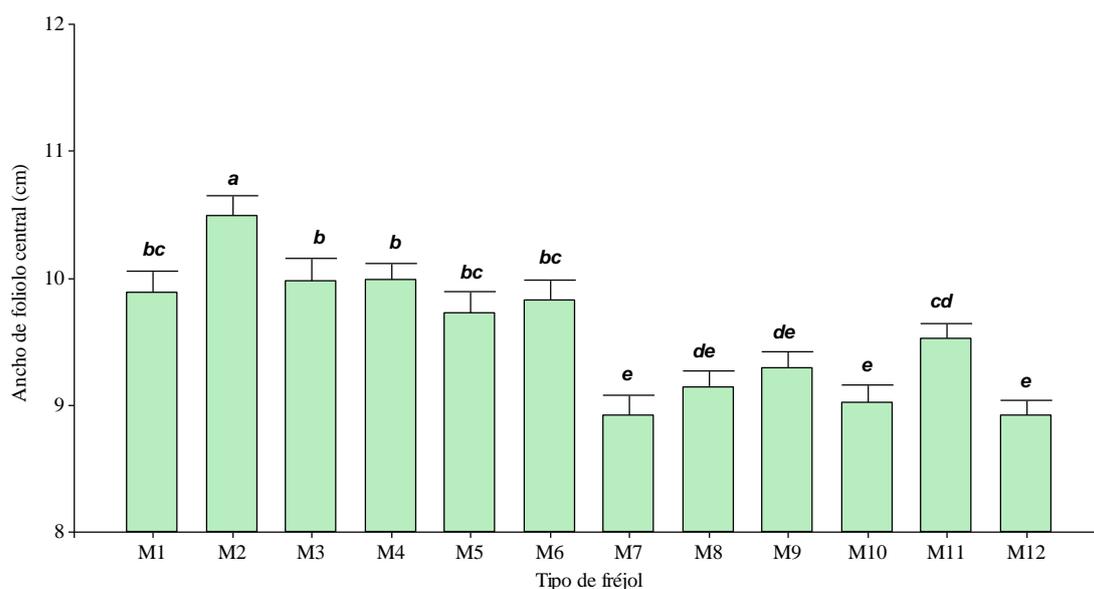
Zavala et al. (2011) en su estudio de cambios morfológicos y fisiológicos en hojas de fréjol afirman que la longitud de la hoja puede ir de 6 a 15 centímetros, sin embargo, las expresiones de este descriptor pueden variar ya que pueden ser influenciados por el ambiente y su interacción.

e) Ancho del foliolo central

En cuanto a esta variable en la Figura 47 se observa la existencia de diferencias significativas entre las muestras, en promedio general, se obtiene 9.82 cm con un coeficiente de variación de 15.83 %. Mediante la prueba Fisher al 5 %, se establecen cinco rangos significativos, donde se destaca la muestra M2 con un valor máximo de 10.49 cm y en el rango más inferior se encuentran la muestra M10 con 9.02 cm y las muestras M12 y M7 con 8.92 cm.

Figura 47

Ancho del foliolo central (cm)



Zavala et al. (2011) en su estudio de cambios morfológicos y fisiológicos en hojas afirman que el ancho de las hojas de fréjol puede ir de 3 a 11 centímetros. Los resultados obtenidos tanto de longitud y ancho determinan el tamaño del foliolo central de la hoja, aspecto que se denomina importante debido a que el tamaño de las hojas juega un papel esencial en la planta ya que son las responsables de absorber los nutrientes del sol y al mismo tiempo brindar sombra necesaria a las vainas para su desarrollo (Vallejos y Martínez, 2005).

f) Días a la formación de vainas

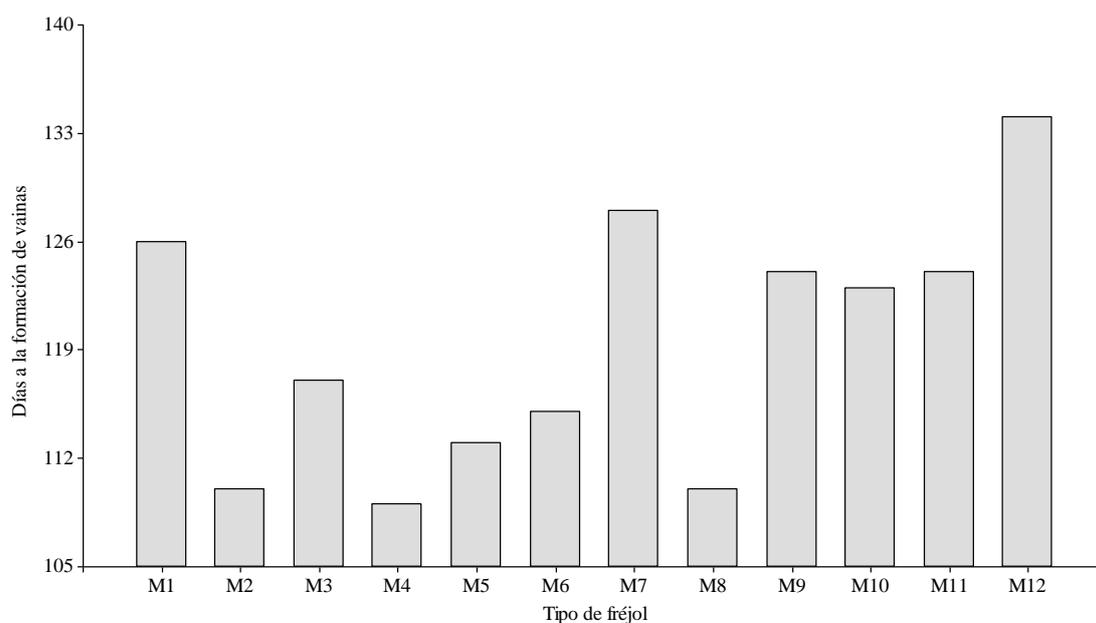
En cuanto a este carácter según el análisis de varianza, las muestras de fréjol iniciaron la etapa de formación de vainas en diferentes fechas, teniendo así un promedio general de 119.42 días y un coeficiente de variación de 6.57%.

En este aspecto los resultados obtenidos y representados en la Figura 48, indican que la muestra M4 inició la formación de vainas a los 109 días siendo la más precoz, mientras que la muestra M12 (testigo) inició la formación de vainas a los 134 días determinándose como un material tardío. El resultado mencionado en el testigo pudo ser influenciado porque el mixturiado contiene una mezcla de diferentes semillas por lo cual el alcance a la formación de vainas varía.

Amagua (2014), en su estudio realizado en Quiroga obtuvo un valor promedio de 134.5 días para fréjoles denominados Morochos mientras que para Cumbas conde reportó 142.5 días a la formación de vainas, esta diferencia entre días está explicada posiblemente por la diferencia del manejo agronómico y las condiciones climáticas en que se desarrollaron, ya que Quiroga presenta una temperatura media de 14.4 °C y una precipitación anual de 1049.2 mm mientras que Chaltura presenta 15.4 °C y una precipitación anual de 522 mm.

Figura 48

Días a la formación de vainas



4.2.3 En estado de madurez fisiológica

Se considera etapa R8 e inicia cuando la planta presenta vainas ya con los granos desarrollados y por consiguiente la vaina cambia su coloración del verde a amarillo u otros colores dependiendo del genotipo de cada muestra.

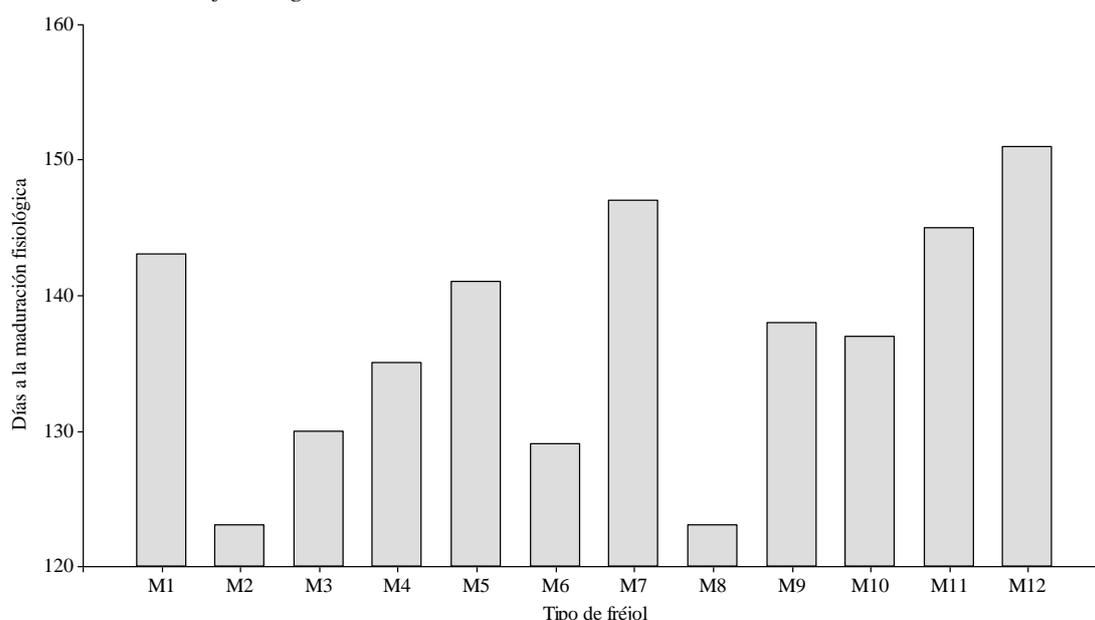
a) Días a la madurez fisiológica

Según el análisis de la varianza para esta variable, las 12 muestras de fréjol iniciaron la madurez fisiológica en distintas fechas, generándose así un promedio general de 136.83 días y un coeficiente de variación 6.41%. En este sentido los datos analizados mediante la prueba de Fisher al 5%, indican que las muestras M2 y M8 llegaron a la madurez fisiológica a los 123 días siendo las más precoces, mientras que la muestra M12 llegó a los 151 días determinándose como la muestra más tardía, lo cual se debe a la variabilidad de semillas que integra esta muestra (Figura 49).

Respecto a esto Tabango (2021) en su investigación realizada en fréjoles mixturados en Cotacachi encontró un valor máximo de 134 días a la madurez fisiológica, esto difiere en un menor número de días con los datos obtenidos en la presente investigación, presentándose un mejor comportamiento a pesar de ser los mismos materiales evaluados en una zona distinta, lo que indica que existe una buena adaptabilidad. Ríos et al . (2003) aseguran que los factores que más influyen en el desarrollo de la planta son la luz y la temperatura de la zona en el cual se cultivan, sin embargo, entre Cotacachi y Chaltura no existe mucha variación de temperatura.

Figura 49

Días a la madurez fisiológica



b) Duración de la madurez fisiológica

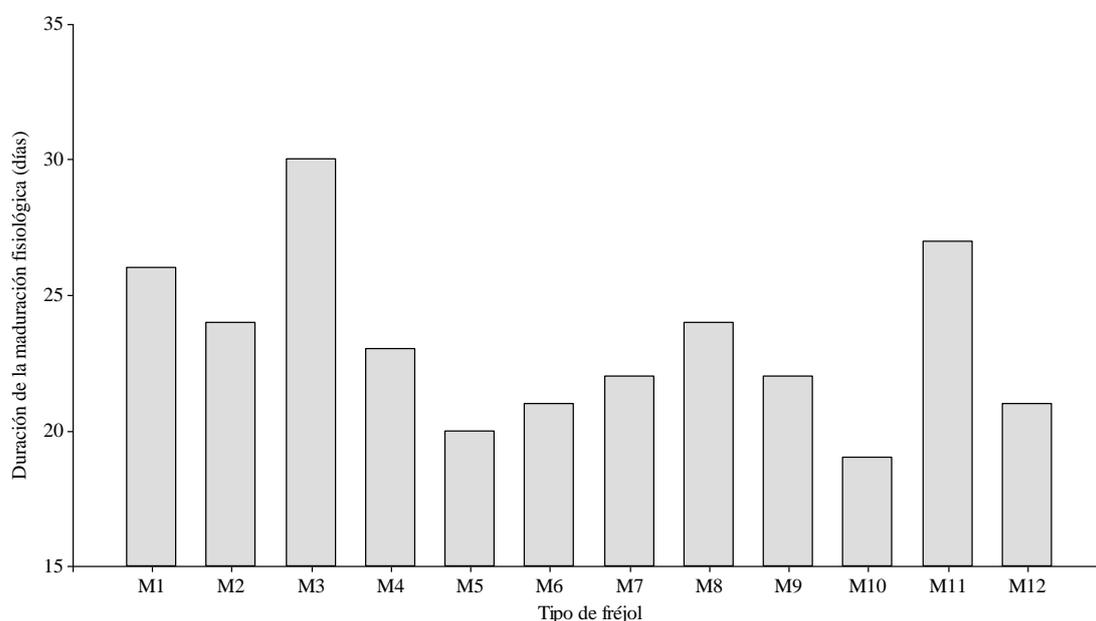
Con respecto a este descriptor, según el análisis de varianza las 12 muestras de fréjol presentaron una duración intermedia en esta etapa, teniendo así un promedio general de 23.25 días con un coeficiente de variación de 13.06 %. Como se observa en la Figura 50 donde la duración mínima de la etapa de madurez fisiológica fue de 19 días para la muestra M10, mientras que para la muestra M3 la duración máxima fue de 30 días.

La sucesión y duración de esta etapa en relación con los factores climáticos están determinadas genéticamente en cada variedad y se ven afectadas en cierto grado por la temperatura, la disponibilidad de agua, la duración e intensidad de la luz (Quintero y Quijano, 2013).

En referencia al estado de madurez fisiológica existen diferencias ya que hubo muestras que presentaron una floración temprana con respecto a las demás. Los estudios realizados por Tabango (2021) muestran que la duración de la madurez fisiológica comprende entre 22 a 56 días en plantas con hábito de crecimiento indeterminado. Lo que indica que tienen un comportamiento similar porque los resultados de la presente investigación están dentro de este rango.

Figura 50

Duración de la madurez fisiológica



4.2.4 Al momento de la cosecha

La cosecha es la fase final del cultivo, inicia cuando el grano obtuvo un contenido de humedad entre el 16 y 18% y las plantas presentaron un 50% de defoliación.

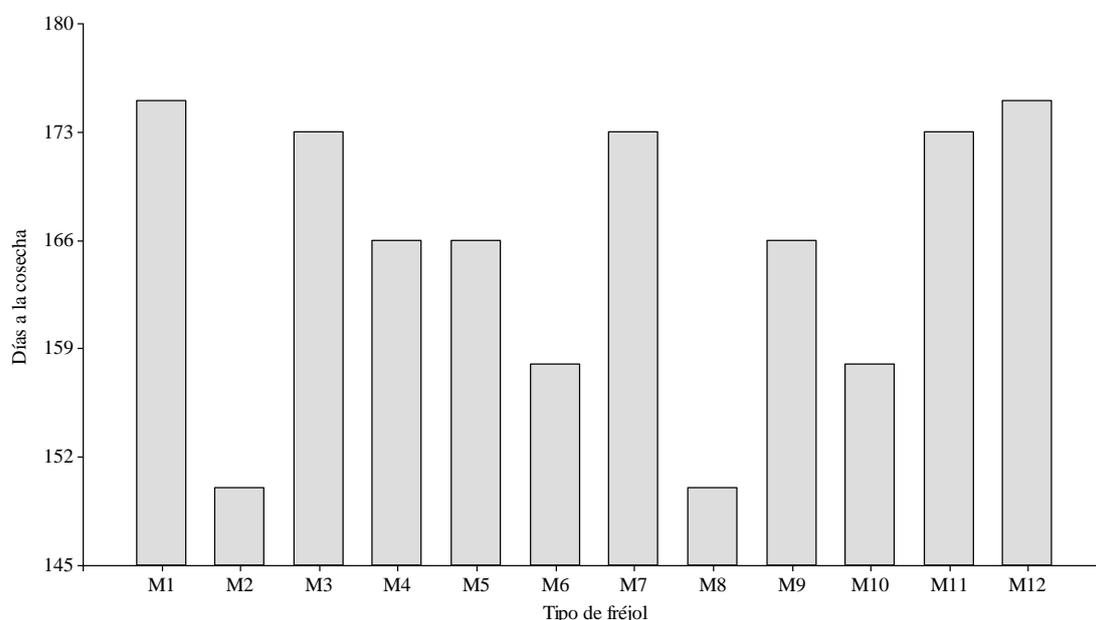
a) Días a la cosecha

Para la variable días a la cosecha en seco los datos fueron tomados desde la siembra hasta que las plantas presentaron el 90% de defoliación y cuando el grano adquirió el color típico de cada muestra. Según el análisis de varianza las muestras de fréjol llegaron a la madurez de campo en distintas fechas determinándose así variedades precoces y tardías con un promedio general de 165.25 días y un coeficiente de variación 5.37%.

De los datos obtenidos, analizados mediante la prueba de Fisher al 5% se deduce que las muestras M2 y M8 alcanzaron la madurez de campo a los 150 días siendo las más precoces, mientras que las muestras M1 y M12 a los 175 días siendo las más tardías como se observa en la Figura 51. En este aspecto Voysest (2000) menciona que las variedades con hábito de crecimiento trepador son precoces a los 190 días) y tardías a los 270 días, en el presente estudio se obtuvieron resultados menores lo que indica que son variedades precoces.

Tabango (2021) en su investigación realizada en los mismos materiales realizó la cosecha en seco a los 185 días, presentándose un mejor comportamiento en las muestras locales evaluadas en Chaltura. Esto se debe posiblemente a la adaptación que está ligada al rango de temperatura del ambiente en el que se desarrollen lo que provoca que se acorten los días a la cosecha.

Figura 51
Días a la cosecha



b) Numero de vainas

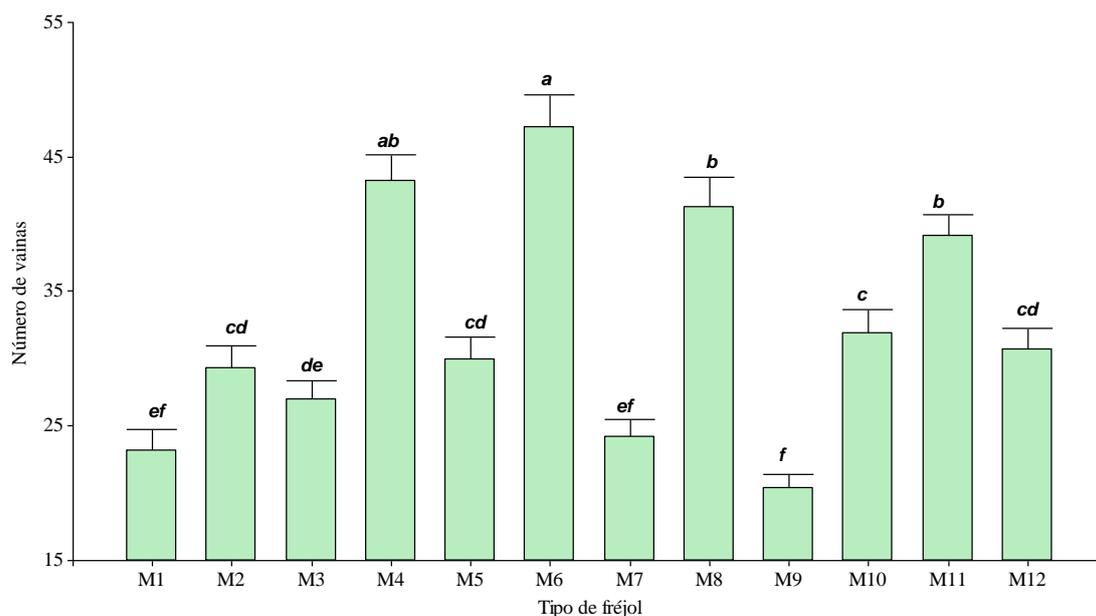
De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza, se encuentran diferencias altamente significativas entre muestras con un promedio generalizado que arroja 32.29 vainas y un coeficiente de variación de 38.07 % valor

considerado alto lo que representa una amplia variabilidad de los datos entre las muestras evaluadas. Como se observa en la Figura 52, se generaron seis rangos de alta significancia, entre los cuales figura en primer lugar, la muestra M6 con 47.23 vainas en promedio y como último rango, la muestra M9 con un promedio de 20.46 vainas por planta.

El comportamiento de los materiales mixturados con respecto al número de vainas por planta fue diferente a los reportados por Tabango (2021) quien en su estudio obtuvo un valor máximo de 114 vainas/ planta. Esta variable está influenciada por el ambiente y va relacionada con el comportamiento de la planta durante la etapa de floración ya que si en esta etapa existió altas temperaturas se induce un aborto de flores y por consiguiente un pobre número de vainas por planta lo cual afectaría directamente al componente de rendimiento porque si existe un menor número de vainas habrá un menor rendimiento (Curay, 2019).

Figura 52

Número de vainas por planta



c) Longitud de vainas

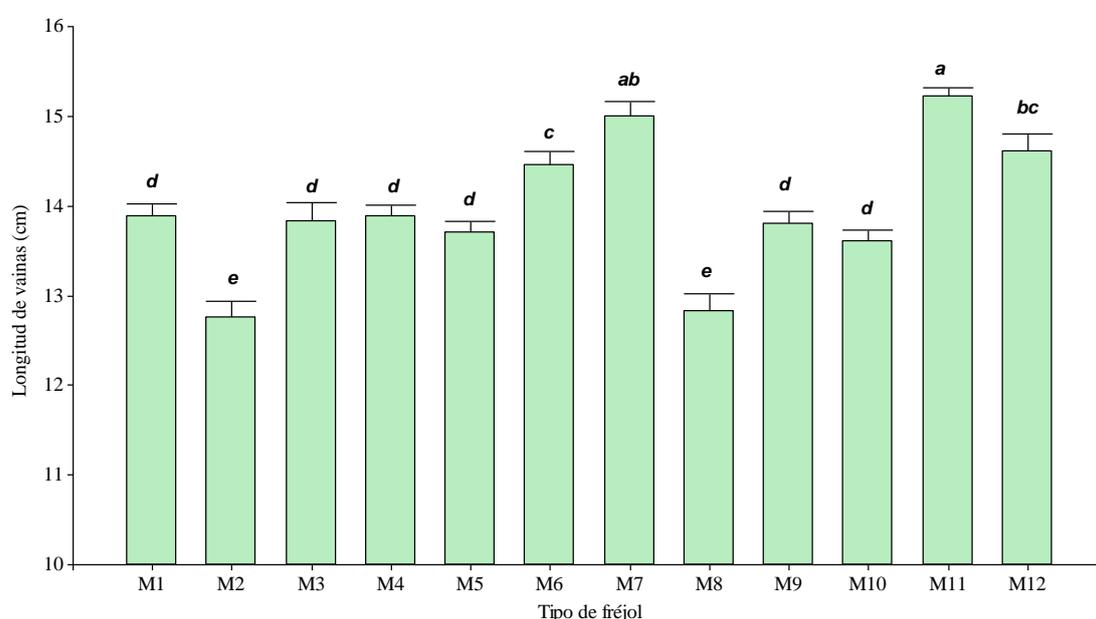
En la Figura 53 se observa que para el carácter longitud de vainas, se generaron cinco rangos de alta significancia. Entre los cuales destaca en primer lugar la muestra M11 de mayor longitud de vaina con 15.21 cm, mientras que en último lugar con menor longitud se encuentra las muestras M2 y M8 con 12.75 y 12.83 cm respectivamente, presentando un promedio general de 13.96 cm y un coeficiente de variación de 7.93% lo cual indica que existe una variabilidad baja entre muestras.

Los resultados de este estudio tienen cierta relación con los presentados por Tabango (2021) quien obtuvo vainas con un valor promedio 12.94 cm, en otra investigación realizada por Ulcuango (2018) en la misma zona obtuvo vainas de 9.30 cm a 17.90 cm de longitud demostrando así que el tamaño de las vainas es variable y está ligado a la reacción del genotipo de cada variedad a las condiciones ambientales.

Con respecto a este carácter como menciona Arias et al. (2007) las vainas pueden tener 6-22 cm de longitud dimensiones bastante variables independientemente del hábito de crecimiento.

Figura 53

Longitud de vainas en cm



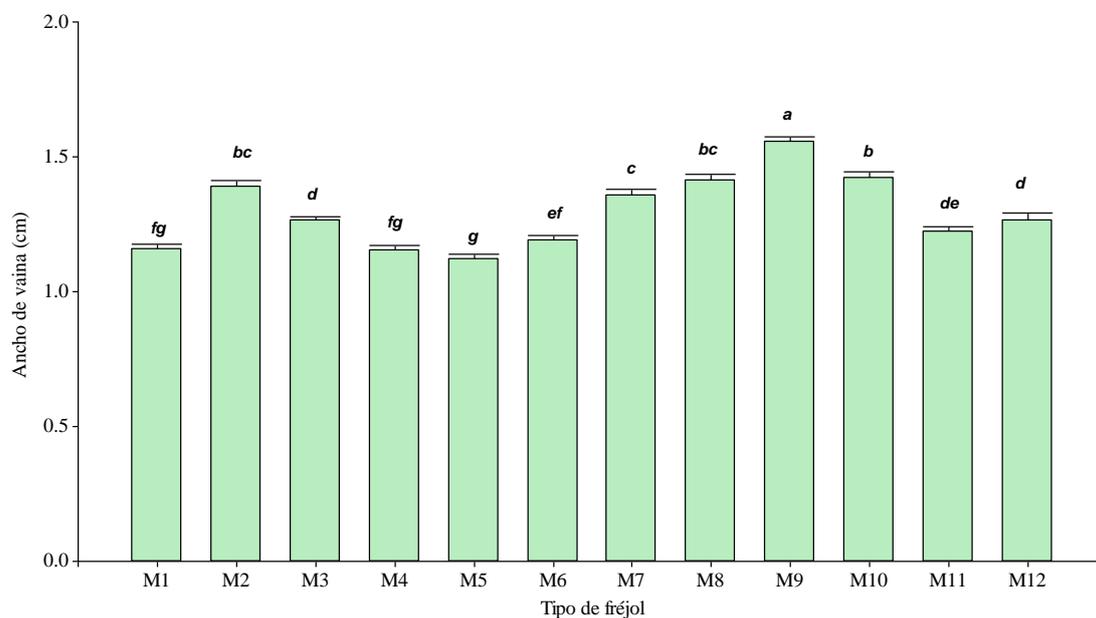
d) Ancho de vainas

En cuanto a esta variable como se observa en la Figura 54, para el ancho de vainas se generaron siete rangos de alta significancia, destaca la muestra M9 por presentar mayor ancho de vaina con 1.74 cm y en último rango la muestra M5 con 0.92 cm; el promedio general es de 1.29 cm y un coeficiente de variación de 13.07%.

Tabango (2021) en su estudio obtuvo vainas de un promedio general de 1.10 cm, así mismo, en otro estudio realizado por Ulcuango (2018) obtuvo vainas de un promedio de 1.21 cm. Como se mencionó anteriormente este carácter es una respuesta a las condiciones del ambiente y al genotipo de cada variedad y se encuentra relacionado al tamaño de la semilla; es decir si la semilla es grande el ancho es mayor, por el contrario, si es una semilla pequeña el ancho será menor.

Figura 54

Ancho de vainas en cm

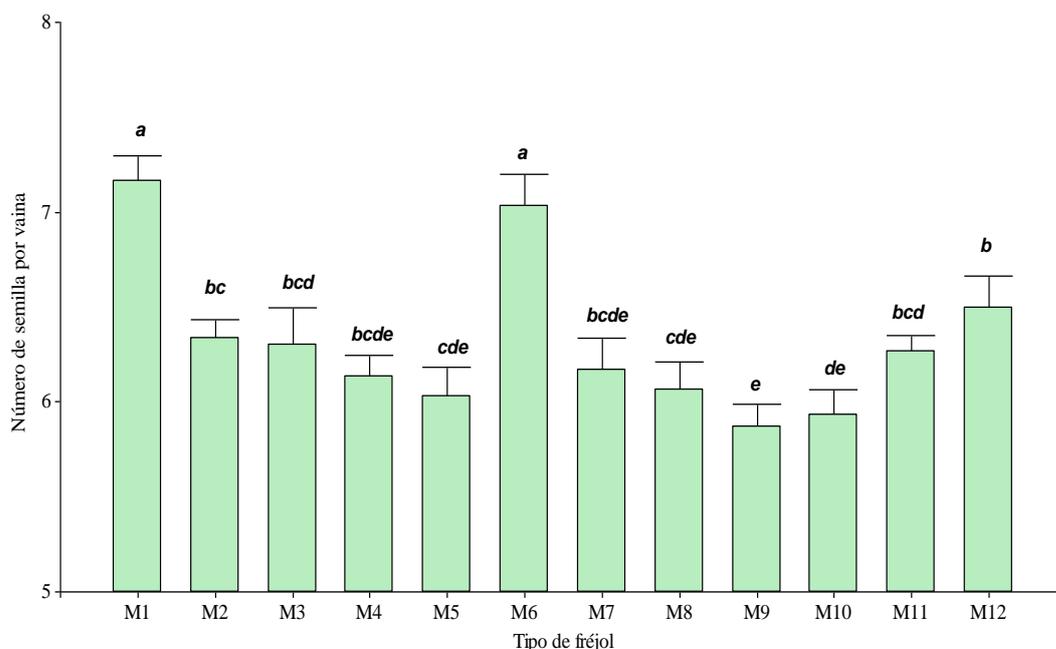


e) Número de semillas por vaina

Luego del análisis de varianza, se deduce la existencia de diferencias estadísticas significativas entre muestras, en promedio global, se obtiene 6.32 semillas por vaina con un coeficiente de variación de 13.68 %.

Figura 55

Número de semillas por vaina



En este sentido, como se observa en la Figura 55 se establecen cinco rangos significativos, entre los que se destaca la muestra M1 que presenta con 7.17 semillas por

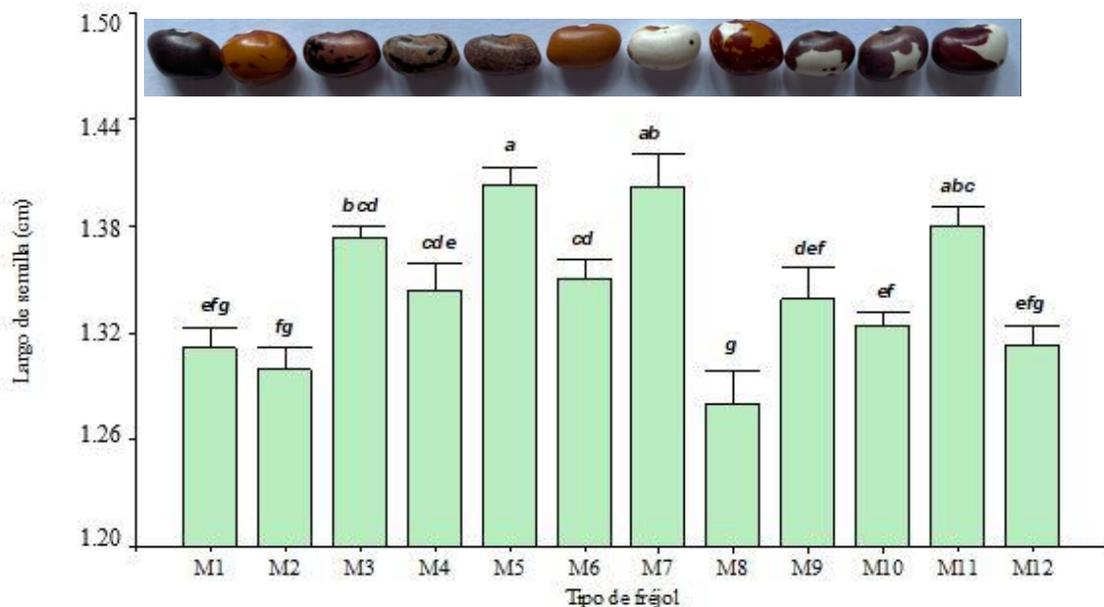
vaina y en el más inferior la muestra M9 con 5.87 semillas promedio por vaina. Esta variable está íntimamente relacionada con el tamaño de la vaina y forma del grano. En este caso la muestra M1 y M6 no presenta mayor longitud de vaina, pero a pesar de ello presenta mayor número de semillas/vaina al ser granos más pequeños y delgados, por su parte la muestra M9 presenta menor número de granos al ser más grandes.

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren en menor número de semillas por vainas con los resultados presentados por Tabango (2021), quien en su investigación obtuvo un promedio de 5 semillas por vaina. Asimismo, Ulcuango (2018) presentó valor medio de 5.6 semillas. Por su parte Blandón y Peralta (2016) explican que el carácter granos por vaina es altamente heredable, puesto que es una característica genética propia de cada variedad la cual se ve poco alterado por las condiciones ambientales e influyen directamente en el rendimiento.

f) Largo de semilla

Según el análisis de varianza existe diferencias significativas entre muestras evaluadas, con un promedio general de 1,34 cm y un coeficiente de variación de 4.09%, lo cual indica que existe una variabilidad baja entre muestras.

Figura 56
Largo promedio de semillas (cm)



Como se observa en la Figura 56 se generaron siete rangos de alta significancia, entre los cuales destaca en primer lugar la muestra M5 que presenta las semillas de mayor longitud con 1.40 cm, mientras que en último lugar se encuentra la muestra M8 con 1.28

cm siendo la semilla más corta. En este sentido, se debe tener en cuenta que el largo de la semilla es una característica propia de cada variedad y que a la vez está asociada con el rendimiento.

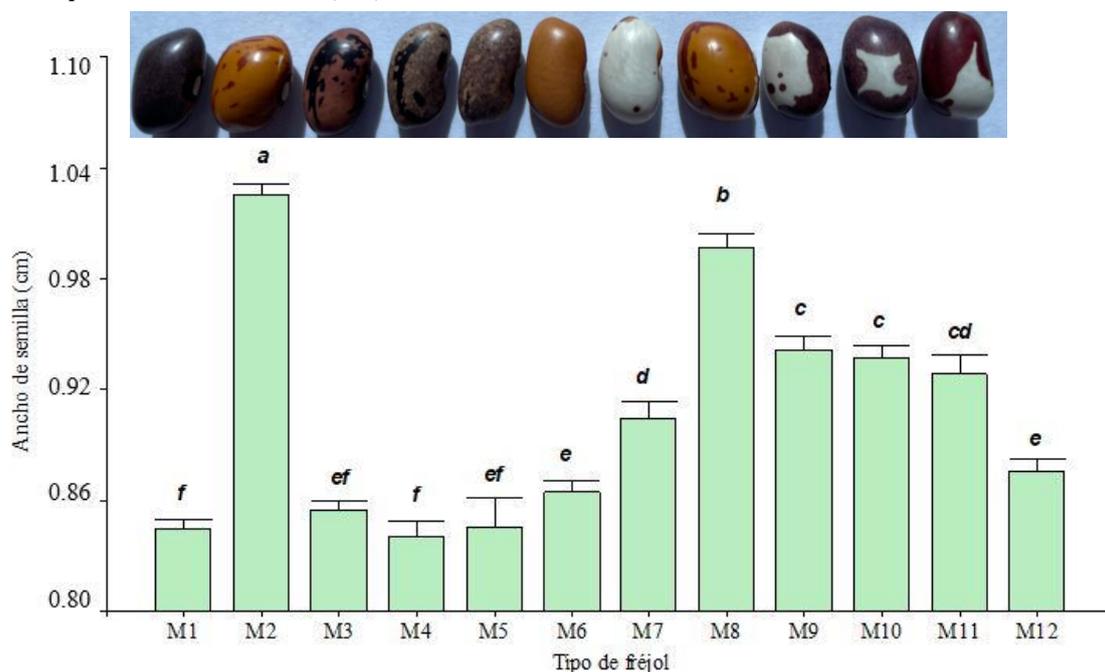
Respecto a esto Ulcuango (2021) en su investigación donde evalúa la variabilidad de características morfo-agronómicas en diferentes fenotipos de fréjol obtuvo dimensiones con un valor medio de 1.45 cm. Esta diferencia de datos se pudo ver afectada principalmente por la variabilidad genética que existe en esta especie, teniendo en cuenta que el tamaño de la semilla es independiente del hábito de crecimiento.

g) Ancho de la semilla

Según el análisis de varianza existe diferencias significativas entre muestras con un promedio general de 0.90 cm y un coeficiente de variación de 7.12%, lo cual indica que existe una variabilidad baja.

Figura 57

Ancho promedio de semillas (cm)



En este aspecto los resultados obtenidos y representados en la Figura 57, indican que se generaron seis rangos de significancia. Entre los cuales la muestra que alcanzo el mayor ancho de semilla en grano seco fue la muestra que alcanzo el mayor ancho de semilla en grano seco fue la muestra M2 con un valor promedio de 1.03 cm por semilla, mientras que las muestras que presentaron menor ancho de semilla en grano seco fueron las muestras M1 y M4 con un valor de 0.85 y 0.84cm. Al igual que el largo de la

semilla el ancho también está relacionada con el rendimiento ya que son variables dependientes entre sí.

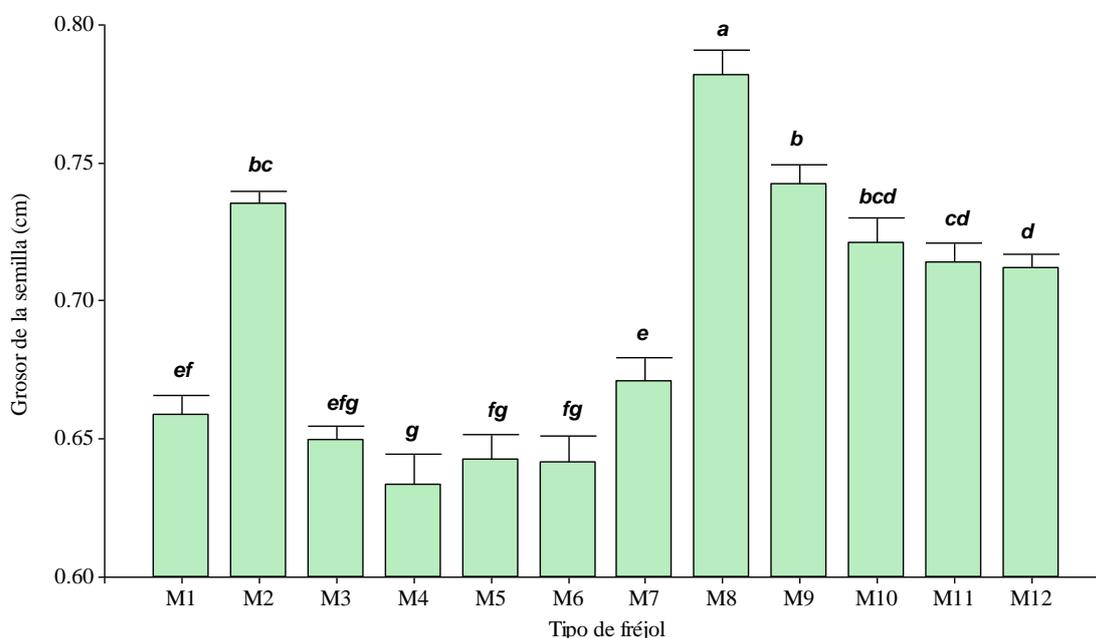
Como se mencionó en la variable anterior, cosa parecida sucede también con el ancho de la semilla. Ulcuango (2018) obtuvo un resultado similar con valor medio de 0.91 cm. Esta similitud de datos pudo ser influenciada por las condiciones climáticas ya que fueron desarrolladas en la misma zona.

h) Grosor de la semilla en cm

Con respecto a esta variable la toma de datos se realizó a semillas individuales, luego del análisis de varianza, se deduce la existencia de diferencias altamente significativas entre muestras que arroja un promedio general de 0.69 cm y un coeficiente de variación de 7.48%. Como se puede observar en la Figura 58 se determinan siete rangos de alta significancia, en donde la muestra que presenta semillas más gruesas es la muestra M8 con una media de 0.78 cm, mientras que la muestra que presentó menor grosor en la semilla fue la muestra M4 con una media de 0.63 cm.

Figura 58

Grosor de la semilla (cm)



Los resultados obtenidos tienen relación con lo que mencionan Morales et al. (2017) quienes en su investigación determinaron un valor máximo de 0.68 cm y un valor mínimo de 0.84 cm con un coeficiente de variación de 7.37%. En este sentido el grosor de la semilla en seco depende de la cantidad de agua que haya absorbido durante su

desarrollo y de la nutrición que la planta recibió durante su etapa de crecimiento. Además, dependerá también de la genética del cultivar, generalmente los colores claros y bayos pueden ser semillas de grano grande y grueso, mientras que los colores oscuros tienen tendencia a ser semillas más delgadas y pequeñas Velasco et al. (2013)

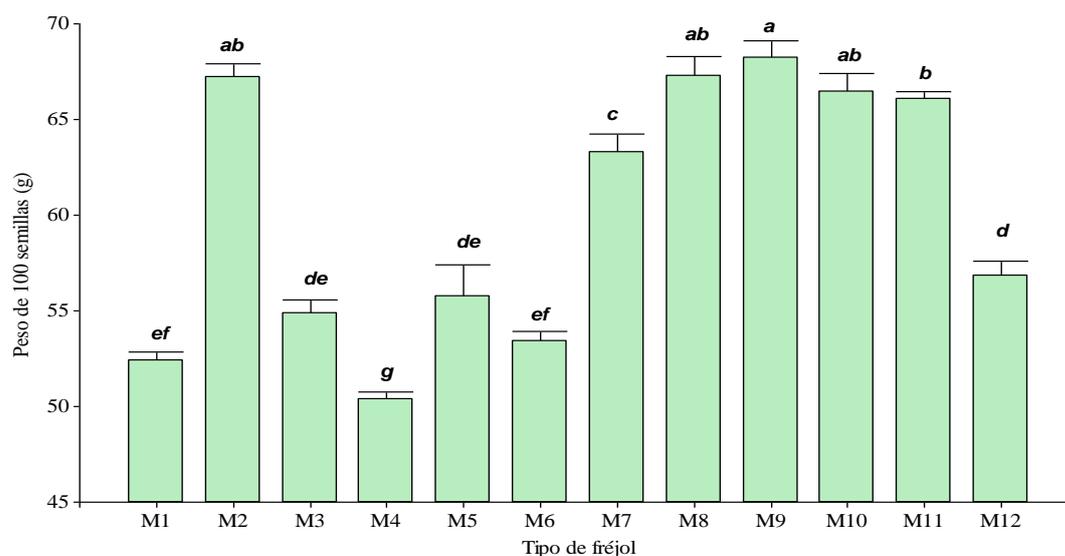
i) Peso de 100 semillas (g)

En esta variable los datos se tomaron cuando la semilla presentó un porcentaje de humedad de 12-13%. Presentando pesos promedios con diferencias significativas entre muestras evaluadas, el promedio general fue de 60 g, con un coeficiente de variación de 11.69% lo que demuestra que el fréjol es una especie que presenta una gran variabilidad genética que producen semillas con una gran diversidad en colores, formas y tamaños.

En la Figura 59 se observa que la muestra M9 se destaca al poseer semillas grandes presentando un peso promedio de 68.23 gramos, mientras que la muestra M4 presenta un peso promedio con 50.36 gramos, esto se relaciona a que la muestra se caracteriza por ser de menor tamaño. Sin embargo, las muestras M8, M2, M10 y M11 presentan un rango de peso que va de 66 a 67 gramos siendo consideradas también como semillas grandes, lo que indica que al ser semillas que componen el fréjol mixturiado presentan valores competitivos. Como lo menciona Voysest (2000) que clasifica como semilla pequeña a pesos hasta de 25 gramos, mediana entre 25.01 y 40 gramos y grandes desde 40.01 gramos/100 semillas. De acuerdo con esta clasificación dentro de la investigación se determina que la mayoría de las muestras se encuentra en un rango de semillas grandes.

Figura 59

Peso de 100 semillas en gramos



La obtención de granos grandes en la presente investigación está influenciada por el manejo agroecológico que estuvo enfocado en el uso de biol y microorganismos líquidos de montaña, los cuales mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo lo que contribuye a tener una planta bien nutrida que dará como resultado una buena productividad. Como lo menciona (Santin, 2017) que asegura que la aplicación de abonos orgánicos como el biol tiene efectos positivos en el peso de 100 semillas y rendimiento por su alto contenido de minerales y fitorreguladores.

Tabango (2021) en su investigación en los mismos materiales mixturados obtuvo un rendimiento promedio de 59.46 gramos. Por otro lado, en una investigación realizada en la zona de Chaltura por Ulcuango (2018) obtuvo un valor medio de 62.97 gramos. Esta variable al ser un carácter cuantitativo influenciado por el medio ambiente es también un carácter influenciado por factores hereditarios y pueden estar ligadas con los componentes del rendimiento: peso de 100 semillas, longitud y ancho de vainas y número de vainas, los resultados de estas variables se verán reflejadas de forma directa con la productividad de cada material todo esto dependen altamente de la eficiencia fotosintética de la planta y del potencial genético (Ligarreto, 2013).

j. Rendimiento en kg por unidad experimental

En el rendimiento de grano seco ajustado a un rango de 12 a 13% de humedad, según el análisis de varianza se expresan diferencias significativas entre muestras. El promedio general llega a 8.69 kg/unidad experimental correspondiente a 28 m², el coeficiente de variación fue de 21.67%, que indica que existe una variabilidad alta entre las muestras lo cual está influenciado por la diversidad de semillas evaluadas.

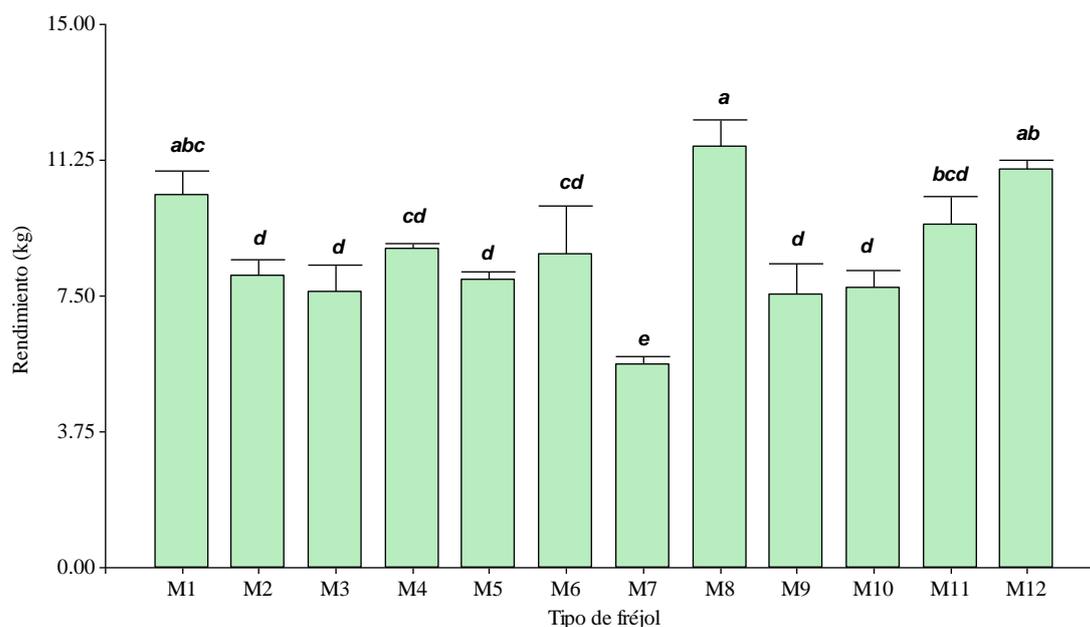
En base a lo expresado, en el análisis de datos realizado mediante la prueba de Fisher al 5 % para el rendimiento en grano seco se establecen cinco rangos significativos (Figura 60). En donde la muestra que alcanzó mayor rendimiento fue la muestra M8 con un valor medio de 11.61 kg/unidad experimental, mientras que la muestra que presentó menor rendimiento fue la M7 con un valor promedio de 5.60 kg/unidad experimental. Cabe mencionar que la muestra M12 no es significativamente diferente de la muestra M8, y se destaca al ubicarse en segundo lugar con un rendimiento de 10.99 kg/unidad experimental lo que implica que el mixturado presenta rendimientos competitivos si se siembra de forma independiente o mezclado.

Con estos datos se puede inferir el rendimiento en kilogramos por hectárea, obteniendo de esta manera 4146.43 kg h⁻¹ en la muestra M8 y 3925 kg ha⁻¹ en la muestra M12 con los mayores rendimientos y el menor volumen en la muestra M7 con 2000 kg ha⁻¹.

A la final la muestra M12 (testigo) tiende a presentar un rendimiento alto a pesar de no destacarse en las variables que se relacionan al rendimiento, esto pudo darse porque no todos los puntos de siembra tenían la misma agrupación de tipos de semillas sino más bien tenían combinaciones de semillas al azar. Sin embargo, al momento de realizar el pesaje de semilla al azar probablemente se seleccionaron las semillas que presentaban mayor tamaño lo que influye en el peso de la producción final.

Figura 60

Rendimiento por unidad experimental en kg



Los resultados obtenidos difieren con los rangos presentados por Ríos et al. (2014) quienes en su investigación realizada en líneas avanzadas de fréjol voluble alcanzaron rendimientos promedio altos de 1300 kg ha^{-1} (0.13 kg m^{-2}) y 1038 kg ha^{-1} (0.10 kg m^{-2}). Estos datos son relativamente menores en relación con las muestras evaluadas en el presente estudio, por lo que se asumiría que también está relacionado con el tipo de fertilización, las características edafoclimáticas y los oportunos controles fitosanitarios realizados en cada etapa de desarrollo del cultivo.

La fertilización en la presente investigación estuvo basada en el uso de abonos orgánicos dando como resultados rendimientos altos, como lo afirman Gómez et al. (2008) quienes en su investigación de producción de fréjol en huertos biointensivos determinan que la aplicación de abonos orgánicos influye positivamente en los rendimientos y sus componentes en las plantas. Ya que obtuvieron un incremento del 50% en el rendimiento al fertilizarse con dichos abonos. Por lo que se deduce que la aplicación de estas prácticas agroecológicas mejora la fertilidad del suelo lo que conlleva a una buena nutrición de la planta representada en un alto rendimiento (Arellano et al., 2015).

Como lo mencionan López y Ligarreto (2006) el rendimiento es una característica compleja que depende de factores directos e indirectos; Entre los factores directos los de mayor peso son el hábito de crecimiento, número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso del grano por lo que la selección de materiales por incremento de rendimiento agronómico y sus componentes es difícil por la baja heredabilidad y los efectos de la interacción entre el genotipo y ambiente que se manifiesta a través de procesos fisiológicos.

4.3 Incidencia y dinámica poblacional de plagas

El monitoreo de la incidencia y dinámica poblacional en cada unidad experimental fue cada 15 días, de 10 plantas por unidad experimental durante todo el ciclo biológico del cultivo. Las plagas que se presentaron durante la investigación fueron de baja infestación y no influyó notoriamente en la sanidad del fréjol, las especies de plagas observadas fueron las siguientes: masticador, mosca blanca, lorito verde y barrenador de la vaina. Los resultados se expresan en los siguientes apartados:

4.3.1 Masticador de la hoja (*Acanthoscelides obtectus* Thomas Say.)

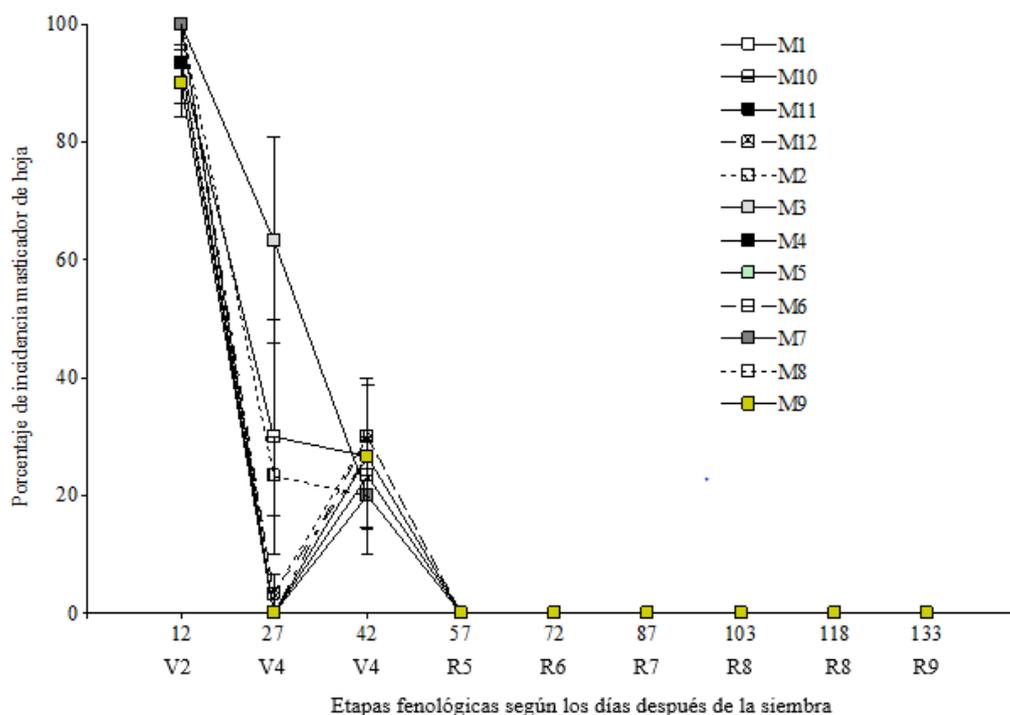
En la Figura 61, se aprecia que el porcentaje de incidencia del masticador de la hoja a los 12 días después de la siembra se encuentra en más del 80% de las muestras evaluadas. Al identificarse la presencia de la plaga en mención se realizó un control inmediato con la aplicación de forma foliar de tierra de diatomeas (insecticida y fertilizante a base de cristales de sílice), posteriormente la incidencia se redujo a cerca de un 0% en la muestra M9, no así para la muestra M3 donde el porcentaje de incidencia se mantuvo en un 60%, esto probablemente está asociado al grado de resistencia de la muestra.

Cabe mencionar que la muestra 12 correspondiente al fréjol mixturiado con el control realizado también redujo a cerca del 0% de incidencia. Al llegar a la etapa vegetativa V4 el porcentaje de presencia del masticador incrementó a cerca de un 25% en todas las muestras, finalizando en la etapa de prefloración (R5). Esta dinámica posiblemente esté relacionada con el ciclo vegetativo de la especie, debido a que este insecto solo se alimenta de las hojas primarias de la planta

Como lo menciona Martínez (2016), el follaje succulento y de tejido tierno resulta atractivo y es un medio adecuado para el desarrollo del masticador ya que se alimenta principalmente de brotes y hojas tiernas, por lo cual un control preventivo durante la etapa vegetativa es importante para reducir la presencia y evitar daños si sobrepasa el umbral económico lo que representaría grados elevados de afectación de la planta durante su desarrollo.

Figura 61

Incidencia de masticador de hoja según la etapa fenológica



En cuanto a la dinámica poblacional del masticador, la Figura 62 indica que el inicio y población más alta de esta plaga se registra a partir de los 12 días después de la siembra en la etapa vegetativa V2 con un promedio no mayor a 4 insectos por planta, luego su población va disminuyendo a los 27 días durante la etapa vegetativa V4 a menos de 1 insecto por planta. Lo que puede estar influenciado principalmente por el control agroecológico realizado, así como también por la migración de los insectos y algunos factores climáticos como humedad, precipitaciones, temperatura y estado fisiológico de la planta. Finalmente, a los 42 días la fluctuación del masticador desaparece en todas las muestras evidenciándose así el cambio de etapa fenológica en el cultivo de fréjol.

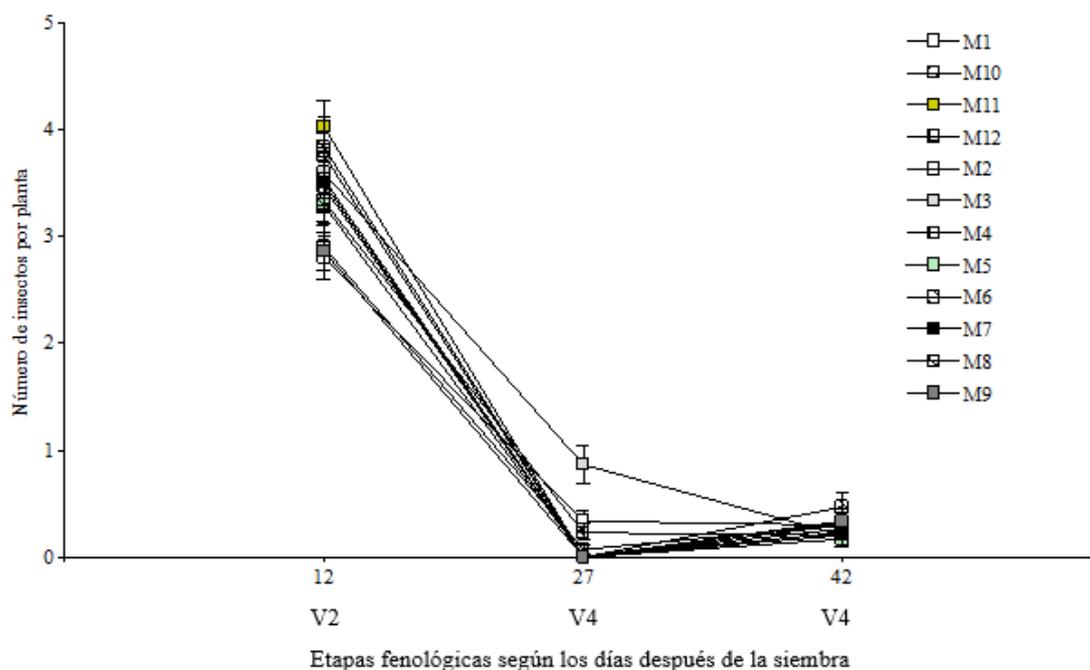
En referencia al cultivo de fréjol los ataques más severos se presentan durante la fase vegetativa inicial del desarrollo de las plantas después de la siembra, pueden llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento de un 30 a un 64 %, por esto demanda de controles constantes (Moncada et al., 2018).

Sin embargo, la presencia del masticador en poblaciones mínimas no representa pérdidas de producción al existir un equilibrio, además que al aparecer únicamente en la etapa vegetativa de uno a cuatro insectos por planta solo causa daños a las hojas primarias las cuales posteriormente serían reemplazadas por las hojas verdaderas eliminándose las que han sido afectadas. En este sentido, Martínez (2009) explica que una población de

insectos está normalmente en un equilibrio dinámico cuando esta fluctuando alrededor de un nivel poblacional promedio típico de la especie que alcanza en un determinado tiempo.

Figura 62

Dinámica poblacional del masticador de la hoja



4.3.2 Lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore)

En la Figura 63 a se puede observar que el porcentaje de incidencia del lorito verde a los 12 días después de la siembra se presenta por debajo del 40% en cada una de las muestras evaluadas. Sin embargo, a partir de su aparición y con la aplicación de extractos vegetales, el porcentaje de incidencia fluctúa según la etapa fenológica y se mantuvo durante todo el ciclo de cultivo sin sobrepasar el 80% de incidencia, lo que indica que no existen daños en la planta debido a que la población se mantiene por debajo del umbral económico.

No obstante, la muestra 12 correspondiente al fréjol mixturiado se mantiene en porcentajes bajo del 60% de incidencia (Figura 63 b). Esto probablemente está relacionado con la interacción dentro del manejo de la variabilidad interespecífica. Es decir, los materiales mezclados probablemente contribuyen a que la incidencia de esta plaga sea menor en comparación al manejo de forma independiente. De ahí la importancia de que estos recursos locales mantengan esa dinámica de manejo que realiza el agricultor porque implicaría el no uso de agroquímicos para el control, dando espacio al uso de

insecticidas naturales que están elaborados a base de elementos que el agricultor dispone en el medio.

Figura 63 a

Incidencia de lorito verde en las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M6

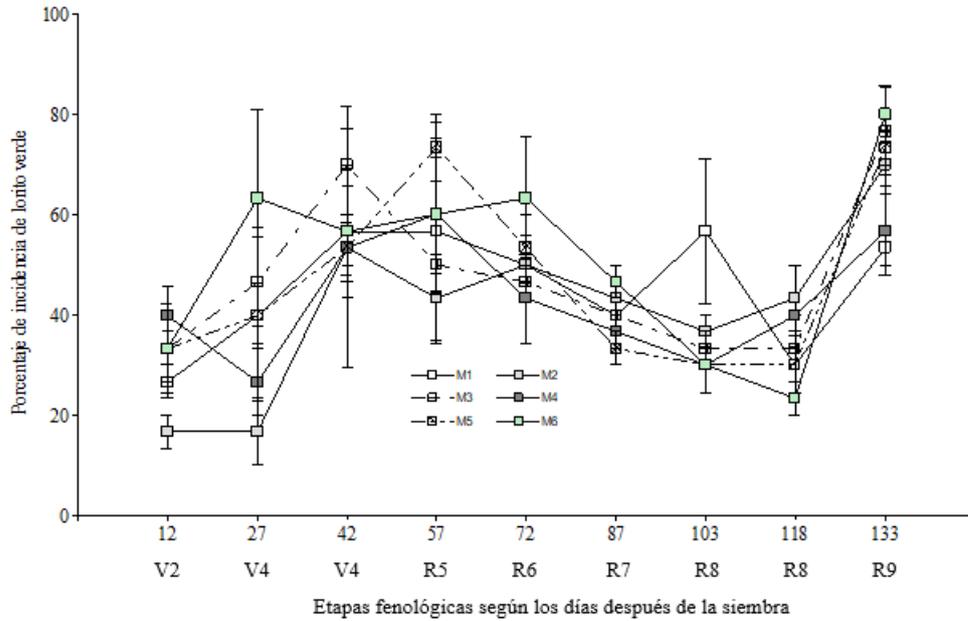
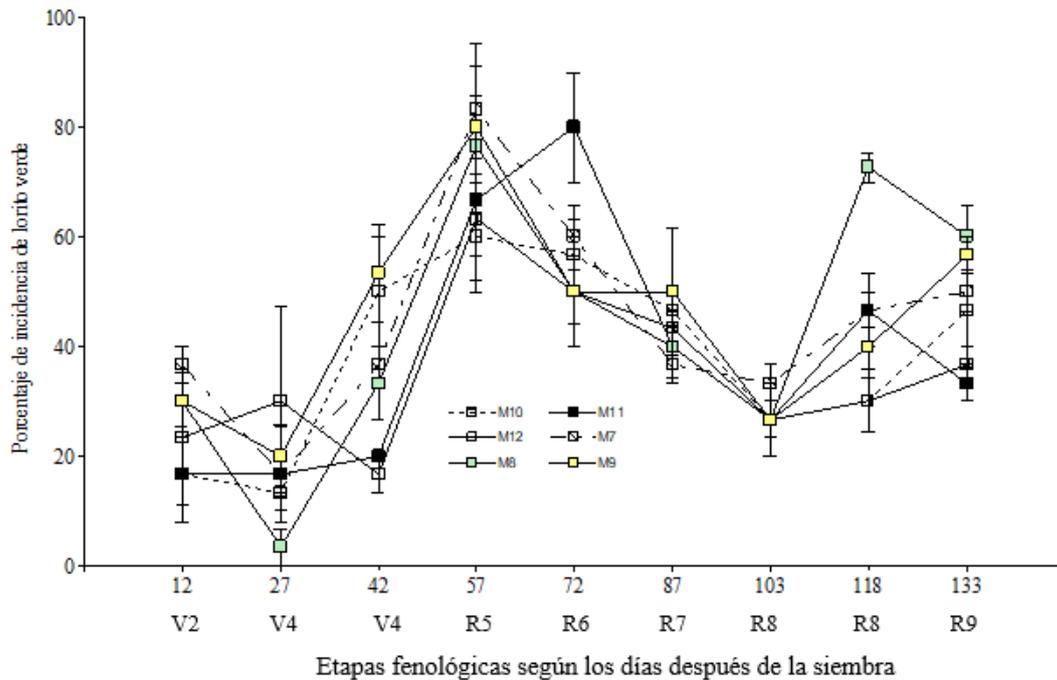


Figura 63 b

Incidencia de lorito verde en las muestras M7, M8, M9, M10, M11 y M12



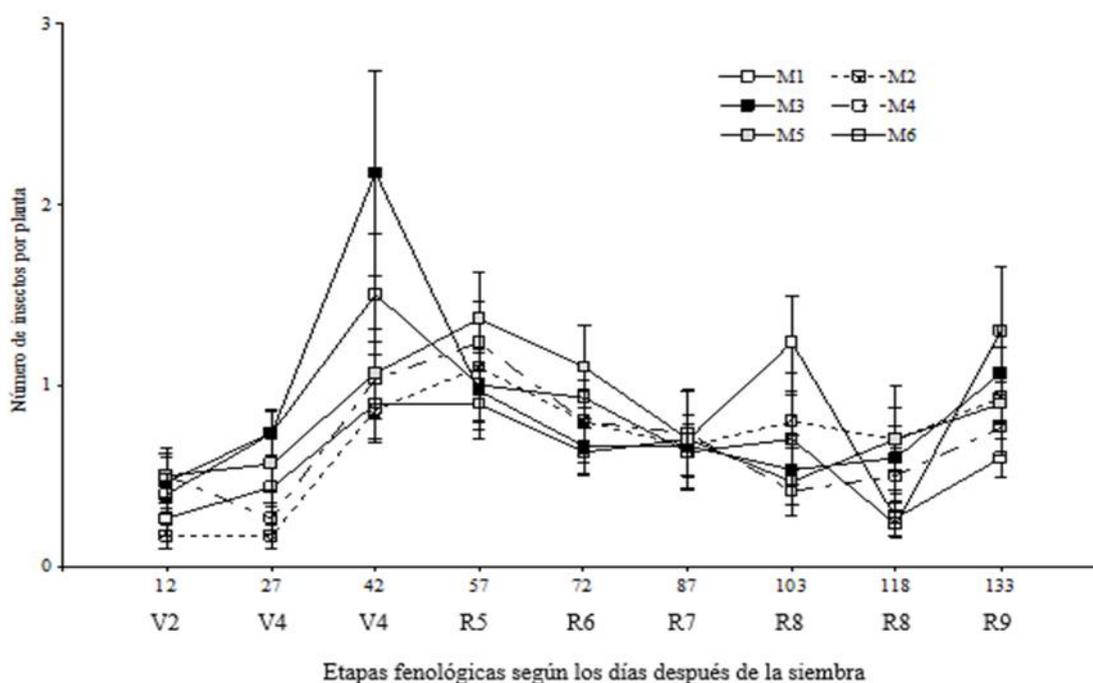
Cabrera et al. (2016) en su investigación determina que el uso de insecticidas naturales durante el ciclo vegetativo del fréjol ayuda significativamente a reducir la incidencia de

lorito verde. Por lo cual el uso de bioinsumos es una alternativa de manejo que se le brinda al agricultor y que además tienen la potencialidad para mitigar acciones de plagas que causan daños a la planta sin hacer uso de insumos externos.

Por su parte el comportamiento de la población del lorito verde inicia a los 12 días en la etapa V2, presentándose mayor población en la muestra M3 (Figura 64 a) y en la muestra M7 (Figura 64 b) con un promedio de 2 insectos/planta a los 42 y 57 dds respectivamente. Luego continua su fluctuación durante toda la etapa fenológica del cultivo sin sobrepasar el umbral económico por lo que se puede afirmar que existe un equilibrio dinámico. Es importante mencionar que las prácticas agroecológicas realizadas en este estudio pueden ser una herramienta útil para reducir y mantener la población de las plagas a bajos niveles.

Figura 64 a

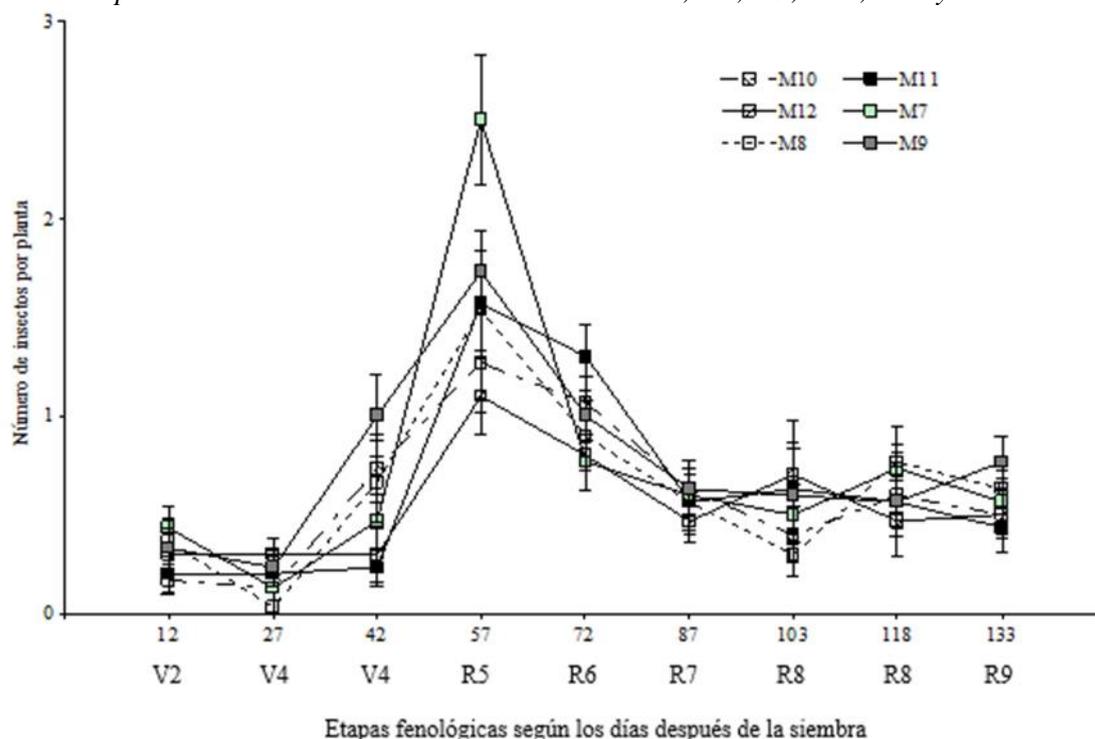
Dinámica poblacional del lorito verde en las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M6



A pesar de ello, el equilibrio o los bajos niveles de población de lorito verde puede estar influenciado por las condiciones ambientales. Así lo explican Lozano et al. (2017) quienes en su estudio confirman que el lorito verde se presenta durante toda la etapa fenológica del cultivo. Sin embargo, en la etapa de floración y desarrollo de vainas su población tiende a elevarse, esto si se presenta un clima seco condición que aumenta la reproducción y ataque de dicha plaga. Durante el desarrollo de la presente investigación el clima fue lluvioso en su mayoría por lo que la población de esta plaga se mantuvo en bajos niveles, lo cual no afectó al rendimiento final.

Figura 64 b

Dinámica poblacional del lorito verde en las muestras M7, M8, M9, M10, M11 y M12



4.3.3 Mosca Blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que el porcentaje de incidencia a los 12 dds estuvo por debajo del 30% en cada una de las muestras evaluadas (Figura 65 a), a partir de su aparición y aún con el tratamiento dado a base de extracto de higuierilla a los 27 dds la incidencia subió a 80%. En la Figura 65 b se puede observar que la muestra M7 resulta ser más susceptible durante la etapa vegetativa sobrepasando el 80% de incidencia, la misma que en la etapa reproductiva pasa a ser la más resistente con una incidencia por debajo del 30%.

El incremento de la incidencia se pudo ver afectada al inicio porque se aplicó una baja dosis del extracto (100 ml L^{-1}) como precaución para que la planta no se quemara por una dosis elevada. Sin embargo, al no presentar una mala reacción de la planta a los 42 dds se aplicó una mayor concentración (176 ml L^{-1}) identificando que la incidencia de mosca blanca disminuyó y se mantuvo en un porcentaje de equilibrio por debajo del 70% donde su presencia no causa pérdidas de producción. De igual manera la presencia o ausencia de la mosca blanca está determinada principalmente por el clima, ya que es una especie que se adapta mejor en verano (Cuellar y Morales, 2006).

Por otro lado, Segovia et al. (2015) mencionan que los extractos vegetales si tienen efectividad en el control de las plagas del follaje, sin embargo, su uso no busca matar,

sino mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral económico. Por esta razón, los extractos vegetales se deben aplicar de manera continua, hasta lograr el efecto deseado. En este sentido, en un estudio realizado por Corrales et al. (2018) determinaron que la aplicación de extractos vegetales tiene efectos positivos en la disminución de la presencia de mosca blanca si se aplica por cinco semanas consecutivas, sin embargo, el efecto fue más notable a partir de la semana 2.

Figura 65 a

Incidencia de mosca blanca en las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M6

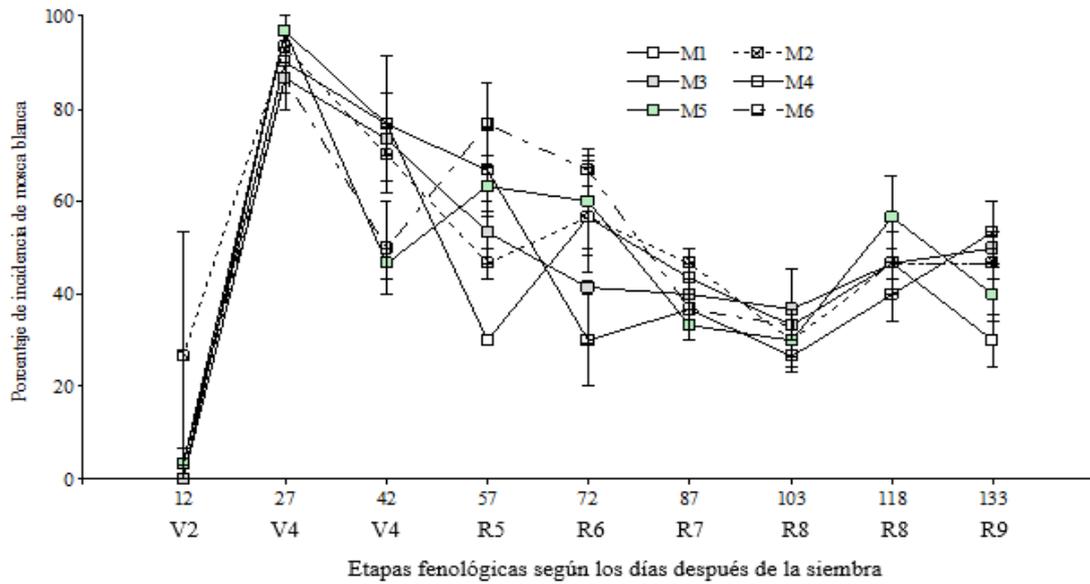
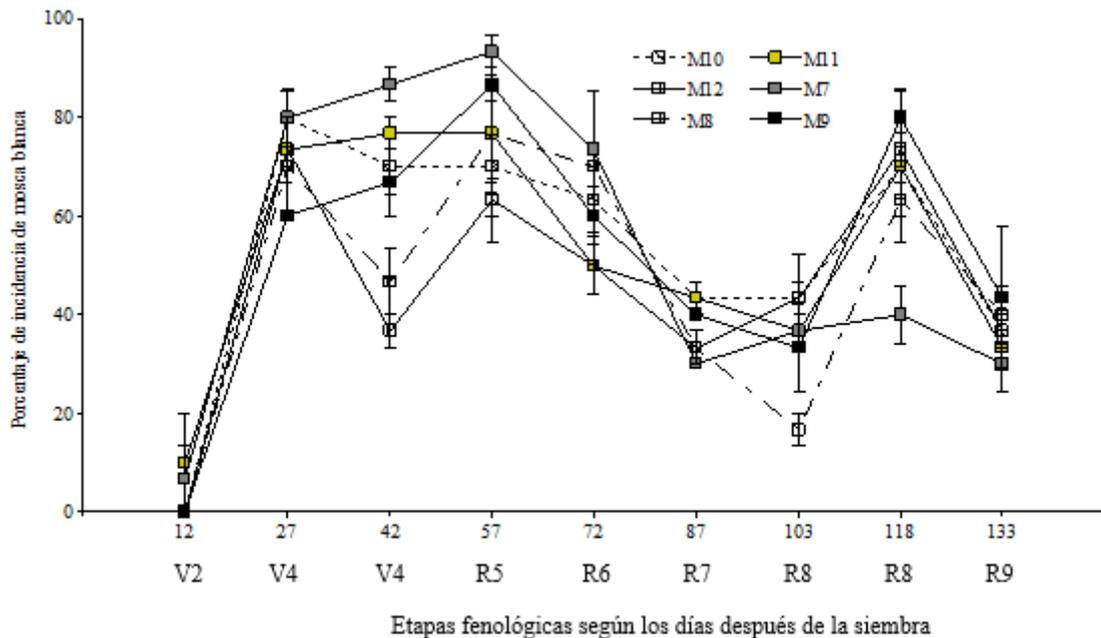


Figura 65 b

Incidencia de mosca blanca en las muestras M8, M9, M10 y M11



Con respecto a la dinámica poblacional el recuento de poblaciones de mosca blanca se inició a los 12 días después de la siembra durante la etapa vegetativa V2, a los 27 dds (etapa V4) la población de adultos fue más alta principalmente en la muestra M2 (Figura 66 a) y M10 (Figura 66 b) presentando aproximadamente 4 insectos por planta.

Figura 66 a

Dinámica poblacional de la mosca blanca de las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M6

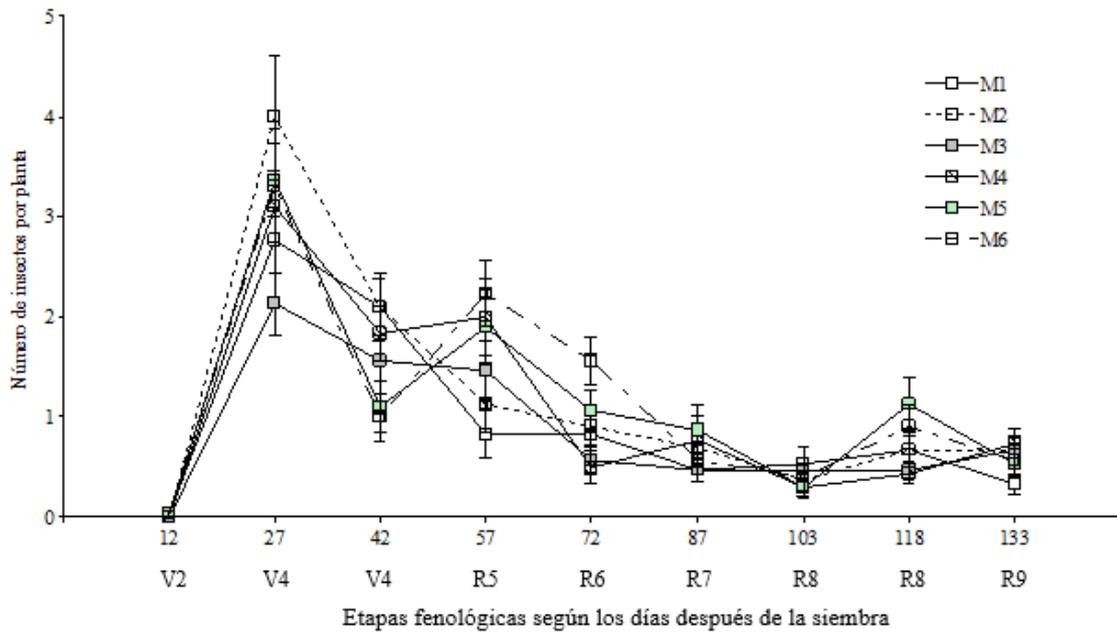
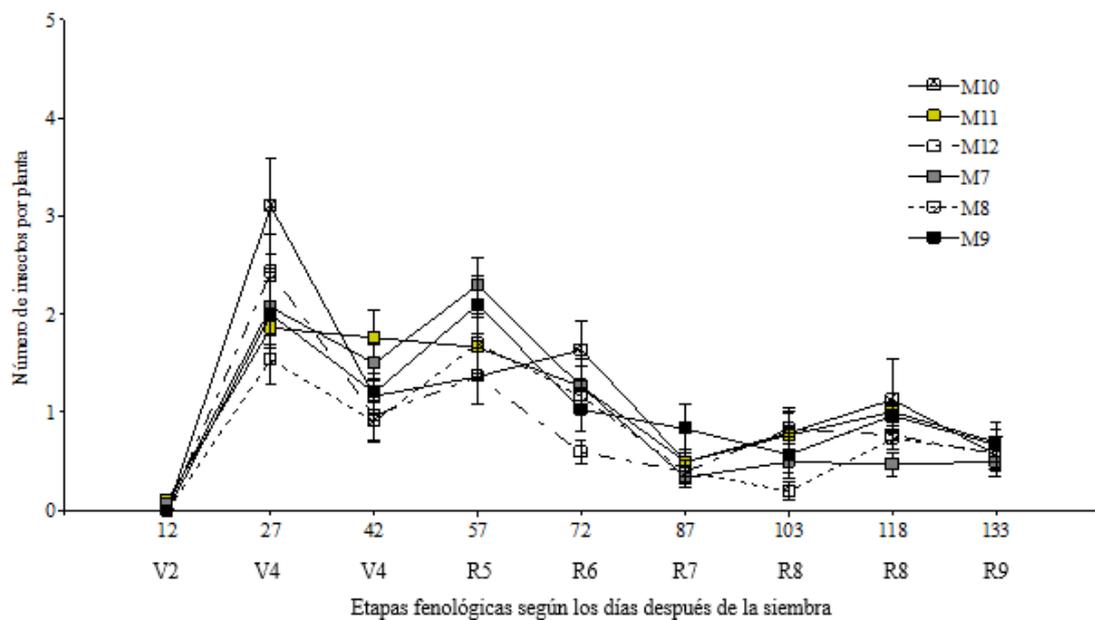


Figura 66 b

Dinámica poblacional de la mosca blanca de las muestras M7, M8, M9, M10, M11 y M12



Esta población a los 42 dds disminuyó llegando a presentarse al menos 1 insecto/planta durante el ciclo de cultivo, esto ocurrió posiblemente por el control realizado y por la presencia de fuertes precipitaciones. Dicho comportamiento está estrechamente relacionado con el clima en especial las lluvias, el cual resulta un clima no favorable para la reproducción de estos insectos.

Bueno et al. (2005) en su investigación determinaron que los niveles de población de mosca blanca disminuyen por la presencia de precipitaciones. Porque al caer una lluvia fuerte estas golpean a las hojas provocando el desprendimiento de una gran cantidad de huevos, lo que ocasiona una baja natalidad. Los mismos autores mencionan que al finalizar el ciclo de cultivo se presentan descensos en las poblaciones a causa de la migración de los adultos a nuevos hospederos.

4.3.4 Barrenador de la vaina (*Epinotia aporema* Walsingham)

En cuanto a la incidencia del barrenador de la vaina, en la Figura 67 se observa que se presenta en la etapa de formación de vainas (R7) a los 87 dds, en un porcentaje inferior al 60%, teniendo en cuenta que el ataque del gusano afecta directamente al rendimiento se realizó un control inmediato con *Bacillus thuringiensis* Berliner. Sin embargo, a los 103 días en la etapa de llenado de vaina (R8) la incidencia aumentó al 85%, posiblemente está relacionado con la rápida distribución en nudos y vainas como lo afirma Cruz (2005). Posteriormente el control se realizó a los 118 días y se evidenció una disminución significativa de la incidencia del barrenador en menos del 25% en todas las muestras.

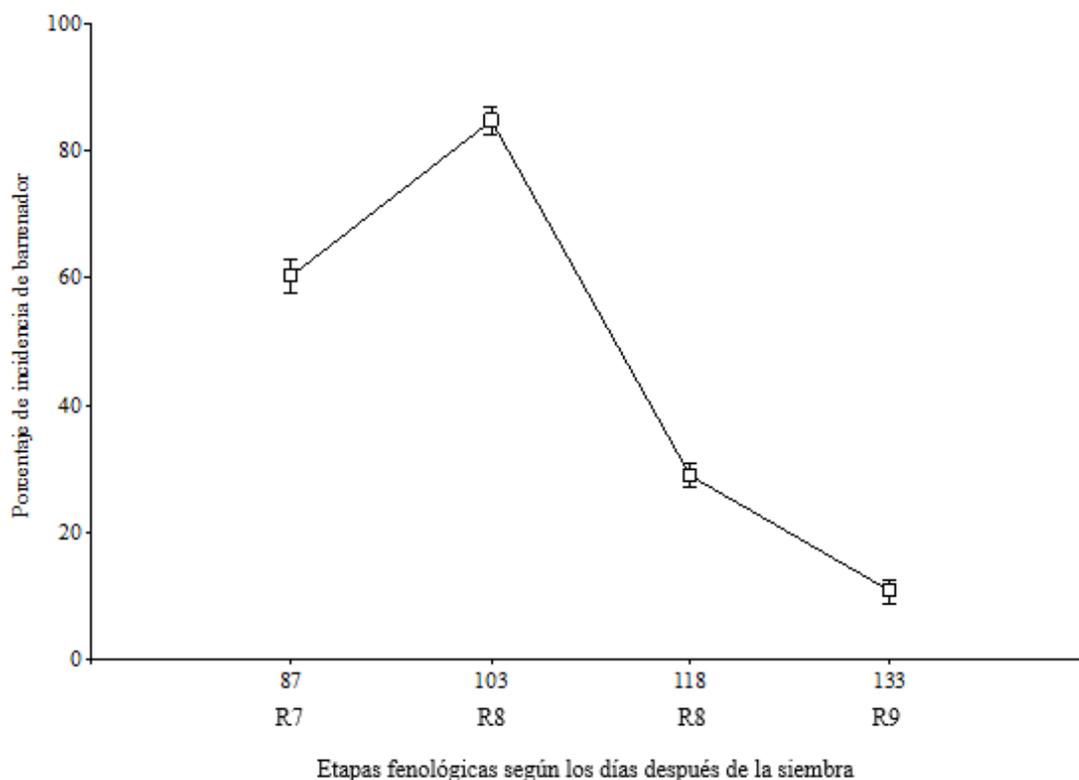
Dado que su ataque afecta directamente a la vaina y en consecuencia al grano, la muestra M8 es la que presentó mayor daño en cuanto a calidad de semilla con 2.64% de semillas dañadas de un total de 10.33 kg de producto cosechado por unidad experimental, por lo que se determina que el daño causado en las vainas fue mínimo, debido a que la incidencia disminuyó con el manejo agroecológico realizado.

Lo expuesto concuerda con Altieri y Nicholls (2006) que indican que la relación con el entorno de la parcela, sus componentes y las prácticas que se desarrollan como la fertilización orgánica marcan en gran medida la respuesta de la unidad productiva ante los fitófagos. Y pueden proporcionar microelementos óptimos que provee un balance de nutrientes lo que puede estimular la resistencia al ataque de insectos reduciendo la posibilidad de que se conviertan en plagas.

Además, Urbina (2017) menciona que el daño de este gusano en la etapa de maduración se reduce ya que solo alcanza a consumir una o dos semillas y las pudriciones disminuyen debido a la reducción de humedad dentro de la vaina por lo que resulta importante realizar los monitoreos y controles preventivos.

Figura 67

Incidencia del barrenador

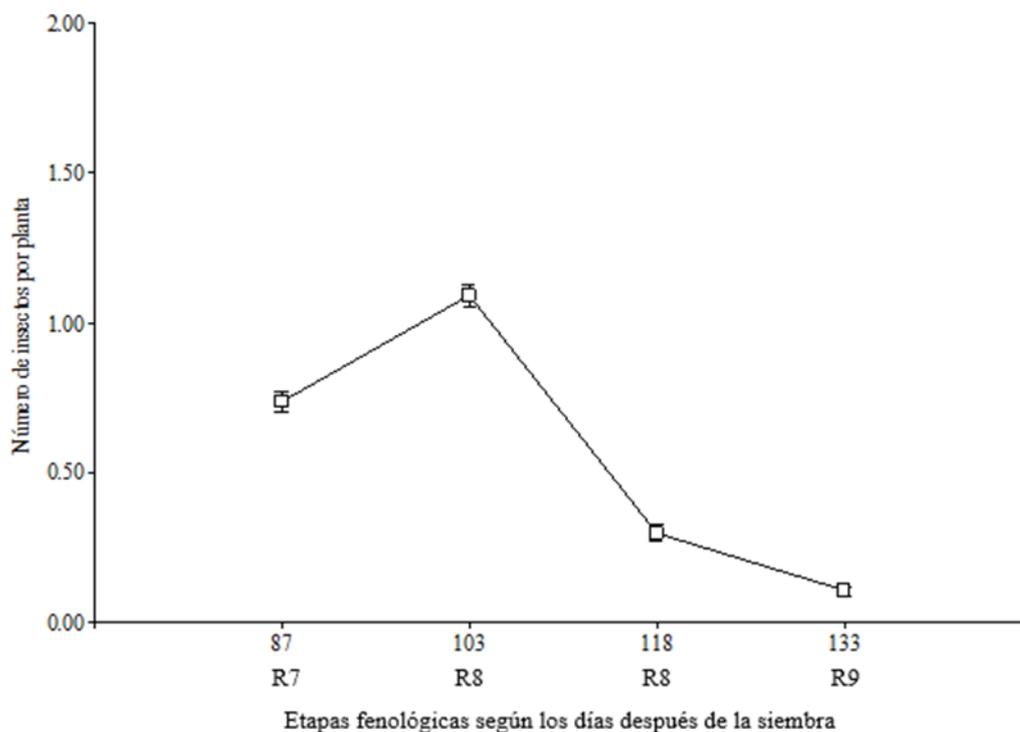


Por otra parte, en la Figura 68, se observa que el conteo de poblaciones del barrenador inicia en todas las muestras a los 87 días después de la siembra en la etapa de formación de vainas (R7). A los 103 dds (etapa R8) la población incrementa debido a su diseminación en nudos y vainas elevándose a más de un gusano por planta, misma que a los 118 dds en la etapa de llenado de vainas disminuye hasta llegar a la etapa de madurez fisiológica a los 133 días donde la fluctuación de la población se pierde por control agrocológico realizado con hongos entomopatógenos. Debido al nivel de daño que puede ocasionar se debe evitar que la población sobrepase de dos barrenadores por planta ya que esto puede afectar directamente al rendimiento.

Altesor y González (2013) mencionan que el ciclo de vida del barrenador es de 20 días por lo cual su nivel poblacional disminuirá significativamente después de este lapso. Además, la temperatura es una de las variables ambientales con mayor incidencia en la duración del ciclo vital de los insectos. En este sentido, los estudios sobre dinámica de poblaciones de insectos permiten determinar los factores responsables del crecimiento o decrecimiento poblacional que pueden depender de su densidad o ser independientes de ella. Entre los independientes tenemos a la temperatura, humedad, luminosidad, pluviosidad, granizo, sequía, y demás factores abióticos de control natural que causan las mayores fluctuaciones en el tamaño de las poblaciones y aquellos factores que la regulan (Saldarriaga, 2019).

Figura 68

Número de barrenadores por planta



4.4 Incidencia y severidad de enfermedades

4.4.1 Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. y Magn.)

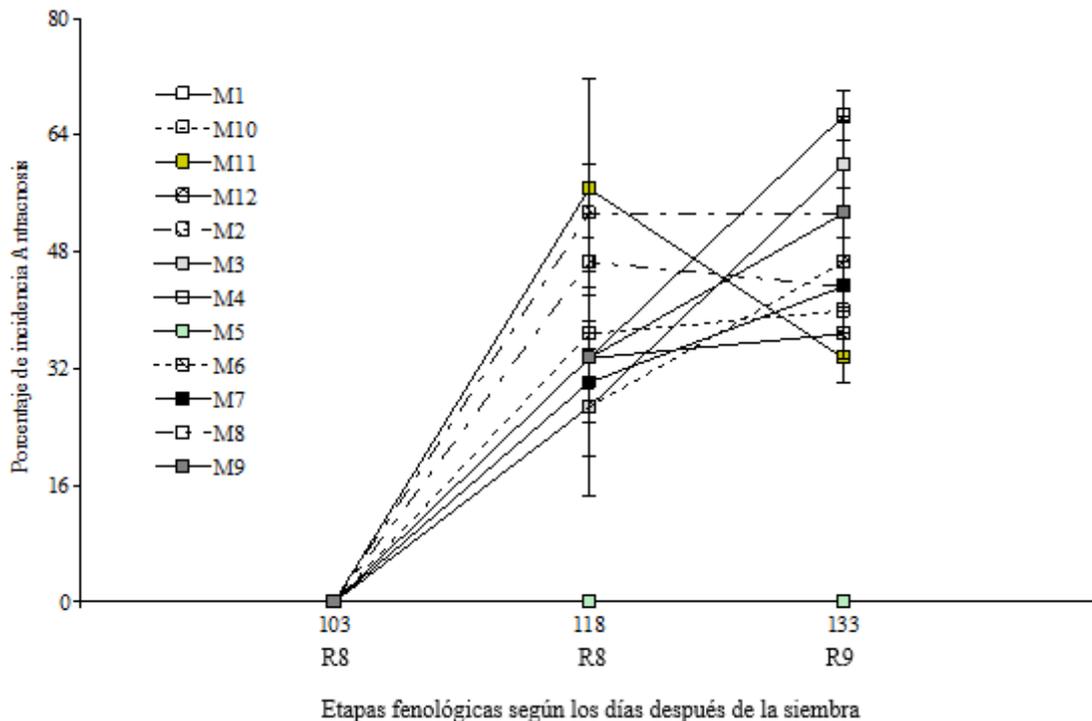
Respecto a la antracnosis se presenta en las hojas a los 103 dds, que corresponde a la etapa de llenado de vainas (R8), se registró solo el 1% de afectación en la muestra M9. Debido a la fácil diseminación del hongo, a los 118 dds se determinó su presencia en 7 de las 12 muestras evaluadas con una incidencia por debajo del 64% (Figura 69), lo que ameritó un control con bio-preparados.

Posteriormente a los 133 días, etapa de madurez fisiológica (R9) existe disminución de la incidencia de roya en las muestras M2, M10 y destacándose la muestra M11 que presenta respuesta positiva al tratamiento, creando así resistencia a la enfermedad, aunque podría estar relacionado con características genéticas. Por su lado las muestras M1, M3, M6, M9 y M7 demostraron ser más susceptibles porque la incidencia subió a pesar del control realizado. Con respecto a las muestras M4, M5, M8 y M12 se establecen como resistentes a la antracnosis ya que no presentaron rastros de contaminación.

Lo cual coincide con lo reportado por González et al. (2000) quienes mencionan que la mayor frecuencia de variedades con resistencia a antracnosis se da en los genotipos con grano de color amarillos y oscuros independientemente de la etapa de desarrollo, indicando que la variación de la resistencia durante el desarrollo de la planta, adulta o joven está ligada a la variedad.

Figura 69

Porcentaje de incidencia de antracnosis



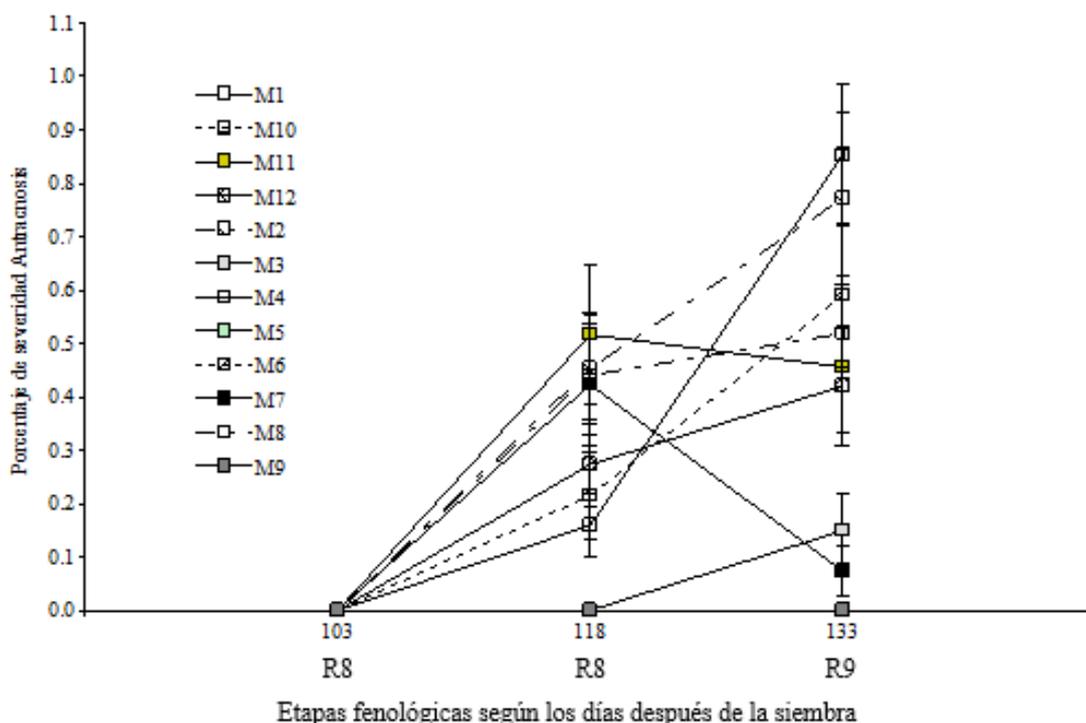
Con respecto al porcentaje de severidad de la antracnosis en la Figura 70, se observa que resultaron afectadas únicamente las muestras M1, M2, M3, M6, M7, M9, M10 y M11 con un porcentaje promedio de severidad por debajo del 0.6% y a los 133 dds con una severidad bajo el 1%. Estos resultados no representan niveles de daños económicos que afecten el rendimiento del cultivo de fréjol, debido a que el umbral de daño económico es de 7%. Sin embargo, se debe aplicar un control cuando el porcentaje de la enfermedad en las hojas del fréjol sea del 5% ya que dicha enfermedad se disemina con facilidad (García, 2014).

Al ser una enfermedad que se disemina de una forma fácil mediante vientos o lluvias, si la severidad sobrepasa el 7% se pueden generar pérdidas de rendimientos en rangos de 20 a 30%, pero si las condiciones ambientales son adecuadas pueden llegar hasta el 100% (López et al., 2002). Es por ello, la importancia de seleccionar materiales que presenten resistencia a la antracnosis y realizar medidas preventivas ya que puede aparecer desde los primeros estados de desarrollo. Este hongo especialmente es dañino

en floración y formación de vainas, en la presente investigación la presencia de antracnosis se dio en la etapa de llenado de vainas lo que no causó daños significantes en la producción.

Figura 70

Severidad de la antracnosis



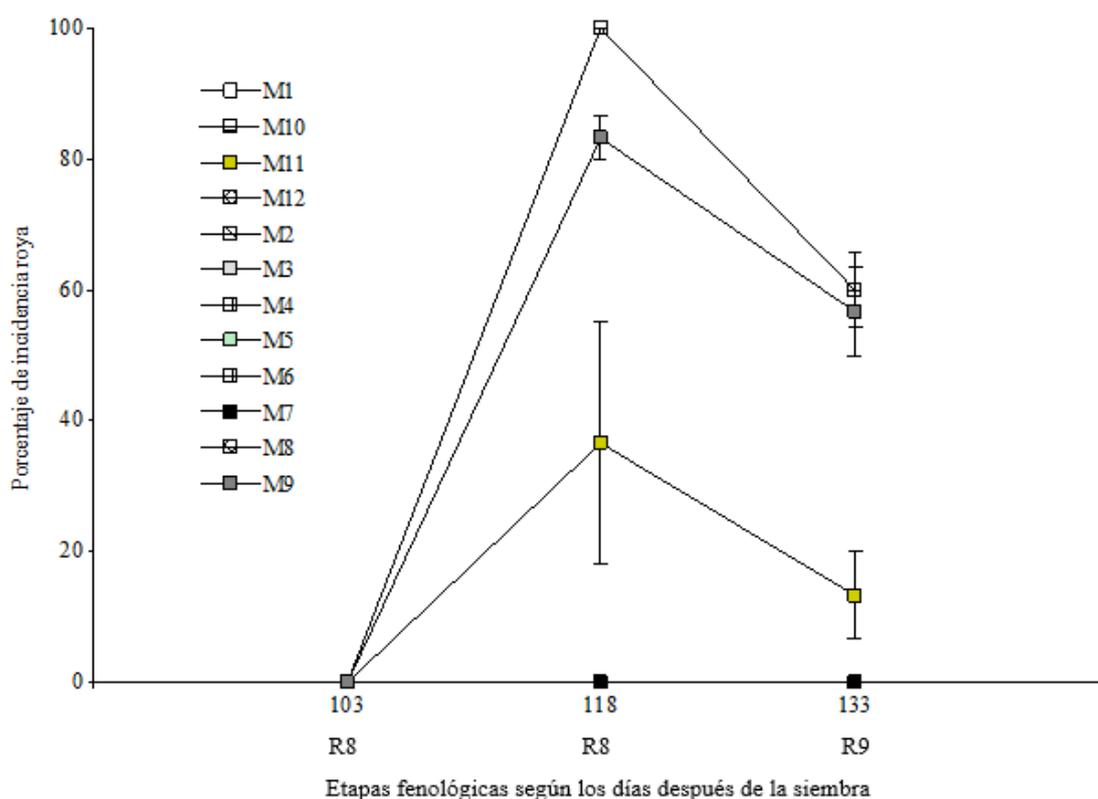
4.4.2 Roya (*Uromyces phaseoli* Pers.)

En la Figura 71, se puede observar que a los 103 dds en la etapa R8 (llenado de vainas), existe la presencia de la roya cerca de un 1% en la muestra M9, sin embargo, a los 118 dds, se observa los índices más altos de incidencia donde la muestra M10 es la más susceptible con casi 100% de infección, seguida de la muestra M9 con 80% y M11 con 35%. Lo que ameritó un control curativo inmediato con bio-preparados a base cola de caballo este producto se caracteriza por presentar alto contenido de sílice y equisetonina.

Posteriormente se realizó el control a los 133 días (etapa de madurez fisiológica) se evidenció una rebaja significativa de la incidencia de roya especialmente en la muestra M10 la cual fue más afectada. Con respecto a las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 y M12 se determinan como resistentes, lo cual puede ser una buena característica para selección de materiales.

En el caso de la muestra 12 al ser una mezcla de semillas puede presentar resistencia debido la presencia de fenotipos susceptibles y resistentes, lo que justifica su comportamiento. Como reporta Carrillo (2014) quien en su investigación determinó que usar mezclas de semillas ayuda a estabilizar las epidemias de enfermedades en campo debido a su diversidad genética.

Figura 71
Porcentaje de incidencia de roya

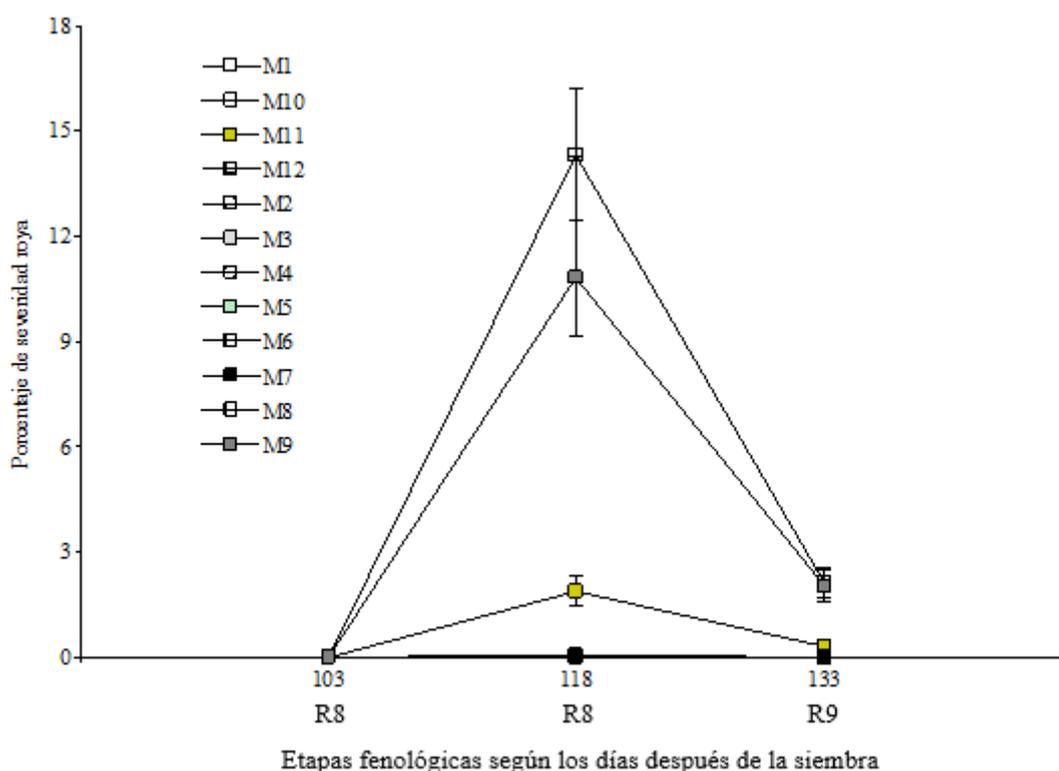


En la Figura 72 se puede apreciar que a los 103 dds la severidad de roya en la muestra 10 incrementó paulatinamente, por ello a los 118 dds la severidad fue de 14.36% en promedio, seguida por las muestras M9 y M11 que también presentan daños en las hojas con una severidad promedio de 10.83% y 10.89% respectivamente. Mientras que, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 y M12 el comportamiento fue distinto ya que resultaron ser resistentes y no existió presencia de roya. No obstante, la presencia de la roya en las muestras 9 y 11 puede deberse a la dispersión de la enfermedad por el viento debido a la cercanía que tienen con la muestra 10 que resulto la más afectada.

En este caso los niveles de daño si sobrepasaron el umbral económico ya que no deben sobrepasar el 10% de hoja afectada (Castaño et al., 2012) y la muestra 10 casi alcanza el 15% de afectación a los 118 dds. Aunque, al presentarse en la etapa de madurez fisiológica no representa pérdidas de producción.

Por otro lado, los coeficientes de variación para las enfermedades evaluadas fueron muy altos debido a la alta variabilidad de los genotipos tanto de la mezcla de semillas como de sus componentes.

Figura 72
Severidad de roya



4.5 Identificación de materiales promisorios

La caracterización morfoagronómica de la presente investigación permitió identificar materiales promisorios dentro de las muestras de fréjol. Para esta identificación se utilizaron los descriptores relacionados al rendimiento entre ellos destacan: días a la cosecha, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, largo, ancho y grosor de semillas, peso de 100 semillas y el rendimiento por hectárea, los resultados se detallan a continuación.

En este estudio las muestras de fréjol voluble consideradas como promisorias, de acuerdo con sus componentes de rendimiento primario, corresponden a las muestras: M8, M1, M11, M4, M2, M10, M9 y M12 (mixturiado) (Tabla 9). Pero de ellas las más sobresalientes considerando una alta producción en campo expresado en kilogramos por hectárea, correspondieron a las muestras M8, M12, M1 y M11.

Tabla 9*Variables que componen el rendimiento*

Muestra	Días a la cosecha	Largo de semilla	Ancho de semilla	Grosor de semilla	Número de vainas/planta	Número de semillas/vaina	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento kg h ⁻¹
M8	150	12.80	9.97	0.78	41.30	6.07	67.25	4146.43
M12	175	13.14	8.76	0.71	30.67	6.50	56.80	3925
M1	175	13.12	8.45	0.66	23.20	7.17	52.38	3667.86
M11	173	13.80	9.29	0.71	39.13	6.27	66.08	3385.71
M4	166	13.44	8.41	0.63	43.23	6.13	50.36	3139.29
M6	158	13.50	8.65	0.64	47.23	7.03	53.43	3092.86
M2*	150	13.00	10.26	0.73	29.27	6.3	67.19	2882.14
M5	166	14.03	8.46	0.64	29.97	6.03	55.75	2842.86
M10*	158	13.24	9.37	0.72	31.90	5.93	66.48	2753.57
M3	173	13.74	8.55	0.65	26.97	6.30	54.90	2721.43
M9*	166	13.39	9.41	0.74	20.40	5.87	68.23	2696.43
M7	173	14.02	9.04	0.67	24.23	6.17	63.29	2000

*Muestras que presentan tres variables sobresalientes.

Los resultados señalan que dentro de las variables que explican características relacionadas con el rendimiento sobresale la muestra 8, presentando 150 días a la cosecha, ancho de vaina de 9.97 cm, grosor de semilla de 0.78 cm, número de vainas/planta promedio de 41.30, peso de 100 semillas de 67.25 g y el rendimiento de 4146.43 kg ha⁻¹, lo que indica que dicha muestra presenta características deseables para su cultivo.

Cabe resaltar que el testigo correspondiente a la muestra 12 (fréjol mixturiado) es la segunda muestra con mejor rendimiento con 3925 kg ha⁻¹, a pesar de que presenta un peso de 100 semillas de 56.80 g, un número de vainas por planta promedio de 30.67 y es tardía con respecto en días a la cosecha. Sin embargo, por la combinación de semillas tiene un buen rendimiento lo que puede estar relacionado con la proporción de granos que fueron seleccionados al azar para determinar el peso. En donde probablemente se eligió semillas más grandes de entre los once componentes del mixturiado y de ahí resultó el peso final. Esto implica que manejar de forma mezclada permite, por un lado, conservar la diversidad local y por otro disponer de germoplasma con buenos rendimientos.

Las muestras M2, M9 y M10 presentan más de tres características que sobresalen con respecto a las demás y que se pueden controlar. No obstante, es notable que su rendimiento es bajo, pero considerando que es un carácter que depende de factores directos e indirectos la selección de materiales por incremento de rendimiento agronómico no puede ser predecible ya que si se cultiva en diferentes zonas puede presentar un comportamiento distinto por los efectos de la interacción entre el genotipo y ambiente (López y Ligarreto, 2006).

Al comparar los resultados obtenidos de las muestras evaluadas con variedades volubles mejoradas como INIAP 426 CANARIO “Siete Colinas” de acuerdo con Peralta, et al. (2004) presentan las siguientes características que determinan el rendimiento: días a la cosecha en seco 170-190, número de vainas de 17-40, número de granos/vaina de 6 a 7, peso de 100 semillas de 50-60 g y un rendimiento en seco de 1800-3200 kg h⁻¹. Mientras que la variedad 421 BOLÍVAR de acuerdo con Murillo, et al. (2000) presentan: días a la cosecha en seco de 170-200, número de vainas de 18-25, número de granos/vaina de 5 a 6, peso de 100 semillas de 60 g y un rendimiento en seco de 2800 kg h⁻¹. Estos resultados en efecto son menores a los alcanzados en la presente evaluación de variedades nativas, ya que las muestras M8 y M12 sobrepasan los 3200 kg ha⁻¹ y las muestras restantes se encuentran dentro de los rangos de producción de las variedades mejoradas.

Por consiguiente, si bien las muestras evaluadas no son variedades comerciales la conservación de esta variabilidad a nivel de chacras promueve la seguridad y la soberanía alimentaria de los pueblos, de esta manera resulta importante la evaluación de estos materiales que presentan una alta potencialidad de producción y son competitivos frente a variedades mejoradas de tal forma que la diversidad local sea valorizada y potencializada. Y todo esto bajo un manejo agroecológico que beneficia al pequeño agricultor ya que los bioinsumos son de fácil acceso y réplica.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos el presente trabajo de investigación permite llegar a lo siguiente.

1. Con el manejo agroecológico se ha llegado a obtener una producción alta por un lado e incluso a nivel de calidad de semilla se ha obtenido semilla con mínimo daño con respecto al ataque de plagas y enfermedades, lo que garantiza disponibilidad de semilla tanto para una nueva siembra como para alimentación de las personas, lo que implica que este tipo de manejo beneficia en la producción.
2. Debido al buen comportamiento agronómico que presentaron los 11 componentes del fréjol mixturiado y el testigo en la zona de evaluación y teniendo en cuenta las características favorables que determinan un buen rendimiento, se identificaron como promisorias las muestras M8, M1, M11 y M12 (fréjol mixturiado), por lo que resulta de interés revalorizar este germoplasma, ya que se adaptaron a las condiciones climáticas, haciendo de las mismas, materiales con rendimientos competitivos frente a otras variedades.
3. La muestra M12 presenta un alto rendimiento por la combinación de muestras, lo cual implica que la mezcla de variedades permite tener rendimientos competitivos si se siembra de forma independiente o mezclada, de esta forma al mantener mayor diversidad permite por un lado conservar y fortalecer la diversidad a nivel local y por otro disponer de germoplasma con buenos rendimientos, siendo necesario la revalorización de estos genotipos.
4. Se encontró alta variabilidad en los días a la emergencia, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, longitud de tallo, duración de la madurez fisiológica, peso de 100 semillas y rendimiento, de tal manera que al ser caracteres heredables y replicables se pueden aplicar en otras investigaciones.
5. Las potencialidades de las diferentes muestras que componen el fréjol mixturiado presentan un comportamiento agronómico favorable debido a que los caracteres cuantitativos evaluados indican que existe una buena adaptación del cultivo, permitiendo de esta manera seleccionar los materiales promisorios.
6. En la presente investigación el manejo agronómico estuvo enfocado en el uso de abonos orgánicos y bio-insumos que son productos que tienen la potencialidad para mitigar acciones de plagas y enfermedades que causan daños al cultivo, a la

vez se presenta como una alternativa de manejo que está al alcance del agricultor y con posibilidad de reducir los costos de producción, en razón a una menor aplicación de productos sintéticos.

7. Se requiere revalorizar estas prácticas de uso de mezclas biodiversas de semillas de tal manera que se fomente la producción y conservación de frejoles mixturiados. Además, el fomento de estas prácticas agroecológicas permite una producción competitiva frente a una producción convencional de variedades mejoradas.

5.2 Recomendaciones

En base a las diferentes conclusiones determinadas en esta investigación se recomienda:

1. Realizar nuevas investigaciones con las muestras promisorias seleccionadas en otras zonas bajo el mismo sistema agroecológico, pero en épocas de mayo y junio por los efectos del cambio climático, para validar los resultados, ya que la expresión del genotipo está influenciada por el ambiente, y así, podría confirmarse la expresión genética de los caracteres evaluados.
2. Realizar investigaciones relacionadas con el ataque del gusano de la vaina en la etapa R7 que corresponde al llenado de la vaina, seleccionando el período de producción del cultivo durante el cual dicha plaga en particular sea más favorecida por las condiciones climáticas, debido a que éste gusano una vez que se presenta en el cultivo es difícil de controlar y puede afectar directamente al rendimiento provocando pérdidas considerables.
3. Desarrollar ensayos con diferente densidad de siembra debido a que son plantas de hábito trepador indeterminado con el fin de facilitar el manejo agronómico y permitir la circulación de luz y aire a toda la planta durante su desarrollo, sobre todo en material con mezcla de variedades como es la muestra M12.
4. Además de las muestras promisorias, se recomienda evaluar al resto de muestras en otras zonas de producción, con el fin de identificar muestras que también podrían resultar útiles para diversificar la disponibilidad de germoplasma, ampliar la base genética del cultivo y fortalecer el sistema de manejo tradicional como son los fréjoles mixturiados.
5. Evaluar muestras de componentes de mixturiados de otras comunidades para validar la eficacia del uso de bioinsumos y comprobar la resistencia a plagas y enfermedades.
6. Utilizar los bioinsumos con una frecuencia de aplicación quincenal dependiendo de las condiciones del cultivo y etapa fenológica en los sistemas de producción agroecológicos locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (2020). *Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica, ecológica y biológica en el Ecuador*. Quito: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro.
- Aguirre, F. y Gutierrez, R. (2018). *Fertilización con biol y completo y su efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común*. [Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3708>
- Altesor, P. y González, A. (2013). *Monitoreo y detección de epinotia (Crociosema aporema, Lepidoptera: Tortricidae) con trampas de feromonas*. Montevideo, Uruguay: INIA.
- Altieri, C. y Nicholls, M. (2006). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología 1*, 29-36.
- Álvarez, D. (2014). Las especies vegetales promisorias: caso del departamento de antioquia. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 29 (48), 41-65.
- Álvarez, E. (2018). *Cultivo de fréjol: Programa de granos básicos*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Amagua, A. N. (2014). *Evaluación de la resistencia en poblaciones y genotipos locales de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) de Cotacachi a las principales enfermedades*. [Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2498>
- Andino, W. (2011). *Evaluación de tres tipos de bioles en la producción de fréjol (Phaseolus vulgaris Var. Calima), en verde*. [Trabajo de grado. Universidad Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/785>
- Arellano, S. Osuna, E. Martínez, M., y Reyes, L. (2015). Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol de bovino en condiciones de secano. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(3), 313-318.
- Arias, J., Rengifo, T. y Jaramillo, M. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, 33-35.
- Baque, M. A. (2014). *Adaptación de 26 líneas avanzadas de fréjol voluble (Phaseolus vulgaris L.), asociado con maíz (Zea mays L.) en el campo docente experimental "La tola", Tumbaco, Pichincha*. [Trabajo de grado. Universidad Central del

- Ecuador]. Repositorio Institucional
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4540>
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bermello, L. (2016). *Evaluación del potencial de germinación y vigor de semillas de cultivares de fréjol*. [Trabajo de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1937>
- Blandón, R. y Peralta, I. (2016). *Comportamiento agronómico de cuatro variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) evaluadas preliminarmente en siete localidades del municipio de Matagalpa, en dos ciclos agrícolas, postrera*. [Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional
<https://repositorio.una.edu.ni/3280/>
- Bravo, O. R. (2017). *Evaluación morfo-agronómica y productiva de 18 cultivares de Fréjol Arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en el cantón Caluma, provincia Bolívar*. [Trabajo de grado. Universidad Estatal de Bolívar]. Repositorio Institucional <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1812>
- Bueno, J. y Cardona, C. (2004). Control de insectos y otros invertebrados dañinos en habichuela y fríjol. *Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT*, 3(7), 14-21.
- Bueno, J., Cardona, C. y Chacón, P. (2005). Fenología, distribución espacial y desarrollo de métodos de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en habichuela y fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de entomología*, 31(2), 161-170.
- Cabrera, C. y Reyes, C. (2008). *Guía técnica para el manejo de variedades de frijol*. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).
- Cardona, C., Rodríguez, I. y Bueno, J. (2005). *Manejo de la mosca blanca o palomilla en los cultivos de habichuela y fríjol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Carrillo, F. (2014). *Evaluación de la resistencia a enfermedades y potencial agronómico de poblaciones de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) de Cotacachi y Saraguro. Cotacachi, Imbabura*. [Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2864>

- Castañeda, C. L. (2016). *Rendimiento de maíz y frijol en la agricultura de secano en México*. Programa en Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad
- Castaño, J., Zepeda, J. y Zuluaga, S. (2012). Epidemiología y control de roya del frijol [*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Ung.] mediante mezclas en cuarenteño, variedad endémica de Honduras. *Revista Zamorano*, 30, 1-19.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1982). Etapas del desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*L). En F. Contenido Científico: Fernández, P. Geps, y M. P. López. Cali, Colombia: CIAT (serie 04SB-09.03).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1993). *Descriptorios varietales para cultivos: Maíz, Sorgo, Arroz y fréjol*. Cali, Colombia.
- Centro Internacional de la Papa [CIAP]. (2003). *Conservación y uso sostenible de la biodiversidad agrícola*. Laguna, Filipinas: Libro de consulta. Centro Internacional de la Papa-Perspectivas de los usuarios con la investigación y el desarrollo agrícola.
- Chavéz, J. y Sevilla, R. (2003). *Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad de Ucayali*. Pucallpa - Perú, Perú: Bioversity International.
- Chipana, V., Clavijo, C., Medina, P. y Castillo, D. (2017). Inoculation of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with different concentrations of *Rhizobium etli* and its influence on crop yield. *Ecología Aplicada*, 16(2), 91-98
<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1012>.
- Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica [CIAO]. (2020). *Informe de la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica*. Costa Rica.
- Coronel, T. (2019). *Los sistemas de producción agroecológica y su resiliencia frente al cambio climático en la parroquia San Lucas, provincia de Loja*. [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6585>
- Corrales, J., Rodríguez, A., Villalobos, K., Hernández, S. y Alvarado, O. (2018). Evaluación de tres extractos naturales contra *Bemisia tabaci* en el cultivo del melón, Puntarenas, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 42(2), 93-106
<https://doi.org/10.15517/rac.v42i2.33781>.
- Cruz, E. (2005). *Efectividad del uso de extractos orgánicos para el control de mosca blanca (Bemisia tabaci); en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L), en el municipio de San José*. Digital USAC

- Cuellar, M., y Morales, F. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 1-9.
- Curay, J. D. (2019). *Evaluación agronómica de tres variedades de Fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) bajo las condiciones climáticas de la comunidad de Rumichaca del cantón Pelileo*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30037>
- Debouck, D. e Hidalgo, R. (1984). *Morfología de la planta de frijol común*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical .
- Delgado, H. Gusniay, B., Cabascango, T., Guillas, J., Ulquiango , J., Suárez, D. y Naranjo, E. (2017). *Semillas andinas tradicionales del Ecuador*. Ecuador: Quito, FAO/INIAP, 2017.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2018). *Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2018*. Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2003). *Sistema de Semillas de Calidad Declarada*. Estudio FAO producción y protección vegetal.
- Galović, V., Mladenović, S., Navalusić, J. y Zlokolica, M. (2006). Characterization methods and fingerprinting of agronomical important crop species. *The journal of Serbian Genetics Society "Genetika"*, 32(2), 56-63.
- García, J. (2014). *Métodos de control más eficiencia para la antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum) en la producción de cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta]. Repositorio Institucional <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2663>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Antonio Ante.
- Gómez, R., Lázaro, G. y León, J. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico de Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 24 (1), 11-17.
- González, F., Frías, G., García, A. y Flores, A. (2000). Resistencia de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a razas de *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. y Magn.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 87-91.

- Gortaire, R. (2017). Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros y desafíos. *Antropología Cuadernos de Investigación* 17, 12-38.
- Guevara, D. (2014). *Adaptabilidad y producción de cuatro variedades de fréjol andino (Phaseolus vulgaris L.) en el cantón La Maná*. [Trabajo de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3532>
- Hallman, G. y García, J. (2009). *Empoasca* spp. como plaga del frijol. *Revista Zamorano*, 26(1), 127-134.
- Hidalgo, R. y Franco, T. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali Colombia: Boletín técnico N°. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos [IPGRI]. (2000). Etapas de la conservación ex situ de recursos fitogenéticos, Manejo del germoplasma conservado. In: Modulo de capacitación: Conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia: Grupo Ámericas.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2006). Informe anual. *Programa nacional de leguminosas y granos andinos*. Estación experimental Santa Catalina. 53-56.
- Jaramillo, S. y Baena, M. (2000). *Conservación Ex Situ de Recursos Fitogenéticos y manejo del germoplasma conservado: Etapas de la conservación ex situ de recursos fitogenéticos*. Grupo Américas.
- Jarvis, D., Myer, H., Klemick, L., Guarino, M., Smale, A., Brown, M. y Hodgkin, T. (2006). *Guía de capacitación para la conservación in situ en fincas*. Instituto Nacional de Recursos Fitogenéticos.
- Karp, A., Skresovicch, K. y Hodgkin, T. (1997). *Molecular tools. In: Plan genetic resources conservation: a guide to the technologies*. IPGRI technical bulletin No.2
- Lamprea, E. (2017). *Soberanía alimentaria: agroecología, semillas y gentrificación de lo rural*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Lardizabal, R. y Arias, S. (2013). Manual de producción de fríjol. *Gobierno de los Estados Unidos*, 4-27.
- Leal, B. (2016). *Evaluación del potencial de germinación y vigor de semillas de cultivares de fréjol*. [Trabajo de grado Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1937>

- León, I. (2009). La antracnosis y la mancha angular del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciencia y Tecnología*, 13(39), 45-54.
- Lescay, E., Vásquez, Y. y Celeiro, F. (2017). Variabilidad y relaciones fenotípicas en variables morfoagronómicas en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 44(4), 58-64.
- Ligarreto, G. A. y Martínez, O. (2002). Variabilidad y genética en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.): Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. *Agronomía colombiana*, 19, 69-80.
- Ligarreto, G. (2013). Componentes de variancia en variables de crecimiento y fotosíntesis en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). U.D.C.A . *Actualidad y Divulgación Científica*, 16(1), 87-96. .
- López, E., Becerra, E., Cano, O. y López, V. (2002). Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 20(2), 193-199.
- López, J. E. y Ligarreto, G. A. (2006). Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 24 (2), 238-246.
- López, M., Fernández, F. y Schoonhoven, A. (1985). *Frijol: Investigación y producción*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Lozano, J., España, M., Lara, A., Álvarez, F. y Martínez Cesar. (2017). La chicharrita *Empoasca kraemeri* (Ross y Moore) (Hemiptera:Cicadellidae) y su parasitoide nativo *Anagrus* sp. Haliday, 1833 (Hymenoptera:Mymaridae) en el cultivo de frijol en Zacatecas. *Agroecología* 1, 46-49.
- Martínez, E. (2009). *Métodos de Control de Plagas*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Martínez, E. (2016). *Plagas de cultivos*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Martínez, L. F. (2008). *Evaluación de la diversidad genética en una colección de germoplasma de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) de Ruanda (África)*. [Trabajo de grado, Universidad Javeriana de Bogota]. Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/10554/8743>
- Matute, C. (2013). *Evaluación agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en la estación experimental del Austro "Bullcay"; mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoque de género para la Sierra Sur del Ecuador*. [Trabajo de grado. Universidad Politécnica

Salesiana]. Repositorio Institucional
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5101>

- Mena, C. y Velázquez, R. (2010). *Manejo integrado de plagas y enfermedades de fríjol en Zacatecas*. Folleto Técnico N° 24. México.
- Minchala, L., Villacis, M., López, R. y Guamán, M. (1995). El cultivo de fríjol arbustivo en Azuay y Cañar. *Proyecto Fríjol Zona Andina. Estación Experimental Chuquipata. INIAP*. Cuenca, Ecuador.
- Moncada, J., Aranguren, J. y Lugo, C. (2018). *Una aproximación al conocimiento de la diversidad y multifuncionalidad de las chacras andinas*. Fakcha Llakta
- Morales, M. E., Peña, C. B., García, A., Aguilar, G. y Kohashi, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51 (1), 43-62.
- Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos protegen el suelo y la alimentación sana. Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas*. Fondo para la Protección del Agua-FONAG.
- Murillo, Á., Minchala, L., Pinzón, J., Monar, C. y Peralta, E. (2000). INIAP-421 Bolívar: Variedad mejorada de fríjol voluble. *Revista Informativa INIAP*, 14,, 26-27.
- Nava, U. y Cano, P. (2000). Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*, 34(2), 227-234.
- Navarrete, E., Quishpe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A. y Haro, A. (2013). Caracterización de la producción de fríjol en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 6(1), 23-31.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones*. Ciudad de Panamá.
- Padilla, K. (2014). *Características morfológicas de la planta del frejol*. Obtenido de <http://blogkatius.blogspot.com/2014/01/caracteristicas-morfologicas-de-la.html>
- Patel, J., Patel, N. y Shiyani, R. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof - An empirical study. *Current science*, 81, 1163-1164.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Pinzón, J. y Villacrés, E. (2013). *Manual agrícola de fríjol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción*

- (Tercera ed). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Pinzón, J. y Monar, C. (2004). INIAP-426 *Canario Siete Colinas: Variedad mejorada de frijol voluble*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos.
- Peralta, I., Murillo, I., Falconí, E., Mazón, N. y Pinzón, Z. (2007). Manual de campo para el reconocimiento y control de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Ecuador. INIAP. Quito, Ecuador.
- Pucuji, W. J. (2016). *Evaluación del manejo agronómico y reacción a enfermedades de variedades mezcla de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) allphas y chacras de Cotacachi*. [Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8324>
- Pulido, Á. (2013). *Descripción de la planta de fréjol*. Obtenido de <http://hibrifrijoludec.blogspot.com/p/descripcion.html>
- Quintero, C. y Quijano, R. (2013). El frijol común: factores que merman su producción. *La ciencia y el hombre*, 54-58.
- Ramírez, M. y Willians, D. (2003). *Reseñas de algunos productos agrícolas nativos de Cotacachi*. International Plant Genetic Resources Institute.
- Ramón, V. (2007). El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. *Naturaleza y Cultura Internacional*, 4(1), 35-41.
- Restrepo, J., Angel, D. y Prager, M. (2000). *Agroecología*. Santo Domingo, República Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc.CEDAF.
- Ribeiro, A., Silva, H., Castiglioni, E., Bartaburu, S., & Martínez, J. (2015). Control natural de *Crociosema (Epinotia aporema* Walsingham) (Lepidoptera:Tortricidae) por parasitoides y hongos entomopatógenos en *Lotus corniculatus* y *Glycine max*. *Agrociencia*, 19 (2), 36-41.
- Ríos, D. K., Viteri, S. E. y Delgado, H. (2014). Evaluación agronómica de líneas avanzadas de fréjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) en Paipa, Boyacá. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 42-54.g
- Ríos, M. J., Quirós, J. E. y Árias, J. H. (2003). *Fríjol :recomendaciones generales para su siembra y manejo*. Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica.

- Roadhes, R. (2006). *Desarrollo con identidad comunidad, cultura y sustentabilidad de los Andes*. Abya Yala
- Saldarriaga, A. (2019). *Plagas del fríjol y su control*. Estacion Experimental Tulio Ospina, ICA.
- Salguero, V., Mancía, J. y González, G. (1992). *Manejo integrado de plagas en frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Santin, E. (2017). *Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras*. [Trabajo de grado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio Institucional <http://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6191>
- Segovia, P., García, J., Carillo, J., Chávez, J., Espino, H., Aguilar, L. y Rangel, F. (2015). Efecto de extractos vegetales en mosquita blanca bajo dos esquemas de aplicación. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 1-7.
- Suárez, J., Polanía, J., Contreras, A., Rodríguez, L., Machado, L., Ordoñez, C. y Rao, I. (2020). Adaptation of common bean lines to high temperature conditions: genotypic differences in phenological and agronomic performance. *Euphytica* 216(28), 20-22
- Tabango, E. (2021). *Caracterización de variedades nativas de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) procedentes del Banco de INIAP, en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. [Trabajo de grado. Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11168>
- Tapia, C., Zambrano, E. y Monteros, Á. (2008). *Estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación en Ecuador*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos
- Ulcungo, R. (2018). *Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) de la parroquia Chaltura, en la Granja Experimental "La Pradera", cantón Antonio Ante*. [Trabajo de grado. Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8122>
- Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas de Cotacachi [UNORCAC]. (2012). *Estudios de caso de la iniciativa Ecuatorial. En Soluciones locales de desarrollo sostenible para las personas, la naturaleza y las comunidades resilientes*. United Nations Development Programme. New York, NY.

- Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi. (2009). Sembrando semillas de reflexión y esperanza: minga para el desarrollo sustentable. *Cotacachi, EC*, 22.
- Urbina, R. (2017). *Control de calidad en la producción tradicional y no convencional de semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Harvest.
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras
- Vallejos, B. y Martínez, L. (2005). *Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (Phaseolus vulgaris L.) en la Estación Experimental La Compañía, Carazo*. [Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1149879>
- Vásquez, E. R. y Núñez, A. C. (2005). Inconsistencia del coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 42-45.
- Velasco, O., San Martín, E., Aguilar, M., Ravelero, A. y Mora, R. (2013). Propiedades físicas y químicas del grano de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Bioagro*, 25(3), 161-166.
- Velásquez, J. A. y Giraldo, P. A. (2005). *Posibilidades competitivas de productos prioritarios de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales*. Antioquia: Departamento de Planificación-Secretaría de productividad y competitividad. Informe, 92p.
- Villavicencio, A. y Vásquez, W. (2008). *Guía técnica de cultivos*. Quito, Ecuador: INIAP. (Manual no. 73).
- Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina*. Centro Internacional de Agricultura Tropical no. 321.
- Zavala, F., Maldonado, R., Sandoval, M., Álvarez, E., Colinas, M. T. y Ramírez, P. (2011). Cambios morfológicos y fisiológicos en hojas de frijol tolerante y susceptible a deficiencia de hierro. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 267-276.

ANEXOS

Anexo 1. Días a la emergencia

Muestra	Media	Error Experimental
M1	9.00	0.00
M10	11.00	0.00
M11	11.00	0.00
M12	13.00	0.00
M2	11.00	0.00
M3	11.00	0.00
M4	13.00	0.00
M5	11.00	0.00
M6	9.00	0.00
M7	9.00	0.00
M8	11.00	0.00
M9	11.00	0.00

Anexo 2. Porcentaje de germinación a los 9, 14 y 21 días

dds	Muestra	Media	Error Experimental
9.00	M1	23.96	3.58
9.00	M10	4.51	1.53
9.00	M11	12.50	2.33
9.00	M12	11.11	2.19
9.00	M2	10.42	2.17
9.00	M3	3.13	1.49
9.00	M4	15.63	3.12
9.00	M5	17.71	3.20
9.00	M6	41.32	3.94
9.00	M7	21.53	2.92
9.00	M8	24.31	3.06
9.00	M9	5.21	1.80
14	M1	77.08	2.58
14	M10	88.54	2.02
14	M11	80.56	2.69
14	M12	85.42	2.56
14	M2	57.64	3.74
14	M3	89.24	2.73
14	M4	89.93	1.85
14	M5	87.85	2.04
14	M6	84.03	2.09
14	M7	69.44	3.78
14	M8	86.11	2.24
14	M9	73.61	3.16
21	M1	82.64	2.15
21	M10	94.10	1.48

21	M11	87.15	2.12
21	M12	89.93	1.98
21	M2	91.67	1.91
21	M3	95.49	1.17
21	M4	96.53	1.04
21	M5	90.63	1.96
21	M6	88.19	2.03
21	M7	70.83	3.53
21	M8	89.93	1.92
21	M9	84.03	2.15

Anexo 3. Días a la floración

Muestra	Media	Error Experimental
M1	83.00	0.00
M10	79.00	0.00
M11	83.00	0.00
M12	89.00	0.00
M2	71.00	0.00
M3	86.00	0.00
M4	75.00	0.00
M5	75.00	0.00
M6	75.00	0.00
M7	86.00	0.00
M8	71.00	0.00
M9	79.00	0.00

Anexo 4. Longitud de tallo principal (m)

Muestra	Media	Erro Experimental	Rango
M5	2.93	0.06	a
M7	2.84	0.05	a
M6	2.83	0.05	a
M9	2.68	0.06	b
M8	2.61	0.05	bc
M1	2.60	0.06	bc
M2	2.59	0.04	bc
M4	2.54	0.03	bc
M10	2.53	0.04	bc
M12	2.52	0.10	bcd
M3	2.50	0.04	cd
M11	2.31	0.07	d

Anexo 5. Duración de la floración (días)

Muestra	Media	Error Experimental
M1	38.00	0.00
M10	35.00	0.00
M11	36.00	0.00
M12	39.00	0.00
M2	34.00	0.00
M3	27.00	0.00
M4	30.00	0.00
M5	33.00	0.00
M6	33.00	0.00
M7	37.00	0.00
M8	34.00	0.00
M9	32.00	0.00

Anexo 6. Longitud del foliolo central (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M3	11.00	0.16	a
M6	10.92	0.16	ab
M4	10.84	0.16	ab
M9	10.64	0.16	abc
M1	10.52	0.16	bcd
M2	10.43	0.16	cd
M5	10.31	0.16	cde
M12	10.27	0.16	cde
M8	10.25	0.16	cde
M7	10.20	0.16	de
M11	9.99	0.16	e
M10	9.97	0.16	e

Anexo 7. Ancho de foliolo central (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M2	10.49	0.17	a
M4	9.98	0.17	b
M3	9.98	0.17	b
M1	9.89	0.17	bc
M6	9.82	0.17	bc
M5	9.72	0.17	bc
M11	9.52	0.17	cd
M9	9.29	0.17	de
M8	9.14	0.17	de

M10	9.02	0.17	e
M12	8.92	0.17	e
M7	8.92	0.17	e

Anexo 8. Días a la formación de vainas

Muestra	Media	Error Experimental
M1	126.00	0.00
M10	123.00	0.00
M11	124.00	0.00
M12	134.00	0.00
M2	110.00	0.00
M3	117.00	0.00
M4	109.00	0.00
M5	113.00	0.00
M6	115.00	0.00
M7	128.00	0.00
M8	110.00	0.00
M9	124.00	0.00

Anexo 9. Días a la madurez fisiológica

Muestra	Media	Error Experimental
M1	143.00	0.00
M10	137.00	0.00
M11	145.00	0.00
M12	151.00	0.00
M2	123.00	0.00
M3	130.00	0.00
M4	135.00	0.00
M5	141.00	0.00
M6	129.00	0.00
M7	147.00	0.00
M8	123.00	0.00
M9	138.00	0.00

Anexo 10. Duración de la madurez fisiológica

Muestra	Media	Error Experimental
M1	26.00	0.00
M10	19.00	0.00

M11	27.00	0.00
M12	21.00	0.00
M2	24.00	0.00
M3	30.00	0.00
M4	23.00	0.00
M5	20.00	0.00
M6	21.00	0.00
M7	22.00	0.00
M8	24.00	0.00
M9	22.00	0.00

Anexo 11. Días a la cosecha

Muestra	Media	Error Experimental
M1	175.00	0.00
M10	158.00	0.00
M11	173.00	0.00
M12	175.00	0.00
M2	150.00	0.00
M3	173.00	0.00
M4	166.00	0.00
M5	166.00	0.00
M6	158.00	0.00
M7	173.00	0.00
M8	150.00	0.00
M9	166.00	0.00

Anexo 12. Número de vainas por planta

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M6	47.23	1.92	a
M4	43.23	1.92	ab
M8	41.30	1.92	b
M11	39.13	1.92	b
M10	31.90	1.92	c
M12	30.67	1.92	d
M5	29.97	1.92	cd
M2	29.27	1.92	cd
M3	26.97	1.92	de
M7	24.23	1.92	ef
M1	23.20	1.92	Ef
M9	20.40	1.92	f

Anexo 13. Longitud de vainas (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M11	15.21	0.16	a
M7	15.00	0.16	a
M12	14.61	0.16	bc
M6	14.46	0.16	c
M4	13.89	0.16	d
M1	13.89	0.16	d
M3	13.83	0.16	d
M9	13.80	0.16	d
M5	13.70	0.16	d
M10	13.61	0.16	d
M8	12.83	0.16	d
M2	12.75	0.16	e

Anexo 14. Ancho de vainas (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M9	1.56	0.02	a
M10	1.42	0.02	b
M8	1.41	0.02	bc
M2	1.39	0.02	bc
M7	1.36	0.02	c
M12	1.26	0.02	d
M3	1.26	0.02	d
M11	1.22	0.02	de
M6	1.19	0.02	ef
M1	1.16	0.02	fg
M4	1.15	0.02	fg
M5	1.12	0.02	g

Anexo 15. Numero de semillas por vaina

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M1	7.17	0.14	a
M6	7.03	0.14	a
M12	6.50	0.14	b
M2	6.33	0.14	bc
M3	6.30	0.14	bcd
M11	6.27	0.14	bcd
M7	6.17	0.14	bcde
M4	6.13	0.14	bcde
M8	6.07	0.14	cde

M5	6.03	0.14	cde
M10	5.93	0.14	de
M9	5.87	0.14	e

Anexo 16. Largo de semilla (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M5	14.03	0.10	a
M7	14.02	0.19	ab
M11	13.80	0.11	abc
M3	13.74	0.06	bcd
M6	13.50	0.11	cd
M4	13.44	0.16	cde
M9	13.39	0.17	def
M10	13.24	0.07	ef
M12	13.14	0.10	efg
M1	13.12	0.11	efg
M2	13.00	0.12	fg
M8	12.80	0.19	g

Anexo 17. Ancho de semillas (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M2	10.26	0.05	a
M8	9.97	0.08	b
M9	9.41	0.08	c
M10	9.37	0.06	c
M11	9.29	0.10	cd
M7	9.04	0.09	d
M12	8.76	0.06	e
M6	8.65	0.06	e
M3	8.55	0.05	ef
M5	8.46	0.15	ef
M1	8.45	0.05	f
M4	8.41	0.08	f

Anexo 18. Grosor de la semilla (cm)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M8	0.78	0.01	a
M9	0.74	0.01	b
M2	0.73	0.01	bc
M10	0.72	0.01	bcd
M11	0.71	0.01	cd
M12	0.71	0.01	d

M7	0.67	0.01	e
M1	0.66	0.01	ef
M3	0.65	0.01	efg
M5	0.64	0.01	fg
M6	0.64	0.01	fg
M4	0.63	0.01	g

Anexo 19. Peso de 100 semillas (g)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M9	68.23	0.88	a
M8	67.25	1.07	ab
M2	67.19	0.70	ab
M10	66.48	0.93	ab
M11	66.08	0.37	b
M7	63.29	0.95	c
M12	56.80	0.80	d
M5	55.75	1.66	de
M3	54.90	0.65	de
M6	53.43	0.51	ef
M1	52.38	0.47	ef
M4	50.36	0.42	g

Anexo 20. Rendimiento por unidad experimental (kg)

Muestra	Medias	Error Experimental	Rango
M8	11.61	0.66	a
M12	10.99	0.66	ab
M1	10.27	0.66	abc
M11	9.48	0.66	bcd
M4	8.79	0.66	cd
M6	8.66	0.66	cd
M2	8.07	0.66	d
M5	7.96	0.66	d
M10	7.71	0.66	d
M3	7.62	0.66	d
M9	7.55	0.66	d
M7	5.60	0.66	e