



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE FRÉJOL ARBUSTIVO
(*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. PARAGACHI BAJO EL MÉTODO BIOINTENSIVO,
CANTÓN ANTONIO ANTE”**

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

AUTORA:

CANACUÁN LECHÓN MAYRA ESTEFANÍA

DIRECTOR:

ING. FRANKLIN EDUARDO SÁNCHEZ PILA MSc

Ibarra, 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE FRÉJOL ARBUSTIVO
(Phaseolus vulgaris L.) VAR. PARAGACHI BAJO EL MÉTODO
BIOINTENSIVO, CANTÓN ANTONIO ANTE”**

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. Franklin Sánchez MSc

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Fernando Basantes MSc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Tyrone Echegaray MSc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

PhD. Ingrid Martínez MSc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN 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:	100383405-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Canacuán Lechón Mayra Estefanía		
DIRECCIÓN:	Barrio el Mirador		
EMAIL:	estefy22g@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0991036849

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación Agronómica del Cultivo de Fréjol arbustivo (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L.) Var. Paragachi bajo el Método Biointensivo, Cantón Antonio Ante
AUTOR:	Canacuán Lechón Mayra Estefanía
FECHA:	16/07/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR:	Ing. Franklin Sánchez MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que 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 16 días del mes de julio de 2019

EL AUTOR:

.....
Canacuán Lechón Mayra Estefanía

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de julio de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra Estefanía', written over a horizontal line.

Firma

Canacuán Lechón Mayra Estefanía

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mayra Estefanía Canacuán Lechón, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 15 días del mes de julio de 2019



Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc
DIRECTOR DE TESIS

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

Yo, Mayra Estefanía Canacuán Lechón, con cédula de identidad Nro. 100383405-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. PARAGACHI BAJO EL MÉTODO BIOINTENSIVO, CANTÓN ANTONIO ANTE**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA AGROPECUARIA** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 16 días del mes de julio de 2019



Firma

Canacuán Lechón Mayra Estefanía

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 16 días del mes de julio del 2019

Mayra Estefanía Canacuán Lechón: **"EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. PARAGACHI BAJO EL MÉTODO BIOINTENSIVO, CANTÓN ANTONIO ANTE"** /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 16 días del mes de julio del 2019 180 páginas.

DIRECTOR: Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar agronómicamente el cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo el método biointensivo de doble excavado. Entre los objetivos específicos se encuentran: 1-Comparar el efecto de tres tipos de fertilizantes, con dos sistemas de labranza en la productividad del cultivo de fréjol arbustivo, 2- Determinar las características fenológicas y productivas de los tratamientos en estudio, 3- Establecer un análisis financiero de Beneficio- Costo y Costo de oportunidad.

.....

Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc

Director de Trabajo de Grado

.....

Canacuán Lechón Mayra Estefanía

Autora

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte con su carrera de Ingeniería Agropecuaria, al personal administrativo y en especial al personal docente por haberme impartido sus conocimientos.

A los docentes que formaron parte de esta investigación, como director el Ing. Franklin Sánchez quien siempre colaboró conmigo incondicionalmente; y como asesores al Ing. Fernando Basantes, Ing. Tyrone Echegaray, PhD. Ingrid Martinez quienes aportaron con sus observaciones y recomendaciones oportunas para el correcto desarrollo de la presente investigación. De igual forma agradezco a la Ing. Lucía Vásquez y a la PhD. Julia Prado, quienes me han apoyado y guiado en mi formación profesional, pese a no ser parte de esta investigación.

Mis más sinceros agradecimientos para Jhonatan, quien siempre me brinda su apoyo incondicional, estando para mí 24/7. Haciendo que cada día sea especial con su apoyo y dedicación.

Agradezco infinitamente y de corazón a mis amigos Guillermo, Andrés, Diego, David, Juanito, Lensy y Geovanna que fueron y son un pilar fundamental en mi vida. Quienes han compartido momentos inolvidables, de una u otra forma se han preocupado por mí en el transcurso de mi carrera universitaria.

Asimismo de manera especial a mis queridos padres y mi familia quienes siempre han sabido utilizar las palabras adecuadas de apoyo frente a cada adversidad.

DEDICATORIA

La presente investigación esta dedicada a mis padres, quienes pusieron toda su confianza y apoyo incondicional en mí para la realización y la finalización de mi carrera universitaria, de igual forma a mis hermanos de los que siempre recibí palabras de motivación y su apoyo incondicional.

De igual forma a mis amigos que son mi complemento perfecto, a quienes los amo infinitamente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN.....	vii
CAPÍTULO I.....	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Problema de investigación	10
1.3. Justificación.....	12
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. Hipótesis o preguntas directrices.....	14
CAPÍTULO II	15
2. Marco teórico	15
2.1. El suelo.....	15
2.1.1. El suelo agrícola	15
2.2. Labranza	15
2.2.1. Labranza mecanizada	16
2.2.2. Método biointensivo de doble excavado	17
2.3. El Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	18
2.3.1. Descripción botánica	18
2.3.2. Taxonomía.....	20
2.4. Fijadoras de nitrógeno	20
2.5. Descripción de la Variedad de fréjol (Paragachi Andino)	20
2.6.Requerimientos edafoclimáticos	21
2.7. Requerimientos minerales del cultivo de fréjol.....	21
2.8. Fuentes de fertilización	21
2.8.1. Química o mineral	22
2.8.2. Fuentes de fertilización Orgánica.....	23
2.8.3.Compost	25
2.8.4. El Biol	31
2.9. Zonas de producción de fréjol	32

2.10. Plagas y enfermedades del fréjol.....	33
2.10.1. Plagas	33
2.10.2. Enfermedades del fréjol	34
2.11. Marco legal.....	35
CAPÍTULO III	38
3. MARCO METODOLÓGICO	38
3.1. Descripción del área de estudio.....	38
3.1.2. Características climáticas	38
3.2. Materiales y métodos	39
3.2.1. Materiales	39
3.3. Métodos.....	40
3.3.1. Factores en estudio	40
3.3.2. Tratamientos.....	41
3.3.3. Diseño experimental.....	42
3.3.4. Características del experimento	42
3.3.5. Análisis estadístico.....	42
3.3.6. Variables a evaluarse.....	43
3.4. Manejo específico del experimento.....	54
3.4.1. Preparación de las fuentes orgánicas.....	54
3.4.3. Establecimiento del experimento	59
3.4.4. Toma de muestras de suelo	60
3.4.5. Implementación de tratamientos	61
3.4.6. Labores culturales	61
3.3.7. Cosecha	65
3.5. Análisis de Datos.....	66
CAPÍTULO IV	67
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Análisis de suelo.....	67
4.1.1. Conductividad Eléctrica CE del suelo.....	67
4.1.2. pH del suelo.....	69
4.1.3. Contenido de macronutrientes en el suelo.....	70
4.1.4. Contenido de micronutrientes en el suelo	75
4.2. Altura de planta	81

4.3. Análisis foliar (concentración de macro y micronutrientes)	84
4.3.1. Macronutrientes.....	84
4.3.2. Contenido de micronutrientes	88
4.4. Densidad aparente, porosidad y agua en el suelo.....	93
4.4.1. Porosidad.....	96
4.4.2. Contenido de agua en el suelo.....	98
4.5. Nodulación de raíces	101
4.5.1. Nodulación total	103
4.6. Incidencia de plagas y enfermedades	105
4.6.1. Plagas	105
4.6.2. Enfermedades	107
4.7. Severidad de plagas y enfermedades.....	109
4.7.1. Mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp).....	109
4.7.2. Mosca minadora (<i>Liriomyza trifolii</i>).....	111
4.7.3. Lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>)	112
4.7.4. Roya (<i>Uromyces appendiculatus</i>)	114
4.7.5. Mancha anillada (<i>Phoma exigua</i>).....	116
4.7.6. Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>).....	118
4.8. Población de insectos	121
4.8.1. Mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp).....	121
4.8.2. Mosca minadora de hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>)	123
4.8.3. Lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>) en trampas.....	125
4.9. Correlación entre el número de insectos y la severidad	128
4.9.1. Mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp).....	128
4.9.2. Mosca minadora de hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>)	129
4.9.3. Lorito verde (<i>empoasca kraemeri</i>)	130
4.10. Correlación lineal entre el número y peso de granos frescos	131
4.10.1. Doble excavado con biol	132
4.10.2. Labranza convencional con biol.....	132
4.11. Rendimiento	133
4.12. Análisis económico	135
4.12.1. Beneficio /costo.....	136
4.12.2. Costo de oportunidad	137

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
5.1. Conclusiones	138
5.2. Recomendaciones.....	139
ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento nutricional del fréjol por hectárea.	21
Tabla 2. Control de temperatura de compostaje.....	28
Tabla 3. Parámetros de humedad óptimos en el proceso de compostaje	29
Tabla 4. Parámetros de temperatura óptimos en el proceso de compostaje.....	29
Tabla 5. Contenido de N, P, K en el compost	30
Tabla 6. Descripción y dosis de los tratamientos en estudio de la evaluación agronómica de fréjol arbustivo	41
Tabla 7. Cálculo para determinar la cantidad de biol, compost y fertilizante químico en función del requerimiento de N, para cultivo de fréjol	41
Tabla 8. Características de la Unidad Experimental	42
Tabla 9. Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Parcelas Divididas.....	43
Tabla 10. Niveles óptimos de macro y micronutrientes a nivel foliar en el cultivo de fréjol .	46
Tabla 11. Escala de clasificación nódulos en raíces por categoría según el diámetro	47
Tabla 12. Clasificación de escalas por número de nódulos totales	47
Tabla 13. Valores óptimos de las propiedades físicas del suelo	48
Tabla 14. Requerimientos óptimos e interpretación de la porosidad	48
Tabla 15. Resultados de la composición química de los abonos orgánicos biol y compost ...	58
Tabla 16. Dosis y frecuencia de aplicación de biol por tratamiento en el cultivo de fréjol	62
Tabla 17. Dosis y frecuencia de aplicación del compost por tratamiento en el cultivo de fréjol	63
Tabla 18. Dosis y frecuencia de aplicación del fertilizante químico (15-15-15) por tratamiento en el cultivo de fréjol	63
Tabla 19. Productos empleados en el control fitosanitario de plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol	65
Tabla 20. Esquema del ADEVA de altura de planta a los 10,20 y 40 días después de la siembra en el cultivo de fréjol	81
Tabla 21. Esquema del ADEVA de densidad aparente del suelo a dos profundidades 0-20 cm y 20-40 cm en el cultivo de fréjol	94
Tabla 22. Esquema del ADEVA de la porosidad del suelo del cultivo de fréjol.....	96
Tabla 23. Esquema del ADEVA del contenido de agua en el suelo a una profundidad de 0-20 cm.....	98
Tabla 24. Esquema del ADEVA del contenido de agua en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm.....	99
Tabla 25. Esquema del ADEVA de nodulación de raíces de fréjol arbustivo	101
Tabla 26. Esquema del ADEVA de nodulación total por fertilizantes	103
Tabla 27. Esquema del ADEVA con el valor p de la incidencia de plagas	106
Tabla 28. Esquema del ADEVA con el valor p de la incidencia de enfermedades	108
Tabla 29. Esquema del ADEVA severidad de mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp).....	110
Tabla 30. Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de mosca minadora de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>).....	111

Tabla 31. Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>).....	113
Tabla 32. Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de Roya (<i>Uromyces appendiculatus</i>) en el cultivo de fréjol.....	115
Tabla 33. Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de mancha anillada (<i>Phoma exigua</i>) en el cultivo de fréjol.....	117
Tabla 34. Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) en el cultivo de fréjol.....	118
Tabla 35. Esquema del ADEVA del conteo de número de mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp) por trampa en tres revisiones.....	122
Tabla 36. Esquema del ADEVA del número de mosca minadora de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>) por trampa en el cultivo de fréjol.....	124
Tabla 37. Esquema del ADEVA del número de loritos verdes (<i>Empoasca kraemeri</i>) por trampa en tres revisiones.....	126
Tabla 38. Esquema del ADEVA de la correlación entre el conteo en trampas y el porcentaje de severidad.....	128
Tabla 39. Esquema de la correlación lineal del porcentaje de severidad de mosca minadora de hoja.....	129
Tabla 40. Esquema de la correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de lorito verde.....	130
Tabla 41. Correlación entre número y el peso de granos tiernos de fréjol.....	131
Tabla 42. Esquema del ADEVA del rendimiento del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Paragachi en tierno.....	133
Tabla 43. Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas del cultivo de fréjol.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación geográfica del Experimento.....	38
Figura 2. Preparación de muestras para el análisis químico.	44
Figura 3.Etapa de prefloración para la toma de muestras de análisis foliar.....	45
Figura 4.Muestras para el análisis foliar de fréjol en la Granja la Pradera.	45
Figura 5.Clasificación y cuantificación de nódulos de la raíz en el cultivo de fréjol.	46
Figura 6.Calicatas a dos profundidades y pesaje del suelo fresco en Laboratorio.....	48
Figura 7. Muestras de suelo fresco cubiertas con plásticos para evitar la evapotranspiración.49	
Figura 8.Trampa cromática para el conteo de mosca blanca, mosca minadora y lorito verde en el cultivo de fréjol.	50
Figura 9. Lorito verde en la planta de fréjol.....	50
Figura 10. Mosca blanca en la planta de fréjol.	51
Figura 11. Mosca minadora de hoja y el daño que produce en la planta de fréjol.....	51
Figura 12. Presencia de mancha anillada en fréjol.....	52
Figura 13. Cosecha de fréjol tierno a los 100 días de madurez fisiológica.....	53
Figura 14. Cuantificación y peso de granos frescos de fréjol.	53
Figura 15. Volteo semanal de la compostera.	56
Figura 16. Control de temperatura de la compostera.	56
Figura 17. Distribución de los tratamientos en estudio de la investigación.	60
Figura 18.Semilla de fréjol variedad paragachi.	61
Figura 19. Dilución de biol fréjol para el cultivo de fréjol.	62
Figura 20. Aplicación del biol vía foliar en el cultivo de fréjol.	62
Figura 21.Aporque del cultivo de fréjol.	64
Figura 22.Riego por aspersión empleado en el cultivo de fréjol.....	65
Figura 23.Conductividad eléctrica del suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	68
Figura 24. pH del suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	69
Figura 25.Contenido de nitrógeno del suelo en la temporada 1 y 2 en el cultivo de fréjol.....	70
Figura 26. Contenido de fósforo del suelo en la temporada 1 y 2 en el cultivo de fréjol.	71
Figura 27.Contenido de potasio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	72
Figura 28. Contenido de magnesio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.....	73
Figura 29. Contenido de calcio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	74
Figura 30. Contenido de azufre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.....	75
Figura 31. Contenido de hierro en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	76
Figura 32. Contenido de manganeso en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol. .	76
Figura 33. Contenido de cobre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	77
Figura 34. Contenido de cobre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.	78
Figura 35. Contenido de boro en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.....	78
Figura 36. Altura de la planta de fréjol a los 10,20 y 40 días después de la siembra.	82
Figura 37.Concentración de nitrógeno a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	84
Figura 38.Concentración de fósforo a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	85
Figura 39.Concentración de potasio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	86
Figura 40.Concentración de calcio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	86
Figura 41.Concentración de magnesio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	87

Figura 42. Concentración de azufre a nivel foliar en el cultivo de fréjol.....	88
Figura 43. Concentración de boro a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	89
Figura 44. Concentración de zinc a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	90
Figura 45. Concentración de cobre a nivel foliar en el cultivo de fréjol.....	90
Figura 46. Concentración de hierro a nivel foliar en el cultivo de fréjol.	91
Figura 47. Concentración de manganeso a nivel foliar en el cultivo de fréjol.....	92
Figura 48. Densidad aparente del suelo a dos profundidades (0-20 y 20-40) cm.	94
Figura 49. Porcentaje de porosidad del suelo del cultivo de fréjol.	97
Figura 50. Contenido de agua en el suelo a una profundidad de (0-20) cm.....	98
Figura 51. Contenido de agua en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm.....	99
Figura 52. Número de nódulos de las raíces de fréjol por categoría de los tratamientos en estudio.	102
Figura 53. Número de nódulos totales por fertilizantes en los dos sistemas de labranza.	104
Figura 54. Porcentaje de severidad de mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp).	110
Figura 55. Porcentaje de severidad de mosca minadora de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.....	112
Figura 56. Porcentaje de severidad de lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>) con el uso de tres fertilizantes.	113
Figura 57. Porcentaje de severidad de lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.....	114
Figura 58. Porcentaje de severidad de Roya (<i>Uromyces appendiculatus</i>) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.....	116
Figura 59. Porcentaje de severidad de mancha amarilla (<i>Phoma exigua</i>) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.....	117
Figura 60. Porcentaje de severidad de Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.....	119
Figura 61. Número de mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp) en tres monitoreos en el cultivo de fréjol.	122
Figura 62. Número de mosca blanca (<i>Aleyrodidae</i> sp) por cada fertilizante.	123
Figura 63. Número de mosca minadora de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>) entre sistemas de labranza y días después de la siembra.	124
Figura 64. Número de mosca minadora de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>) por trampa en tres revisiones.....	125
Figura 65. Número de loritos verdes (<i>Empoasca kraemeri</i>) por trampa en días después de la siembra.	127
Figura 66. Correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de insectos.	129
Figura 67. Correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de insectos en el cultivo de fréjol.	130
Figura 68. Correlación lineal entre el número de insectos y el porcentaje de severidad de Lorito verde.	131
Figura 69. Correlación entre el número y peso de granos frescos.	132
Figura 70. Correlación entre el número y el peso de semillas.	133
Figura 71. Rendimiento de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en tierno en kg ha ⁻¹	134

Figura 72. Esquema de costos de producción de fréjol en doble excavado.	135
Figura 73. Esquema de costos de producción de fréjol en labranza convencional.	135

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo inicial de las labranzas en estudio	154
Anexo 2. Análisis de las materias orgánicas compost	157
Anexo 3. Análisis de biol de maduración de tres meses.	158
Anexo 4. Cálculo de nitrógeno en kg ha^{-1} en los sistemas de labranza.....	159
Anexo 5. Cálculo de biol por tratamiento en base al análisis químico	160
Anexo 6. Cálculo de compost por tratamiento con base al análisis químico	161
Anexo 7. Reporte de análisis foliar de macro y micronutrientes del cultivo de fréjol.....	162
Anexo 8. Esquema del ADEVA de incidencia de mosca blanca	163
Anexo 9. Porcentaje de medias de Fisher de mosca blanca	163
Anexo 10. Esquema del ADEVA de incidencia de mosca minadora de hoja.....	163
Anexo 11. Porcentaje de medias de Fisher de incidencia de mosca minadora de hoja	163
Anexo 12. Esquema del ADEVA de incidencia de lorito verde	164
Anexo 13. Porcentaje de medias de Fisher de incidencia de lorito verde	164
Anexo 14. Esquema del ADEVA de la incidencia de gallina ciega en el cultivo de fréjol ..	164
Anexo 15. Número de gallina ciega por tratamiento	164
Anexo 16. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de Roya en el cultivo de fréjol	164
Anexo 17. Porcentaje de medias de incidencia de Roya.....	165
Anexo 18. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de mancha anillada	165
Anexo 19. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de antracnosis en el cultivo de fréjol	165
Anexo 20. Esquema de medias del porcentaje de incidencia de antracnosis	165

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE FRÉJOL ARBUSTIVO
(*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. PARAGACHI BAJO EL MÉTODO BIOINTENSIVO,
CANTÓN ANTONIO ANTE”**

Autor: Estefanía Canacúan

*Universidad Técnica del Norte

Correo: mecanacuanl@utn.edu.ec

RESUMEN

El uso repetido e inadecuado de labranza convencional compacta los suelos y disminuye la fertilidad, incrementando el uso de fertilizante químico para suplir los requerimientos nutricionales del cultivo. La investigación se enfocó en evaluar agrónomicamente el cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo el método biointensivo de doble excavado, los objetivos fueron: comparar el efecto de tres tipos de fertilizantes, con dos sistemas de labranza en la productividad del cultivo, determinar las características fenológicas y productivas, y establecer un análisis financiero. El estudio se realizó en la Granja Experimental La Pradera, ubicada en el cantón Antonio Ante, en un área de 473.20 m². Se estableció el doble excavado (DE) y labranza convencional (LC), en combinación con: biol, compost y fertilizante químico (FQ), en un diseño de bloques con parcelas divididas. La dosis de fertilizante fue en base al nitrógeno (97 kg ha⁻¹), se fraccionó en cinco estados fenológico del fréjol, en DE se incorporó: 240.60 l de biol, 0.030 m³ de compost, y 0.81 kg de FQ; y en LC: 120.30 l de biol, 0.015 m³ de compost y 0.40 kg de FQ. Se evaluó: contenido de macro y micronutrientes en el suelo y foliares, altura de planta, nodulación, densidad aparente, incidencia y severidad de plagas y enfermedades, rendimiento y análisis financiero. El DE mejoró la disponibilidad de agua en el suelo a una profundidad entre (20 - 40) cm. El biol y compost promovieron la formación de nódulos en un 58% respecto a la FQ, la incidencia de plagas y enfermedades fue del 50 hasta 100%, sin embargo no afectó el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: Doble excavado, Labranza convencional, Biol, Compost, *Phaseolus vulgaris*

**“AGRONOMIC EVALUATION OF SHRUB BEAN CULTIVATION
(*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. PARAGACHI UNDER THE BIOINTENSIVE METHOD,
CANTON ANTONIO ANTE”**

Autor: Estefanía Canacúan

*Universidad Técnica del Norte

Correo: mecanacuanl@utn.edu.ec

ABSTRACT

Repeated and inadequate use of conventional tillage compacts soils and decreases fertility, increasing the use of chemical fertilizer to supply the crop's nutritional requirements. The research focused on agronomically evaluating the cultivation of shrub bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under the biointensive method of double excavation, the objectives were: to compare the effect of three types of fertilizers, with two tillage systems on the productivity of the crop, determine the phenological and productive characteristics, and establish a financial analysis. The study was carried out at La Pradera Experimental Farm, located in the canton Antonio Ante, in an area of 473.20 m². Double dug (DE) and conventional tillage (LC) were established, in combination with: biol, compost and chemical fertilizer (FQ), in a block design with divided plots. The fertilizer dose was based on nitrogen (97 kg ha⁻¹), it was divided into five phenological stages of the bean, in DE it was incorporated: 240.60 l of biol, 0.030 m³ of compost, and 0.81 kg of FQ; and in LC: 120.30 l of biol, 0.015 m³ of compost and 0.40 kg of FQ. The following were evaluated: macro and micronutrient content in soil and foliar, plant height, nodulation, apparent density, incidence and severity of pests and diseases, yield and financial analysis. The DE improved the availability of water in the soil at a depth between (20 - 40) cm. The biol and compost promoted the formation of nodules by 58% with respect to CF, the incidence of pests and diseases was 50 to 100%, however it did not affect the yield of the crop.

Keywords: Double dug, Conventional tillage, Biol, Compost, *Phaseolus vulgaris*

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los principales rubros económicos y componente primordial de la seguridad alimentaria, cumplen con un rol económico, ecológico y social. La producción de esta leguminosa genera empleo, alimento e ingresos económicos a agricultores que tratan de satisfacer la demanda interna y externa de la agroindustria artesanal o convencional (Peralta, Murillo, Mazón, Pinzón y Villacrés, 2013).

Por ello en Ecuador, el fréjol es la leguminosa de mayor área de cultivo y consumo con una superficie de siembra a nivel nacional de 19825 ha y a nivel de la provincia de Imbabura se cultivan 2215.3 ha, alcanzando rendimientos de 4500 a 6300 kg ha⁻¹ a nivel nacional de fréjol tierno con un promedio de 5300 kg ha⁻¹, bajo sistemas convencionales de producción (Sistema Nacional de Agropecuaria, 2016).

La preparación del suelo en el sistema de labranza convencional implica la mecanización animal o mecánica, generalmente arado que supone el viraje de la capa inferior hacia la capa superior arable y el rastrado que implica desintegrar los agregados grandes en pequeños para facilitar la formación de surcos (ProArgentina, 2005). Por otra parte, en el cultivo de fréjol la fertilización es eminentemente química, aunque produce evidentes beneficios en las plantas aumentando el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, a largo plazo el uso indiscriminado de este insumo afectará a los productores, consumidores y el ecosistema (Abid, Ahmed, Umair, y Islam, 2015).

La introducción masiva de fertilizantes ha permitido cultivar tierras anteriormente no aptas o marginalmente aptas para uso agrícola durante todo el año, por ende en el Ecuador en los últimos 10 años se ha observado un aumento constante en el uso de fertilizantes, el cual ha aumentado de 168 tn ha⁻¹ a 247 tn ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014), Trayendo como consecuencia la degradación de los suelos, al alterar las propiedades, biológicas, químicas y físicas del suelo, así como la disminución del rendimiento de los cultivos (López, 2002).

Las consecuencia de utilizar fertilizantes químicos como única alternativa de abonamiento, provocan alteraciones en las poblaciones de hongos y bacterias presentes en el suelo y son responsables de la degradación del suelo (Coforto, Correa, Rovea, Boxeador, Rodríguez, Mintigüega y Vargas, 2012). Dando como resultado la degradación de los suelos, que en el Ecuador es del 48%, lo cual es progresivo y acelerado debido al monocultivo, uso y abuso de plaguicidas (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca, 2011).

La subsistencia de la capacidad productiva del suelo requiere la integración de prácticas de nutrición vegetal y del manejo adecuado. El uso de fertilización orgánica disminuye pérdidas de nitrógeno por lixiviación y aumenta la materia orgánica del suelo, lo que permite potenciar la biodiversidad edáfica (Mader, Fließbach, Dubois, Gunts, Fried y Niggli, 2008).

La implementación del sistema de labranza de doble excavado es una alternativa de producción sana que no requiere el uso de maquinaria agrícola ni fertilizantes químicos. Es un método de agricultura ecológica sustentable de pequeña escala enfocado al autoconsumo y a la mini comercialización, debido a que aprovecha la naturaleza para obtener altos rendimientos de producción en poco espacio con un bajo consumo de agua (EcoBASE, 2008). Esta tecnología no contamina el medio ambiente, promueve las prácticas ecológicas y elevan la fertilidad de los suelos (Gómez, Lázaro y León, 2008).

Es necesario remediar la composición del suelo, mediante la incorporación de materia orgánica, la misma que se define como la fracción del suelo que integra los residuos procedentes de plantas y animales que se encuentran en el suelo en diferentes etapas de descomposición, conteniendo residuos frescos, parcialmente descompuestos y totalmente descompuestos (Félix, Sañudo, Rojo, Martínez y Olalde, 2008). La incorporación de abonos orgánicos son una alternativa de fertilización que produce beneficios al incrementar la materia orgánica del suelo, disminuir la erosión y mejorar la actividad microbiana del suelo (Ramírez, Fernández, Salazar, Iglesias y Olivera, 2015).

Los abonos orgánicos aportan nutrientes y funciona como base para la formación de compuestos que mantienen la actividad microbiana, mejoran la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad. Asimismo, las plantas fertilizadas con abonos orgánicos son menos susceptibles de infectarse con

bacterias patógenas, debido a que el calor y la microflora benéfica controlan esas poblaciones patógenas (Félix et al., 2008).

Existen diversos abonos orgánicos elaborados con residuos orgánicos y estiércoles tales como: el bocashi, compost, biol, té de estiércol, vermicompost, cobertura de suelo y abonos verdes (Mosquera, 2010). El compost es la descomposición de la materia orgánica la misma que sirve como fertilizante a los cultivos y está compuesto por la fermentación de restos vegetales lo cual mejora las condiciones físicas del suelo (López, 2010). También genera efectos positivos en el suelo tales como: el incremento de la actividad de la fauna, reducción de microorganismos patógenos, aumento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos y de semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana, así como también la degradación de residuos de plaguicidas (Altamirano y Cabrera, 2006).

Estudios realizados demuestran que la incorporación de abonos orgánicos incrementa visiblemente la materia orgánica del suelo, disminuyen la erosión al final de los ciclos productivos, principalmente a una dosis de 9 tn de humus de lombriz y 60 tn de estiércol por ha, resultando en un efecto positivo en las propiedades físicas del suelo, así como un incremento de los contenidos de P, K, Ca y Mg, con un aumento en el pH, esto, a su vez, proporciona ganancias económicas y la reducción de la toxicidad en el suelo (Ramírez et al., 2015).

1.2. Problema de investigación

El cambio ambiental global se ha acentuado en los últimos años por la acción del hombre, por el aumento de la población humana, el uso inadecuado del suelo o del territorio, las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos del agua y los componentes de la atmósfera, así como las alteraciones en la biodiversidad general del planeta o en regiones y procesos de desertización (Avenza Álvarez, 2018) y (González, 2013).

Asimismo la sobreexplotación del suelo en la producción de alimentos de calidad y en grandes volúmenes, ha llevado a la degradación del mismo, el cual se expresa en diferentes formas tales como: erosión, salinización, lixiviación, degradación física y biológica,

contaminación y pérdida de tierra (Tierra muerta, 2008). En el caso de la agricultura han sido consecuencia del uso excesivo de fertilizantes químicos o sintéticos, debido a la inexistencia de nuevas alternativas de fertilización, que proporcionen los mismos beneficios a la plantas (Coforto et al., 2012).

En Ecuador la erosión es uno de los problemas de degradación ambiental más importantes, afecta aproximadamente al 50% del suelo cultivado. Debido a que en el callejón interandino se encuentran el 15% de las tierras degradadas. La pérdida por erosión hídrica en tierras agrícolas es de 80 t ha año^{-1} , por labranza con el arado de discos en el Carchi, en suelos negros con 30% de pendiente, fue de 40 t ha^{-1} y por el desequilibrio nutricional. La extracción de nutrientes en las cosechas induce que más nutrientes minerales afloren del suelo contrastado con los que se restauran a través de la fertilización (Valverde, Alvarado, Raúl y Parra, 2011).

De igual forma en Imbabura se siembran cultivos de ciclo corto preparando el suelo en forma tradicional penetrando un arado de disco, dos pases de rastra y surcada para luego sembrar, esto conlleva a un sobre laboreo o al uso excesivo de la maquinaria agrícola, sin ninguna planificación y mucho menos una rotación de los sistemas de labranzas de conservación (ProArgentina, 2005). La erosión se produce a una profundidad de 15 a 30 cm aunque se puede trasladar de 2 hasta 24 m dependiendo del implemento y la dirección de la labranza hasta las partes bajas donde la erosión hídrica es mayor y puede aumentar la contaminación de agua (Mehuys, Tiessen, Villatoro, Sancho y Lobb, 2009). Originando que los suelos empiecen a perder su fertilidad química original, bajos rendimientos en los cultivos, altos costos de producción, y una compactación de los suelos (FAO, 1992).

En el Ecuador la superficie sembrada o plantada con cultivos permanentes y transitorios (ciclo corto) en el 50.03% y el 78.24% respectivamente se aplicó algún tipo de insumo de origen químico y solo en el 2.66% de la superficie cultivada con transitorios se usó insumos orgánicos según lo mencionado por (ESPAC, 2016). La introducción masiva de fertilizantes químicos han permitido cultivar tierras anteriormente no aptas para uso agrícola durante todo el año, por lo cual en los últimos 10 años se ha observado un incremento constante en el uso de fertilizantes, el cual ha aumentado de 168 tn ha^{-1} a 247 tn ha^{-1} según el (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014). La degradación del suelo en Ecuador es

del 48%, es progresivo y acelerado; debido al monocultivo y al uso desmedido plaguicidas (MAGAP, 2011).

1.3. Justificación

La Organización Mundial de la Salud ha estimado que los plaguicidas cada año se producen en el mundo alrededor de un millón de intoxicaciones agudas. La exposición laboral se encontraría detrás del 70% de estos casos mortales, la baja dosis ha ocasionado trastornos a medio y largo plazo, incluyendo cáncer, alteraciones de la reproducción y del sistema nervioso, mientras que en el suelo ocasiona contaminación (García, Ramírez y Lacasaña 2002).

Debido a que el productor agrícola emplea sistemas convencionales de producción utiliza primordialmente fertilizantes químicos para proporcionar a las plantas los nutrimentos necesarios, debido a su fácil obtención, aplicación y velocidad de reacción (Mader et al., 2008). Por consiguiente el objetivo del productor está asociado al aspecto económico y no al ambiental enfocado en la sustentabilidad (MAGAP, 2015).

La potencial degradación del suelo vuelve indispensable la recuperación de la fertilidad y de la actividad biológica, factores determinantes para el incremento de la producción y de la productividad. También en la Constitución del Ecuador (2008), se expresa como objetivo la optimización del suelo mediante prácticas agrícolas tradicionales tendientes hacia el mantenimiento de la biodiversidad, dentro de la cual está inmersa también la vida del suelo (edafofauna). Se procura el uso de técnicas de protección y mejoramiento de suelos que permitan revalorizar el recurso y posibilitar el rescate de las tecnologías y procedimientos agrícolas propios y locales acordes con las necesidades de cada región (ACCIÓN ECOLÓGICA, 1999).

Por ello existe la necesidad de utilizar nuevas alternativas de producción en el cultivo de fréjol que contribuyan en la mitigación de la degradación del suelo y que asegure una cosecha que cubra las expectativas económicas de los agricultores (Wander, Andrews, y McQueen, 2016). Hernández, Ojeda, López, y Arras, (2010) mencionan que el empleo de adecuado de las enmiendas orgánicas mejora las condiciones de los suelos que han sido deteriorados por el

uso excesivo de agroquímicos y su sobre explotación. La recuperación de la estructura del suelo se realiza mediante el restablecimiento de la materia orgánica, principal agente aglutinador o cementante de la estructura (puentes de unión de las partículas del suelo) (Alfonso y Monedero, 2004).

Consecuentemente el uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de agricultura orgánica. Sin embargo, es un error considerar que agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales como la diversidad estructural y de procesos; y el manejo ecológico del suelo y nutrición (Julca, 2006).

El método biointensivo de doble excavado de cultivos es una alternativa viable de producción adecuadas a cada zona, para recuperar y conservar el suelo, así como la independencia a insumos químicos (Jeavons y Cox, 2016). De igual forma, brinda una solución a la seguridad alimentaria familiar frente a los grandes problemas que amenazan a los pueblos de todo el mundo: la contaminación y destrucción del medioambiente; el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático (EcoBASE, 2008). Por ello al contrastar el método biointensivo con el convencional nos dará las pautas técnicas y científicas para buscar alternativas productivas que favorezcan al ambiente y la productividad.

Los resultados de esta investigación contribuirán de manera técnica para mejorar la calidad nutritiva y activar la vida microbiana del suelo. Así como, para recuperar suelos deteriorados e incorporarlos al uso agrícola en momentos en que se requiere fomentar la producción de alimentos sanos y nutritivos. Constituyen una opción para dinamizar la economía de la zona, mejorar el bienestar de las familias, promover la soberanía alimentaria y fortalecer la permanencia de un recurso no renovable en el proceso de cambio de la matriz productiva en el país.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar agronómicamente el cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo el método biointensivo de doble excavado.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de tres tipos de fertilizantes, con dos sistemas de labranza en la productividad del cultivo de fréjol arbustivo.
- Determinar las características fenológicas y productivas de los tratamientos en estudio.
- Establecer un análisis financiero de Beneficio / Costo y Costo de oportunidad.

1.5. Hipótesis o preguntas directrices

Ho: El método biointensivo de doble excavado no influye en el rendimiento del fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

Ha: El método biointensivo de doble excavado influye directamente en el rendimiento del fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

Los fundamentos teóricos presentados a continuación tienen como propósito servir de soporte y proporcionar credibilidad a la presente investigación. Asimismo orientan la organización de datos y hechos significativos para descubrir las relaciones del problema con las teorías ya existentes. Para su desarrollo se dividió en dos componentes: marco conceptual y marco legal.

2.1. El suelo

Es la capa más superficial de la corteza, es dinámica (constante cambio) y de escaso grosor (normalmente de pocos centímetros a pocos metros) en la que se asienta la vida y actúa de interfase de la atmósfera, hidrósfera, geósfera y biósfera, ya que contiene elementos de todas ellas (Ortega, 2012). Asimismo agrícolamente el suelo está considerado como un cuerpo natural dinámico, compuesto de material inorgánico, que contiene además coloides orgánicos, material muerto y vivo de plantas y animales, agua y gases en cantidades variables, pero balanceados para la producción de las cosechas (Bejarano y Méndez, 2004).

2.1.1. El suelo agrícola

Es aquel que tiene las características adecuadas para el desarrollo de la actividad de la agricultura, propicio para el desarrollo de la vida, teniendo en cuenta que a partir de la agricultura se producen vegetales, legumbres, oleaginosas, entre otras. De todas maneras, también el suelo agrícola debe ser adecuado para la producción ganadera, a partir de la cual se trabaja sobre la crianza de animales (ganado) (EcuRed, 2015).

2.2. Labranza

Es una actividad que consiste en preparar el suelo para un determinado cultivo, esta preparación se realiza de forma mediante el empleo de arado, que penetra en el suelo y lo voltea la tierra, eliminando malezas, removiendo y aflojando la capa arable del suelo, originando suelo con humedad suficiente lo cual facilita la germinación de las semillas (FAO, 2015).

2.2.1. Labranza mecanizada

Es el laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinaria (arados) que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15cm de suelo. Por lo que el suelo se afloja, airea y mezcla, lo que facilita el ingreso de agua, la mineralización de nutrientes y la reducción de plagas animales y vegetales en superficie. Pero también se reduce rápidamente la cobertura de superficie, se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y aumentan los riesgos de erosión. Generalmente, la labranza convencional implica más de una operación con corte e inversión del suelo.

Desventajas

- Pérdida de la humedad del suelo
- Limita la infiltración de agua por sellado superficial
- Destruye la estructura del suelo
- Incrementa el riesgo de erosión
- Incrementa los costos operacionales
- Alta demanda de potencia, tiempo y equipos (Uribe & Rouanet, 2002).
- La degradación de las propiedades físicas de los suelos influye de forma directa, obstaculizando el crecimiento de las raíces de las plantas e indirectamente reduciendo el contenido de oxígeno con la consiguiente alteración y modificación de la flora microbiana.

2.2.1.1. Consecuencia de labranza mecanizada o convencional

La distribución del sistema radical se afecta por las propiedades físicas del suelo, entre las que se destacan la densidad de volumen y porosidad. Ambas propiedades varían con las tecnologías agrícolas y el tiempo de cultivo que inciden sobre el suelo. Es conocido que el sistema radical desempeña un papel importante en la absorción de agua y nutrientes por lo que el manejo del suelo y su impacto sobre las propiedades físicas resulta esencial para el crecimiento y la distribución de las raíces, lo que incide directamente en el rendimiento del producto agrícola (Díaz, Cabrera, Ruíz, 2009).

2.2.2. Método biointensivo de doble excavado

En el Sistema Biointensivo, una de las principales técnicas es el “Bancal Profundo o Doble Excavación” y su principal característica es que se trabaja la tierra a 60 cm de profundidad y no a 20 cm o 30 cm, como lo hace la agricultura convencional. La importancia de la profundidad es clave: al trabajar la tierra hasta los 60 cm, las plantas, en vez de desarrollar sus raíces hacia los costados, las desarrollan en profundidad, y por tanto podemos colocar más plantas por unidad de superficie. Permite obtener hasta rendimientos tres y cuatro veces superiores respecto al sistema por surcos, en la misma superficie (Pia, 2004).

En el año 1956, en Estados Unidos, el ingeniero Henry C. De Roo comprobó la compactación que efectuaba el arado de disco sobre el suelo, impidiendo que las raíces penetraran a mayor profundidad. Este técnico extrajo un pan de tierra de 60 cm de profundidad por 1.5 cm de ancho, luego lo sumergió en agua y observó que las raíces desarrollaban según el grado de compactación. De no existir compactación, las raíces pueden penetrar y desarrollar una dimensión sorprendente: el maíz 90 cm, lechuga 60 cm, la zanahoria 120 cm, el tomate 90 cm y la remolacha más de dos metros (210 cm). Con la doble excavación buscamos que el bancal esté como una "torta bien esponjosa", así no hay impedimento mecánico para que las raíces busquen más la profundidad.

La doble excavación es una técnica en la que se afloja el suelo a 60 cm de profundidad, dando a las plantas la oportunidad de un mayor desarrollo sin el gasto extra de energía para perforar el suelo, y que en cambio usan para nutrirse y crecer sanas, con mayor resistencia a los insectos y plagas. Con la aplicación de este método se incorpora aire al suelo y lo deja “flojo”, ideal para que las raíces de las plantas lo penetren sin mayor esfuerzo (Jeavons y Cox, 2016).

Beneficios

- Obtiene altos rendimientos aun en condiciones adversas del suelo.
- No requiere de maquinaria o fertilizantes y plaguicidas químicos.
- La energía mecánica o humana invertida representa solo el 1% por unidad de alimento producida.
- Solo requiere de un 30% del agua, lo que es particularmente importante en zonas áridas o con poca lluvia.

- Propicia la autosuficiencia.
- Se debe realizar cada 2 años.
- Usado adecuadamente restituye la fertilidad al suelo, al mismo tiempo que produce alimentos, reconstruye el suelo 60 veces más rápido que la naturaleza (Jeavons y Cox, 2016).

2.2.2.1. Rendimiento de fréjol en el método biointensivo

Los rendimientos potenciales están compuestos desde 1.8, 4.5, llegando hasta 10.9 kg/10m², la relación esta expresada en áreas pequeñas, debido a que el doble excavado aun no se ha experimentado en áreas superiores a los 1000 m². De igual forma la mayor parte de cultivos empleados bajo este sistema de labranza han sido en su mayoría las hortalizas y legumbres por el ciclo corto de cultivo que poseen (Jeavons y Cox, 2016).

2.3. El Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es nativo del continente americano, encontrándose en México, Estados Unidos y Perú. En México se obtiene cerca del 35% de la producción mundial, se desarrolla en climas cálidos y templados, bajo condiciones ecológicas muy variables, obteniendo como resultado la selección y el desarrollo de una gran cantidad de genotipos cultivados con características diferentes. Es una especie sensible a la humedad ambiental, pues le afecta el frío y los cambios bruscos de temperatura; no es muy exigente en cuanto al suelo, es altamente susceptible a enfermedades, las mismas que limitan la productividad, especialmente en los trópicos (Ochoa, 2013).

2.3.1. Descripción botánica

La descripción botánica del fréjol arbustivo variedad Paragachi según describe (Ibarra, 2012) acerca de la raíz, tallo, hojas, flores y semilla se encuentran detalladas a continuación:

2.3.1.1. Raíz

El fréjol posee una raíz principal y raicillas laterales delgadas. También existen raíces adventicias que brotan de la parte inferior del hipocotíleo, en las raíces del fréjol hay nódulos de bacterias de tamaño variable.

2.3.1.2. Tallo

El tallo es el soporte de las hojas, flores y las vainas, por lo que su crecimiento es recto, con ramas laterales pequeñas a lo largo de su longitud. Producen ramas laterales y también forman pequeños zarcillos entrelazándose que se envuelven alrededor de los enrejados y otros soportes para ayudar a trepar al tallo.

2.3.1.3. Hojas

Son alternas, compuestas trifoliadas con o sin pubescencia: dos laterales y uno terminal o central; los laterales son más o menos asimétricos y el central simétrico; folíolos grandes de forma aproximadamente oval, con la extremidad acuminada, de textura lisa o reticulada (visible en el haz) y con la superficie abullonada. El color de las hojas varía del verde normal al verde amarillento, pasando por el verde oscuro y el verde violáceo

2.3.1.4. Inflorescencias

Están colocadas en un racimo terminal o lateral. La flor es considerada completa y está formada por cinco elementos: alas, quilla y el estambre. El color de la flor puede ir de morado intenso a blanco, la especie es considerada autógama en un 95%.

2.3.1.5. Fruto y semilla

Es el grano producido dentro de la vaina, y puede ser comestible en su estado fresco, o a su vez en su estado maduro. Su forma puede variar desde arriñonada hasta oblonga, de colores blanco, negro y todos los intermedios que pueden resultar de estas combinaciones, los tamaños pueden ir de medianos a pequeños, 100 semillas pueden pesar aproximadamente de 20 a 40g.

2.3.2. Taxonomía

La taxonomía de fréjol arbustivo de acuerdo al aporte de Hanan y Mondragón (2009), es la descrita a continuación:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Género:	<i>Phaseolus</i>
Especie:	<i>Vulgaris</i>
Nombre científico:	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

2.4. Fijadoras de nitrógeno

En los suelos agrícolas la asociación Rhizobium-leguminosa es la más importante fuente de N, pues se ha reportado que en las leguminosas noduladas, bajo determinadas condiciones ambientales (suelos pobres en este elemento), pueden fijar hasta los 100 kg N₂/ha/año (FAO, 1995). Este mecanismo provee la demanda del N para satisfacer las necesidades nutricionales más importantes de la planta.

2.5. Descripción de la Variedad de fréjol (Paragachi Andino)

Los rendimientos de esta variedad en grano seco van de (31 a 42 qq ha⁻¹), mientras que en vaina verde es de 4500 a 6300 kg ha⁻¹, con un promedio de 5300 kg ha⁻¹, es decir entre 100 y 140 “bultos”, con un promedio de 118 “bultos” por ha (INIAP, 2010), cabe mencionar que estos datos están contabilizados en una sola cosecha.

2.6. Requerimientos edafoclimáticos

Los requerimientos edafoclimáticos, para un óptimo crecimiento del fréjol de acuerdo al aporte de Bejarano y Méndez (2004), son los que se encuentran descritos a continuación:

Lluvia : 300 a 700 mm de precipitación en el ciclo

Temperatura : 16 a 20° C

Suelos : Francos, arenosos, con buen drenaje

Ph 5.5 a 7.5

2.7. Requerimientos minerales del cultivo de fréjol

El fréjol es una leguminosa fijadora de nitrógeno atmosférico, sin embargo requiere cantidades adecuadas de macro y micronutriente para el correcto desarrollo y maduración, los cuales se encuentran descritos en la Tabla 1.

Tabla 1

Requerimiento nutricional del fréjol por hectárea.

Componentes de la cosecha	kg ha ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	26

Fuente : Arias, Rengifo y Jaramillo, 2007.

2.8. Fuentes de fertilización

En la producción de fréjol la fertilización en su mayoría es de origen mineral o química, debido a fácil disponibilidad de macro y micronutrientes. Sin embargo existe otra alternativa de fertilización como es la orgánica, la misma que es más amigable con el medio ambiente, a continuación se encuentra descrito los efectos, ventajas y desventajas de las fuentes antes mencionadas.

2.8.1. Química o mineral

Los fertilizantes o abonos químicos son sustancias minerales, generalmente mezclas químicas artificiales que se aplican al suelo o a las plantas para hacerlo más fértil. Ya que contiene por lo menos, un elemento químico que la planta necesita el crecimiento y desarrollo durante el ciclo de vida. Se caracteriza por la solubilidad mínima en agua, se disuelve en el agua de riego y entran en forma pasiva a la planta, a través del flujo de agua.

2.8.1.1. Macronutrientes o macroelementos

Son indispensables para el crecimiento de la planta, por lo que se necesitan en grandes cantidades, si el suelo es deficiente en uno o más de ellos se debe aplicar en altas cantidades. Dentro de este grupo tenemos los siguientes, nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (FAO, 2002):

El Nitrógeno (N): Es el motor del crecimiento de la planta. Suple de 1 a 4% del extracto seco de la planta, absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Está involucrado en los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento.

El Fósforo (P): Suple de 0.1 a 0.4% del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos, como la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta.

El Potasio (K): Suple del 1 al 4 % del extracto seco de la planta, activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Juega un papel importante en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. También mejora el sistema hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas que poseen cantidades adecuadas de potasio presentan menor incidencia de enfermedades.

Magnesio (Mg): Es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol. También se incluye en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

Azufre (S): Es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0.2 al 0.3 (0.05 a 0.5)% del extracto seco.

El Calcio (Ca): Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. El objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el encalado, para reducir la acidez del suelo (Maila, 2011).

2.8.1.2. Micronutrientes o micro elementos

Los micronutrientes o micro elementos son sustancias claves en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que cumplen funciones esenciales. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. La disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. Dentro de este grupo se encuentran el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y el boro (B) (Prochnow, Moraes, y Stipp, 2009).

2.8.2. Fuentes de fertilización Orgánica

Son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se enriquece con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

Se usa para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos son considerados abonos orgánicos. Son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos; la aplicación constante de ellos, con el tiempo, mejora las características físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Mosquera, 2010).

2.8.2.1. Efecto de los abonos sobre las características físicas del suelo

Influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física); tales como: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Al incrementar la porosidad aumenta también la capacidad del suelo para retener el agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

2.8.2.1. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características químicas del suelo

El efecto se evidencia en el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales. La nueva situación es en general favorable; la concentración de sales, como ya se mencionó, podría ser perjudicial para el desarrollo de plantas sensibles a ciertos niveles de algunos compuestos en particular (Mosquera, 2010).

2.8.2.3. Beneficios abonos orgánicos

- Por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- Mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano (SAGARPA, 2010).

Existen diversas fuentes de fertilización orgánicas tales como: bocashi, té de frutas, té de estiércol, lombricomposta, compost, biol, abonos verdes entre otros, sin embargo en esta investigación se emplearon las que se encuentran descritas a continuación:

2.8.3.Compost

Es una mezcla de materiales orgánicos (estiércoles de animales, residuos de cosecha y residuos de basuras domésticas), de tal manera que fomenten su degradación y descomposición. Se utiliza para fertilizar y enriquecer la tierra de los cultivo, conjuntamente con la materia orgánica, mejora la estructura de los suelos arenosos y ligeros y mejora el drenaje en los suelos arcillosos. La elaboración de este abono demanda de prácticas de higiene (Cubeiro y Viera, 1999).

Un estudio realizado en camas biointensivos de doble excavado con dos tratamientos T1= sin compost y T2= con compost (5000 kg ha⁻¹). En el rábano se fertilizó con compost en el momento de la siembra y en el fréjol dos veces, fraccionado 2 kg en siembra y 3 kg a los dos meses y medio de la siembra. Obteniendo los siguientes rendimientos de rábanos (bulbos) 3630 y 9040 kg ha⁻¹ y en fréjol 1400 y 2100 kg ha⁻¹ respectivamente (Vera, 2017). Debido a la modificación de algunas características físicas y químicas del suelo tales como: el aumento de la porosidad, disminución de la lámina de agua, disminución del pH y aumento de la conductividad eléctrica promovidos por el vermicompost apoyan la hipótesis de que modifica el sistema suelo-planta y disminuye los efectos del estrés por déficit de humedad, lo que puede evaluarse por los efectos positivos en el rendimiento y sus componentes en el fréjol (Aguilar, y otros, 2012).

Ventajas

- Mejora las propiedades físicas del suelo: la materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capa
- Mejora el manejo de estiércoles: el compostaje reduce el peso, volumen, y el contenido en humedad, y la actividad de los estiércoles.
- Mejora la aplicación y el acondicionamiento al suelo.
- Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores, producidos por los estiércoles frescos.
- Destrucción de patógenos, durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.

- Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos destinados a vertedero e incineración, evitando así problemas de contaminación de suelos por lixiviados orgánicos y emisiones provenientes de la descomposición en vertederos y la quema en incineradoras.

Desventajas

- Requiere condiciones climáticas favorables.
- Requiere de altas cantidades, a diferencia del abono químico.

2.8.3.1. Proceso de compostaje

1. Preparación

Los residuos orgánicos excedentes de los alimentos durante su preparación, como son cáscaras o partes de frutas, hortalizas, sobras sólidas de alimentos ya preparados, de carnes, hojas de poda de sus matas internas, flores y tallos picados de arreglos naturales, son almacenados en recipientes separados y con tapa. Estos residuos para ser llevados a compostaje se deben preparar para controlar su humedad (exceso de agua), para lograr una relación balanceada de Carbono-Nitrógeno (C/N) y tener una textura y tamaños adecuados.

La humedad, se puede controlar por medio de adición de aserrín o viruta de madera, en proporciones variables: 2 o 3 partes en volumen de alimentos, por una de aserrín o viruta.

El tamaño de las partes de residuos a compostar puede estar de 1 a 10 cm, como la cáscara de naranja y la mandarina. La relación Carbono (C)/Nitrógeno (N), se puede ajustar con residuos ricos en N, como son la equinaza o gallinaza. La relación recomendada es de 25 a 30 partes de C, por 1 de N.

2. Descomposición Mesófila

Al inicio del proceso, los residuos preparados, están a temperatura ambiente (menor de 40 °C), por lo que los microorganismos mesófilos se multiplican con rapidez, hay gran actividad metabólica (transformación de algunos compuestos como azúcares y aminoácidos), la temperatura comienza a subir y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

3. Descomposición Termófila

La temperatura es superior a 40° y sube hasta 60° a 65 °C. Microorganismos termófilos, transforman el nitrógeno (N) en amoníaco (NH₃), por lo cual el pH se hace alcalino. A los 60° a 65 °C, estos hongos termófilos desaparecen y dan paso a las bacterias esporígenas y actinomicetos, que tienen capacidad para descomponer sustancias orgánicas como las ceras, las proteínas y hemicelulosas.

4. Descomposición Mesófila de Enfriamiento

La temperatura desciende por debajo de 60 °C, y reaparecen los hongos termófilos que reinvaden la parte superior del residuo (mantillo) y logran descomponer compuestos, como la celulosa. Al bajar de 40 °C, los mesófilos también reinician su actividad y el pH del residuo, desciende ligeramente.

5. Maduración

Requiere de 1 a 2 meses en promedio y se realiza exponiendo el compost a temperatura ambiente y protegido de la lluvia. Durante esta etapa, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus; desciende el consumo de oxígeno y la fitotoxicidad del compost debe estar controlada.

6. Afinación

Se realiza para homogenizar y mejorar el tamaño de partículas del compost (granulometría), para regular la humedad a valores menores de 40%, seleccionar por cernido el residuo no compostado o impurezas, se toman muestras para análisis de laboratorio y control de calidad (Román, Martínez , y Pantoja, 2013).

2.8.3.2. Condiciones adecuadas de un compost

El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de sustrato, temperatura, pH y la relación C: N.

2.8.3.2.1. Oxígeno o aireación

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. En la Tabla 2 se describe los porcentajes de aeración y el problema que causa en proceso de compostaje.

Tabla 2
Control de temperatura de compostaje

Porcentaje de aeración	Problema	
Baja	<5%	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis
Rango ideal	5% - 15%	Ninguno
Exceso	>15%	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.

Román, Martínez , y Pantoja, (2013), modificado por el autor

2.8.3.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

El oxígeno sirve para transformar (oxidar) el C presente en las materias primas (sustrato o alimentos) en combustible. Durante el compostaje, el CO₂ se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la materia prima utilizada como sustrato. Pueden generarse 2 a 3 kilogramos de CO₂ por cada tonelada, diariamente (Román, Martínez , y Pantoja, 2013).

2.8.3.2.3. Humedad

Es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. En la tabla 3, se detalla los porcentajes de humedad óptimos en el proceso de compostaje.

Tabla 3
Parámetros de humedad óptimos en el proceso de compostaje

Porcentaje de humedad		Problemas
Insuficiente humedad	<45%	Detiene el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos
Rango ideal	45% - 60%	Ninguno
Oxígeno insuficiente	>60%	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.

Román, Martínez , y Pantoja, (2013) modificado por el autor

2.8.3.2.4. Temperatura

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65 °C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es importante que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. En la tabla 4 se describe las temperaturas y las causas que ocasiona en el proceso del compostaje.

Tabla 4
Parámetros de temperatura óptimos en el proceso de compostaje

Temperaturas (C°)	Causas
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente Material Insuficiente Déficit de nitrógeno o baja C:N.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente

Román, Martínez , y Pantoja, (2013) modificado por el autor

2.8.3.2.5. pH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. Define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0 a 7.5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5 a 8.0. El rango ideal es de 5.8 a 7.2.

2.8.3.2.6. Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. La densidad del material y la aireación de la pila o la retención de humedad, están relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad de 150 a 250 kg m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600 a 700 kg m³ (Mader, y otros, 2005).

2.8.3.2.7. La relación de Carbono Nitrógeno (C/N)

Se debe tener cuenta que la relación ideal oscila entre 25 y 30:1 aproximadamente y decrece a 15:1 en el compost final. La relación C/N disminuye 2/3 con el tiempo porque parte del carbono se pierde como CO₂ durante la compostación, por lo que el rango ideal es de (15:1 a 35:1) (Earth Green, 2005), como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Contenido de N,P,K en el compost

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0.3% – 1.5% (3g a 15g por kg de compost)
Fósforo	0.1% – 1.0% (1g a 10g por kg de compost)
Potasio	0.3% – 1.0% (3g a 10g por kg de compost)

Fuente : SAGARPA (2010)

2.8.4. El Biol

El biol es un abono orgánico líquido obtenido de la fermentación anaeróbica de estiércoles de animales domésticos, enriquecido con follajes de plantas que aportan nutrientes o alguna acción de prevención contra plagas y enfermedades. Se lo puede utilizar como inoculante y repelente de ciertas plagas. También promueve la actividad fisiológica estimulando el crecimiento vegetativo de las plantas cultivadas, debido al contenido de nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social, 2014).

Como menciona FONCODES (2014), las ventajas y desventajas del biol son las siguientes:

a) Ventajas

- Se puede elaborar en base a los insumos que se encuentran en la comunidad.
- No requiere de una receta determinada, debido a que los insumos pueden variar.
- Su preparación es fácil y puede adecuarse a diferentes tipos de envase.
- Tiene bajo costos.
- Mejora el vigor del cultivo, y le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades y los efectos adversos del clima.
- El Biol es una fuente orgánica de fitorreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas por la presencia de hormonas vegetales como las adeninas, purinas, giberalinas, auxinas y citoquininas provenientes de los desechos del metabolismo bacteriano (Guanopatín, 2012).
- Julon (2016), manifiesta que los bioles debido a los principios de hormonas vegetales que poseen y en concentración de entre 20 y 50% estimula el crecimiento, mejora la calidad de los productos e incluso tienen efecto repelente contra las plagas.

b) Desventajas

- El tiempo desde la preparación hasta la utilización es largo, debido a que la maduración mínima debe ser de mínimo tres meses, para ser utilizado.

- La aplicación debe realizarse en ausencia de vientos y la forma de aplicación depende del cultivo y de la edad del mismo.

2.8.4.1. Condiciones adecuadas para al elaboración de biol

2.8.4.1.1. Tamaño de las partículas

El adecuado tamaño de las partículas de los ingredientes en la elaboración del abono líquido, aumenta la superficie para la descomposición microbiológica. Asimismo, el exceso de partículas muy pequeñas puede provocar compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado.

2.8.4.1.2. El pH

El pH necesario para la elaboración del abono es de un 6.0 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales.

2.8.4.1.3. Relación carbono-nitrógeno (C/N)

La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación (INIA, 2008).

2.9. Zonas de producción de fréjol

La producción de fréjol se ha adaptado a distintas altitudes, pero la mayor producción se encuentra principalmente en los valles y estribaciones :

Valles: El Chota (Carchi, Imbabura), Guayllabamba y Tumbaco (Pichincha), Patate (Tungurahua), Gualaceo y Yunguilla (Azuay), Vilcabamba, Catamayo, Malacatos, (Loja).

Estribaciones de cordillera: Intag (Imbabura), Noroccidente de Pichincha, Pallatanga (Chimborazo) y Chillanes (Bolívar), entre otros, según el aporte del (Instituto Nacional De Investigación Agraria, 2008).

2.10. Plagas y enfermedades del fréjol

El fréjol como la mayoría de cultivos es afectado por distintas plagas y enfermedades, durante el ciclo del cultivo, siendo esto causado por condiciones ambientales, estado nutricional o presencia de hospederos, las principales plagas y enfermedades se describen a continuación de forma mas detallada.

2.10.1. Plagas

Las principales plagas registradas en trabajos anteriores en la Granja Experimental La Pradera, perteneciente a la Parroquia Chaltura, han sido en su mayoría la mosca blanca, lorito verde y la mosca minadora de hoja, a continuación se describe a las plagas mencionadas.

2.10.1.1. Mosca blanca (Aleyrodidae sp)

Es un insecto chupador de amplia distribución mundial, se considera la especie más difundida y dañina. Tiene la habilidad de adquirir resistencia a insecticidas utilizados para su control, principalmente los órgano-fosforados y los piretroides. En todos sus estadíos de desarrollo permanece en el envés de la hoja, protegiéndose de la luz solar y de otros factores adversos. El adulto es el único que puede emigrar por medio del viento a una altura de un metro para buscar nuevas plantas, puede actuar como transmisor de virus dando lugar a enfermedades (FONAG, 2010).

2.10.1.2. Lorito verde (Empoasca kraemeri)

Los adultos miden entre 3.0 y 3.5 mm de largo y son delgados de color verde y alas transparentes más largas que el cuerpo. Los loritos verdes son más abundantes en las épocas de fuerte sequía. El daño consiste en un enrollamiento de la punta de las hojas y amarillamiento de éstas, debido a la succión de la savia. Estos insectos son importantes debido a que

se ha demostrado que son vectores potenciales de muchas enfermedades virosis a las plantas (Cameron, Loeb, Abrahamson, White, y Smart, 2010).

2.10.1.3. Mosca minadora de hoja (Liriomyza trifolii)

Los minadores de hojas tienen un ciclo de vida relativamente corto, el ciclo de vida completo en ambientes cálidos es de 21 a 28 días. Los daños son causados por las hembras durante los procesos de alimentación y oviposición, originando la minería de la hoja como el punteado, los cuales pueden disminuir el nivel de fotosíntesis en la planta. La minería extensiva también causa la caída prematura de las hojas, provocando la falta de sombreado y el escaldado solar de la fruta. De igual forma la herida en el follaje permite la entrada de enfermedades bacterianas y fúngicas (Capinera, 2017).

2.10.2. Enfermedades del fréjol

En tanto que las enfermedades de mayor relevancia económica, registradas en trabajos anteriores en la Granja Experimental La Pradera, perteneciente a la Parroquia Chaltura han sido la roya, antracnosis y mancha anillada, las cuales se encuentran descritas a continuación de manera más detallada.

2.10.2.1. Roya (Uromyces appendiculatus)

Es un hongo que se evidencia en el envés de la hoja, como pústulas de color rojo. El cual contiene polvo de color marrón, es diseminado gracias al viento, se propaga entre plantas portadoras de la infección a plantas sanas, y puede ser esparcida por insectos o el simple manejo manual de los agricultores. El hongo prolifera en climas húmedos y calurosos, y genera una especie de resequeamiento en la siembra hasta el punto de matarla (Cruz, 2013).

2.10.2.2. Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum)

Puede dañar todas las partes aéreas de la planta aún los cotiledones pueden presentar pequeñas lesiones de color café oscuro a negro. Las primeras lesiones se pueden descubrir en

el envés (por debajo) de las hojas o en los pecíolos como lesiones angulares o lineales de color oscuro o rojo ladrillo o bien como pequeños cánceres hundidos en las venas de las hojas (FAO, 2007).

2.10.2.3. Mancha anillada (*Phoma exigua*)

El hongo se disemina por sus conidios llevados por el viento en condiciones cálidas y húmedas. En las hojas, los síntomas iniciales son lesiones pequeñas necróticas con centros café claro y márgenes oscuros que pueden tener un halo amarillo. Posteriormente se desarrollan lesiones algo redondas de aproximadamente 1 cm en diámetro con centros hundidos de color café claro. Los síntomas también se presentan en flores, pedúnculos y tallos. En el fruto, las lesiones se vuelven más largas, más oscuras y con anillos concéntricos, resultando en áreas grandes profundamente hundidas debido a la unión de las lesiones. A menudo se observa el crecimiento gris oscuro a negro del hongo en el centro de las lesiones más viejas (Cruz, 2013).

2.11. Marco legal

La investigación está relacionada a leyes que protegen la naturaleza y le otorgan derechos para asegurar su preservación tal como lo estipula la Constitución de la República del Ecuador del 2008. Capítulo II, Sección Segunda: Ambiente Sano Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Asimismo se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. En el Capítulo VII, Sección Séptima. Derechos de la Naturaleza Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia, el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, de acuerdo al aporte de la Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador (2008).

De igual forma la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017) menciona en el Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021) vigente, en el Eje 1: Derechos para todos durante

toda la vida, Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, apoyará el fomento de una agricultura sustentable que integre los distintos sistemas productivos y respete las áreas bajo sistemas de protección, para garantizar la soberanía alimentaria con base en buenas prácticas y principios agroecológicos, basados en la premisa de no agotar los recursos naturales productivos (suelo, agua, y sus entornos).

En tanto que, el Texto Unificado Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), publicado el 16 de diciembre de 2002 constituye un texto reglamentario referente a la normativa ecuatoriana vigente en la Ley de Gestión Ambiental y con énfasis en la ley de prevención y control de la contaminación del ambiente. Contiene siete anexos de los cuales seis se refieren a las normas de calidad ambiental para los diferentes recursos (agua, aire y suelo).

Para la presente investigación se ha tomado en cuenta la siguiente norma. Anexo 2: Norma de calidad ambiental del recuso suelos y criterios de remediación para suelos contaminados. De las actividades que degradan la calidad del suelo los productores agrícolas, están en la obligación de utilizar técnicas que no degraden la calidad del suelo agrícola, así como también deberán implementar procedimientos técnicos respecto al uso racional de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, este tipo de productos deberán ser manejados mediante buenas prácticas y métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos aplicables y vigentes en el país, de acuerdo al aporte del LIBRO VI TULSMA (2015).

Consecuentemente el Eje 2: Economía al servicio de la sociedad, en el Objetivo 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno, para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural, del plan nacional toda una vida mediante la investigación y desarrollo deben apoyarse en el contingente de las universidades y centros de investigación, con premisas de pensamiento crítico, respondiendo con pertinencia y oportunidad a las necesidades de los habitantes rurales a través de la creación de conocimiento. Brindando la posibilidad de aplicar nuevas técnicas productivas que incluyan el rescate y vigencia de las prácticas ancestrales, además de innovaciones institucionales que viabilicen las transformaciones requeridas en la Agricultura Familiar Campesina y sistemas agrícolas de subsistencia en general. Los procesos de difusión, con la transferencia tecnológica, deben replicar experiencias exitosas, en ocasiones desde otros países, e identificar y difundir

experiencias locales, que por lo general son de menor costo y fácil aplicación SENPLADES (2017).

La producción de las zonas rurales se direcciona al consumo de las ciudades, por lo que se debe mejorar los canales de distribución para permitir mayores ingresos y mejorar la oferta de productos en cuanto a precios justos y variedad, controlando el contrabando. Otra parte de la producción abastece las fábricas, se debe incentivar acuerdos formales para el abastecimiento de materias primas, con visión a largo plazo, que permitan reducir la vulnerabilidad a los cambios de precios y compartir la creación de valor SENPLADES (2017).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental la Pradera a una altitud de 2376 msnm, en el cultivo de fréjol arbustivo el cual tiene un ciclo de 6 meses.

3.1. Descripción del área de estudio

El presente experimento se realizó en la Granja Experimental “La Pradera”, propiedad de la Universidad Técnica del Norte ubicada en la parroquia de Chaltura, cantón Antonio Ante provincia de Imbabura (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del Experimento.

3.1.2. Características climáticas

De acuerdo al GADChaltura (2017), la Granja Experimental posee las condiciones climáticas descritas a continuación:

Altitud	2376 msnm
Precipitación anual	750 mm
Temperatura media anual	16.4°C
Humedad Relativa	68.9 %

3.2.1.3. Herramientas manuales

- Azadón
- Rastrillo
- Bieldo
- Pala plana
- Martillo
- Bomba de fumigar
- Flexómetro
- Carretilla
- Mangueras plásticas (1pulg)

3.3. Métodos

3.3.1. Factores en estudio

En la presente investigación de la evaluación agronómica del cultivo de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Paragachi bajo el método biointensivo, se estudió dos factores los cuales se describen a continuación:

El factor A corresponde a los sistemas de producción

- Labranza convencional (LC)
- Doble excavado (DE)

El factor B las fuentes de fertilización

- Biol (B)
- Compost (C)
- Fertilización química (FQ)

3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos para esta investigación son el resultado de la combinación de los dos factores en estudio, los cuales se encuentran descritos en la Tabla 6.

Tabla 6

Descripción y dosis de los tratamientos en estudio de la evaluación agronómica de fréjol arbustivo

Tratamiento	Nomenclatura	Dosis/Tratamiento	Descripción
T1	DE:B	241.60 l	Doble excavado + Biol
T2	DE:C	0.030m ³	Doble excavado + Compost
T3	DE:FQ	0.81 kg	Doble excavado +Fertilización Química
T4	LC:B	120.3 l	Labranza convencional + Biol
T5	LC:C	0.015m ³	Labranza convencional + Compost
T6	LC:FQ	0.40 kg	Labranza convencional+ Fertilización Química

Para satisfacer el requerimiento de nitrógeno del cultivo de fréjol, se utilizará la recomendación mencionada por Arias, Jaramillo y Rengifo (2007), quienes manifiestan que es necesario 97 kg ha⁻¹ y por ciclo. En base a este requerimiento se ha determinado, la cantidad de nitrógeno que debe aportar las materias orgánicas (compost y biol) y el fertilizante químico. En el Tabla 7 se observa el cálculo realizado para determinar las dosis.

Tabla 7

Cálculo para determinar la cantidad de biol, compost y fertilizante químico en función del requerimiento de N, para cultivo de fréjol

Fuente de fertilización	Contenido N	Requerimiento de N (kg ha ⁻¹)	Área Unidad experimental (m ²)	Cantidad a utilizarse
Biol	366 mg l ⁻¹	97	16.2	428.05 l
Compost	8 g kg ⁻¹	97	16.2	10.5 kg
FQ	15 kg/saco	97	16.2	1.05 kg

3.3.3. Diseño experimental

Se usará un Diseño de bloque con Parcelas Divididas, con seis tratamientos y tres repeticiones, con un total de 18 unidades experimentales. El análisis se realizará con la prueba de media LSD Fisher al 5%.

3.3.4. Características del experimento

El diseño de Unidad Experimental en la evaluación agronómica del cultivo de fréjol arbustivo, var Paragachi bajo el método biointensivo de doble excavado, constó de las características que están descritas a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8
Características de la Unidad Experimental

Descripción	Total
Tratamientos	6
Bloques	3
Total de unidades experimentales	18
Largo de parcela	5.4m
Ancho de parcela	3m
Distancia entre hileras o surcos	60 cm
Distancia entre plantas	30 cm
Número de plantas /parcela	90
Total de plantas	1620
Distancia de parcelas	1m
Superficies de parcelas	16.2 m ²
Área total	473.3m ²

3.3.5. Análisis estadístico

En tanto que el análisis estadístico de la presente investigación, el mismo que estuvo conformado por dos factores, dando como resultado un diseño de bloques con parcelas divididas con el fin de facilitar el manejo del experimento, se describe en la Tabla 9.

Tabla 9

Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Parcelas Divididas

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloques	3-1	2
Labranza	2-1	1
Error		2
Fuentes de fertilización	3-1	2
Error parcela pequeña		2
Error bloque		4
Error Experimental		4
Total		17

3.3.6. Variables a evaluarse

En la presente investigación se evaluó un total de ocho variables de las cuales, dos se realizaron en laboratorio siendo estas el análisis de suelo; antes y después de finalizar el ciclo de cultivo y el análisis foliar realizado a los 50 días después de la siembra, a continuación se encuentran descritas cada una de las variables.

a) Mediante un análisis de suelo completo se midieron las siguientes variables:

- Conductividad eléctrica (CE)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Contenido de macro y micronutrientes

Las muestras de suelo fueron tomadas al inicio y final del ciclo del cultivo en el área que corresponde para los dos tratamientos de labranza, utilizando una pala, a una profundidad de 20 cm y con muestreo en Zigzag, se procedió a cortar los bordes y extremos de las muestras de suelo con la ayuda de un machete, a fin de utilizar la parte central.

Seguidamente para la segunda temporada se recolectó cuatro submuestras por unidad experimental, y luego se mezcló para homogenizar; y, se procedió a pesar 1 kg de suelo de cada tratamiento, se colocaron en fundas de polietileno y fueron enviadas al Laboratorio Agrar Projekt para realizar el respectivo análisis químico (Figura 2).



Figura 2. Preparación de muestras para el análisis químico.

b) Altura de planta

Se midió en 10 plantas al azar de la parcela neta de cada unidad experimental, se procedió a medir desde la base del tallo principal hasta el ápice central utilizando un flexómetro, la altura se expresó en centímetros. Las medidas fueron tomadas en los 10, 20 y 40 días después de la siembra debido a que en estas etapas existe mayor crecimiento de la planta.

c) Concentración de macro y micronutrientes a nivel foliar

Cabe mencionar que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Los usos del análisis vegetal pueden ser diversas tales como: verificar síntomas de deficiencias nutricionales, identificar deficiencias asintomáticas, indicar interacciones entre nutrientes, localizar zonas del lote que se comportan en forma diferente y valorar el manejo nutricional de los cultivos (Correndo y García, 2012).

Para ello las muestras fueron tomadas al azar de 3 plantas de la parcela neta de cada unidad experimental, sumando 100 hojas en total con un peso de 150 g. Acorde a la metodología del instructivo para toma de muestra de tejidos foliares Fertilab (2012), el cual indica que las

hojas se tomaron a los 50 días en la etapa de prefloración, de la parte media de la planta debido a que en esta etapa, presenta una concentración uniforme de macro y micronutrientes, a diferencia de la parte superior que contiene hojas apicales (tiernas) y en la parte basal las hojas son maduras (Figura 3).



Figura 3. Etapa de prefloración para la toma de muestras de análisis foliar.

Se procedió a seleccionar una muestra de 150 gramos de cada tratamiento y se colocó en bolsas de papel perforadas y etiquetadas, posteriormente enviarles al Laboratorio de aguas, suelo y tejidos vegetales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para el respectivo análisis químico (Figura 4).



Figura 4. Muestras para el análisis foliar de fréjol en la Granja la Pradera.

La interpretación de los resultados del contenido adecuado de macro y micronutrientes a nivel foliar, en el cultivo de fréjol se realizó en base a lo descrito en la Tabla 10.

Tabla 10

Niveles óptimos de macro y micronutrientes a nivel foliar en el cultivo de fréjol

Elementos	Unidad	Niveles		
		Bajo	Suficiente	Alto
N	%	<4.5	4.5 a 5.5	> 5.5
P	%	< 0.35	0.35 a 0.50	> 0.50
K	%	< 2	2 a 4	> 4
Ca	%	< 1.3	1.3 a 2	> 2
Mg	%	< 0.35	0.35 a 1.3	> 1.3
S	%	< 0.20	0.2 a 0.3	> 0.3
Fe	Ppm	< 100	100 a 180	> 800
Mn	Ppm	< 20	80 a 200	> 200
Cu	Ppm	< 15	15 a 25	> 25
Zn	Ppm	< 25	25 a 50	> 30
B	Ppm	< 20	20 a 30	> 50

Fuente: Meléndez, Molina, CIAT y UCR (2011)

d) Nodulación

Esta variable se midió en 3 plantas al azar de la parcela neta a los 50 días en la etapa de floración, en las mismas plantas que fueron utilizadas para el análisis de macro y micronutrientes. Para ello se procedió a retirar la planta del suelo con la ayuda de una pala, a una profundidad de 45 cm de ancho haciendo un cuadro, para mantener las raíces y los nódulos intactos (Figura 5). Luego se cortaron los tallos al ras del sustrato y se procedió a lavar las raíces de cada planta.

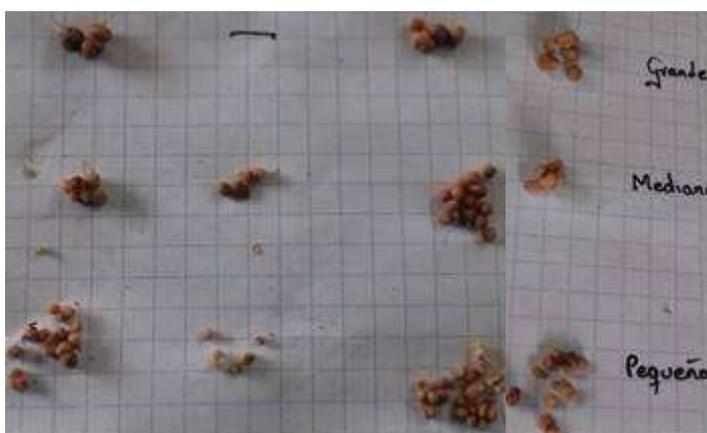


Figura 5. Clasificación y cuantificación de nódulos de la raíz en el cultivo de fréjol.

En las raíces de las leguminosas existen nódulos de diferentes tamaños siendo estos pequeños, medianos y grandes, por lo que el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), para facilitar el estudio ha establecido categorías con base al diámetro de los nódulos los cuales se encuentran descritos en la Tabla 11. La clasificación de los nódulos se realizó con el calibrador pie de rey.

Tabla 11

Escala de clasificación nódulos en raíces por categoría según el diámetro

Escala	Diámetro (mm)	Categoría de nódulos	Número	Calificación
4	4 a 5	Grandes	30	Buena
5	3 a 4	Medianos	30	Intermedia
6	2 a 3	Pequeños	30	Pobre

(CIAT, 1994)

En tanto, que Cruz (2014) menciona que la calidad de nódulos presentes en las raíces de las leguminosas se debe determinar, en base a la escala 1-9, siendo 1 excelente y 9 muy pobre como se describe en la Tabla 12.

Tabla 12

Clasificación de escalas por número de nódulos totales

Escala	Número de nódulos
1. Excelente	Más de 80
3. Buena	41 -80
5. Intermedia	21- 40
7. Pobre	10 -20
9. Muy pobre	Menos de 10

(Cruz, 2014)

e) Densidad aparente del suelo

Se colectaron muestras no disturbadas de suelo con cilindros metálicos (100 mm x 50 mm), las que fueron tomadas entre los 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad, de cada unidad experimental en los dos tipos de labranza. Con las muestras no disturbadas se determinó densidad aparente (n: 36), porosidad (n: 36) y el contenido de agua en el suelo (n: 36). Para ello se utilizó la metodología descrita por (Flores y Alcalá, 2010) y de acuerdo a las características óptimas de cada uno descritas en la Tabla 13 y 14.

Tabla 13.

Valores óptimos de las propiedades físicas del suelo

Propiedades	Valores óptimos
Densidad aparente	1.55 a 1.60 g cm ³
Contenido de agua	0.207 gg

Alcalá y Flores (2010)

Tabla 14.

Requerimientos óptimos e interpretación de la porosidad

Porosidad total	Interpretación
< 30	Muy baja
30 – 40	Baja
40 – 50	Media
50 – 60	Alta
> 60	Muy alta

Alcalá y Flores (2010)

- Se registró el peso de los cilindros, luego se realizó una calicata de 40 cm de profundidad, para colocar el cilindro metálico a presión con un combo o martillo cubierto con tela de algodón, con el fin de homogenizar el golpe y obtener una muestra correcta (Figura 6).



Figura 6. Calicatas a dos profundidades y pesaje del suelo fresco en Laboratorio.

- Las muestras colectadas se cubrieron con plásticos y fueron colocadas bajo sombra para evitar la evapotranspiración del agua, sesgando los datos (Figura 7).



Figura 7. Muestras de suelo fresco cubiertas con plásticos para evitar la evapotranspiración.

- En laboratorio se cortó el excedente de suelo en los cilindros con la ayuda de un cuchillo y se pesó cada muestra en fresco. Luego las muestras fueron colocadas en el horno a una temperatura de 105° C durante 48 horas.
- Finalmente después de retirar las muestras del horno, se registró el peso en seco de cada una.

f) Incidencia de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo quincenal de forma visual revisando 20 plantas al azar de la parcela neta la presencia o ausencia de la plaga o de la enfermedad, de las cuales se evaluarón tres hojas trifoliadas de cada planta, con un total de 180 hojas por cada tratamiento.

También se colocaron trampas cromáticas amarillas a los 45 días después de la siembra cada con frecuencia de cada 15 días en la parcela, con el fin de cuantificar el número de mosca blancas, lorito verde y mosca minadora (Figura 8). Para posteriormente relacionar la presencia del insecto con el daño presente en las unidades experimentales del cultivo de fréjol.



Figura 8. Trampa cromática para el conteo de mosca blanca, mosca minadora y lorito verde en el cultivo de fréjol.

g) Severidad de plagas y enfermedades

En tanto que, la severidad de plagas y enfermedades se realizó observando el número de hoja trifoliadas afectadas esto por cada unidad experimental, con base al umbral de daño económico de cada una como se describe repectivamente a continuación :

Lorito verde (Empoasca kraemeri)

Se evaluó en base a los síntomas del daño tales como el curvamiento y arrugamiento de las hojas hacia abajo; si aumenta el ataque, el arrugamiento se empeora y se inicia un amarillamiento en los bordes de las hojas seguido por necrosis; la planta se achaparra, su índice de área foliar es bajo y produce menos vainas, con semillas más livianas (Figura 9). El umbral económico de daño es de 0.18 adultos por hoja (Hallman y García, 2009).



Figura 9. Lorito verde en la planta de fréjol.

Mosca blanca (Aleyrodidae sp)

La población de insectos no debe sobrepasar el umbral de daño económico establecido siendo 9.8 adultos por hoja (Nava y Cano,2000). En la figura 10, se puede observar un adulto de mosca blanca.



Figura 10. Mosca blanca en la planta de fréjol.

Mosca minadora de hoja (Liriomyza trifolii)

El umbral económico de daño de minador sobre 0.4 adultos por hoja en desarrollo (Acuña y Castro, 2015). En la figura 11, se observa una mosca minadora adulta y el daño que produce en las hojas de la planta de fréjol.



Figura 11. Mosca minadora de hoja y el daño que produce en la planta de fréjol.

Roya (Uromyces appendiculatus)

Se debe aplicar cuando la planta presenta el 1% de la enfermedad, debido a que el hongo se disemina con facilidad. Sin embargo el umbral económico de daño es el 10% de hoja afectada, causando pérdidas en el rendimiento del cultivo en porcentajes del 18 al 20%(Castaño, Zepeda y Zuluaga, 2012).

Mancha anillada (Phoma exigua)

Según el aporte de Castaño, Zepeda y Zuluaga (2012), se debe aplicar cuando el porcentaje de la enfermedad en las hojas del fréjol sea del 10 al 15%, en la presente investigación se trabajó con un promedio siendo del 13% de umbral económico de daño, puede causar pérdidas en el rendimiento del cultivo del 50% si no es controlada adecuadamente (Figura 12).



Figura 12. Presencia de mancha anillada en fréjol.

Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum)

Según el aporte de debe aplicar cuando el porcentaje de la enfermedad en las hojas del fréjol sea del 5 al 10%, en la presente investigación se trabajó con un promedio siendo del 7% de umbral económico de daño. Debido a que esta enfermedad se desemina ocn 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).

h) Rendimiento

Se realizó en la etapa de madurez filológica a los 100 días después de la siembra en tierno, en la que se cosecharon las vainas de fréjol en la parcela neta de cada unidad experimental. La cosecha se realizó en tres fechas distintas, debido a que la maduración no fue uniforme en las todas las unidades experimentales, para ello se cosechó la parcela neta y los bordes por separado, asimismo se registró el peso de la parcela neta (Figura 13).



Figura 13. Cosecha de fréjol tierno a los 100 días de madurez fisiológica.

Seguidamente se procedió a registrar el peso de una muestra al azar de 500 gr de fréjol en vainas, en el que se cuantifico el número de vainas, el número total de semillas y el peso de las semillas, para posteriormente realizar una correlación de estos factores en el rendimiento (Figura 14). Finalmente los datos se analizaron mediante el análisis de varianza de LSD Fisher ($p < 0.05$) y se expresaron en toneladas por hectárea.



Figura 14. Cuantificación y peso de granos frescos de fréjol.

i) Análisis financiero.

Se realizó al finalizar el ciclo de producción del fréjol mediante la tabla de costos de producción fijos y variables, los cuales se encuentran detallados en el Anexo 8. En esta investigación se utilizó los siguientes indicadores financieros, de acuerdo a Duque (2017), se describen las ecuaciones matemáticas de la relación beneficio costo y costo de oportunidad:

Relación beneficio/costo se calculó por cada tratamiento aplicando la siguiente ecuación matemática:

$$R = IT/CT$$

En donde:

RB/C = Relación Beneficio /Costo

IT = Ingresos Totales

CT = Costos Totales

Costo de oportunidad.

Se calculó al obtener la diferencia entre la opción más lucrativa y la opción elegida, con el fin de comparar los egresos al invertir en el cultivo de fréjol o poner el dinero a plazo fijo en el banco. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación matemática.

Costo de oportunidad= opción más lucrativa – opción elegida

3.4. Manejo específico del experimento

El ensayo se realizó en el cultivo de fréjol arbustivo de la variedad Paragachi, bajo dos sistemas de labranza y empleando tres fuentes de fertilización, con tres repeticiones, obteniéndose así un total de 18 unidades experimentales. Teniendo una duración de 9 meses, siendo 3 en la elaboración de abonos orgánicos y preparación de los sistemas de labranza, en tanto que los seis meses restantes en el desarrollo del cultivo.

3.4.1. Preparación de las fuentes orgánicas

Los abonos orgánicos compost y biol fueron elaborados previos al establecimiento del experimento, los materiales y materias primas se recolectaron en la Granja Experimental la Pradera, la maduración de cada uno fue de tres meses. Cabe mencionar que se aplicó las metodologías y normativas establecidas para obtener abonos de calidad, seguidamente se encuentran detallados respectivamente.

a) Materiales para la elaboración de compost

La composta consistió en volumen de 26 m³, para lo cual se aplicó, los materiales de origen orgánicos descritos a continuación: 300 kg de rastrojo de cebada, 300 kg de estiércol (bovinos, cuy y conejos), 100 kg de residuos vegetales (King gras y kikuyo) y 4 litros de melaza, se colocó cuatro capas de tierra entre estos materiales y cada una fue de 20 cm.

Se procedió a realizar en la superficie del suelo, para lo cual se utilizó el siguiente proceso de elaboración de compostaje descrito por FONAG (2010):

- Preparar el lugar en el cual se va a ubicar la composta, limpiando las malezas de los alrededores y colocando una zaranda de color negro, a fin de brindar sombra.
- Preparar los materiales a utilizarse.
- Sobre la rejilla de madera colocar una capa de rastrojo o paja de 30cm de altura a lo largo de la cama.
- Agregar una capa de 15 cm de rastrojo de maíz o fréjol, malezas, residuos de hortalizas y desechos de comida.
- Agregar una capa de 20 cm de material verde, malezas, pastos como ray gras o alfalfa, cortados en trozos de 20 a 30 cm.
- Agregar una capa delgada de tierra y cal.
- Colocar una capa de 5 o 10 cm de altura de estiércol bovino, seco y bien desmenuzado, con el fin de facilitar la descomposición del mismo.
- Humedecer las capas bien y continuar capas alternar sin repetir la primera capa de material grueso, hasta que la composta sea de 1.50 m de altura.
- Voltear una vez a la semana y regar pasando un día con el fin de mantener húmedo la composta y facilitar la descomposición de los materiales (Figura 15).
- Controlar los parámetros de humedad y temperatura, con el empleo de termómetros y peachimetro (Figura 16).



Figura 15. Volteo semanal de la compostera.



Figura 16. Control de temperatura de la compostera.

b) Elaboración de biol de cuy (Cavia porcellus)

Se elaboró 5 bidones de biol de 170 litros utilizando la metodología y la cantidad de insumos orgánicos acorde a lo mencionado por Mosquera (2010), los cuales se describen a continuación:

- 30 kg de estiércol fresco de cuy
- 25 kg de alfalfa picada
- 4 litros de leche
- 4 kg de ceniza
- 500 g de levadura fresca
- 55 litros de agua
- 4 litros de melaza
- 2.3 kg de roca fosfórica

Procedimiento de elaboración del biol

- El bidón de plástico se llenará con agua hasta la mitad, luego se colocarán todos los materiales sin ningún orden específico, se mezcla bien usando un palo, finalmente se completará con agua hasta los 55 litros, dejando un espacio para los gases.
- Agregar 30 kilogramos de estiércol fresco de cuy y mezclarlo con la ayuda de un palo.
- Añadir la ceniza y continuar con la mezcla

- Agregar 4 litros de leche
- Picar o cortar en pequeños trozos los residuos vegetales de leguminosas y hierbas repelentes (marco y ortiga).
- Introducir los residuos vegetales cortados y continuar con la mezcla.
- Hacer un orificio en la tapa de los bidones de 180 litros, en donde se colocará la manguera plástica de 1/2 de pulgada de diámetro, por donde saldrán los gases producidos durante la fermentación.
- Pegar la manguera con silicona o soldimix.
- El otro extremo de la manguera se coloca en el fondo de una botella plástica descartable de 4 litros con agua, para asegurar que no ingrese aire en los bidones.
- Asegurar el sellado total del envase que contiene el biol, porque si ingresa aire malogrará la fermentación, es decir no se obtendrá biol de buena calidad (FOCONDES, 2014).

Al finalizar se procedió a filtrarlo por medio de mallas según el requerimiento diario, para luego ser aplicado en el cultivo con una bomba de mochila, diluido al 20%.

c) Descripción del fertilizante químico Triple 15-15-15 (N-P-K)

El fertilizante químico Triple 15-15-15, se aplicó en base al requerimiento de nitrógeno (N) del cultivo de fréjol arbustivo, el dato referencial utilizado para los tratamientos fue 97 kg ha⁻¹ y por ciclo. El fertilizante químico se fraccionó en 5 aplicaciones, en los siguientes estados fisiológicos: emergencia a los 15 días después de la siembra, llenado de las primeras hojas verdaderas 30 días, crecimiento vegetativo 45 días, antes de la floración 60 días y en la formación de vainas y llenado de granos 75 días, esto debido a que existe mayor actividad celular y por ende la planta tiene mayor disponibilidad de asimilación de nutrientes.

La aplicación del fertilizante será localizada, con el fin de evitar que se desperdicie por influencia del viento u otros factores ajenos, para cubrir las dosis necesarias en las Unidades Experimentales.

3.4.2 Análisis de las fuentes orgánicas elaboradas

a) Análisis del biol

Al finalizar el proceso de maduración se procedió a realizar un análisis químico del contenido de macro y micronutriente para determinar la cantidad de nutrientes y posteriormente aplicar las dosis adecuadas, de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo. Para ello se tomó un litro de biol de cuyo elaborado durante tres meses y se llevó al Laboratorio de aguas, suelo y tejidos vegetales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en un recipiente plástico sellado herméticamente, con el fin de evitar la exposición directa al sol.

b) Análisis de compost

Antes de la aplicación en el cultivo y al finalizar el proceso de maduración, se realizó un análisis químico para determinar la cantidad de nutrientes y posteriormente aplicar las dosis adecuadas, de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo. Para ello se tomó 15 submuestras de la compostera, se mezcló y se obtuvo un 1 kg de compost descompuesto, luego se colocó en una funda de polietileno para enviar al Laboratorio de aguas, suelo y tejidos vegetales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Los resultados del análisis químico de los abonos orgánicos, se utilizaron para determinar las cantidades idóneas que se debía aplicar en el cultivo de fréjol, los resultados se detallan de mejor manera en la Tabla 15.

Tabla 15

Resultados de la composición química de los abonos orgánicos biol y compost

Nutrientes	Unidades	Biol	Compost
N	g/100 ml	0.10	0.80
P	g/100 ml	0.05	0.43
K	g/100 ml	0.32	0.47
Ca	g/100 ml	0.23	3.11
Mg	g/100 ml	0.06	0.55
S	g/100 ml	0.03	0.26
M.O	g/100 ml	1.7	56.87
B	mg/l	4.6	38.3
Zn	mg/l	3.1	65.1
Cu	mg/l	0.7	31.3
Fe	mg/l	56.5	7121
Mn	mg/l	8	252.8
Ph		5.76	9.34
C/N		9.86	41.23

3.4.3. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en el cultivo de fréjol arbustivo variedad Paragachi en la Granja Experimental “La Pradera” de la parroquia San José de Chaltura. El manejo del cultivo se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos en el sistema convencional y de los fundamentos de la agricultura orgánica para la producción de fréjol.

3.4.3.1. Preparación del suelo y delimitación de parcelas

La delimitación se realizó en primer lugar por sistema de labranza debido a que en la labranza convencional se empleo maquinaria, cada labranza constó de 9 parcelas de 16.20 m² con una separación de 1m entre cama. En tanto que en doble excavado se elaboraron las camas de forma manual, la separación entre labrazas fue de 2 m. Luego de preparar el suelo las parcelas se delimitaron por medio de estacas y piolas, con los respectivos rótulos que definan adecuadamente los tratamientos en estudio.

a) Doble excavado

Las camas se elaboraron con la ayuda de un biello y una pala recta, utilizando la metodología del manejo biointensivo con base al procedimiento descrito a continuación por (Jeavons y Cox, 2016):

1. En un extremo de la cama (la cabecera) excava con una pala una zanja de 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad. Pon la tierra en cubetas, o en una carretilla o apílala sobre el suelo.
2. Con un biello se aflojó otros 30 cm el suelo de esta zanja. Clavando todo el biello en el suelo (o tan profundo como sea posible) y empujar el mango hacia abajo y hacia enfrente para que los picos del biello aflojen el suelo.
3. Cuando hayas aflojado la parte inferior de la última zanja, nivelar con el rastrillo toda la cama.
4. Incorporar la tierra de la primera zanja
5. Regar ligeramente durante uno o dos días (cinco minutos o más por cada 10 m²) o inclusive más tiempo si los terrones son particularmente grandes.

6. Dejar reposar el suelo durante un día.

b) *Labranza convencional.*

Se realizó de acuerdo al sistema convencional de producción de fréjol, empleando maquinaria agrícola con un pase de arado de disco y quince días después se empleo dos pases de rastra.

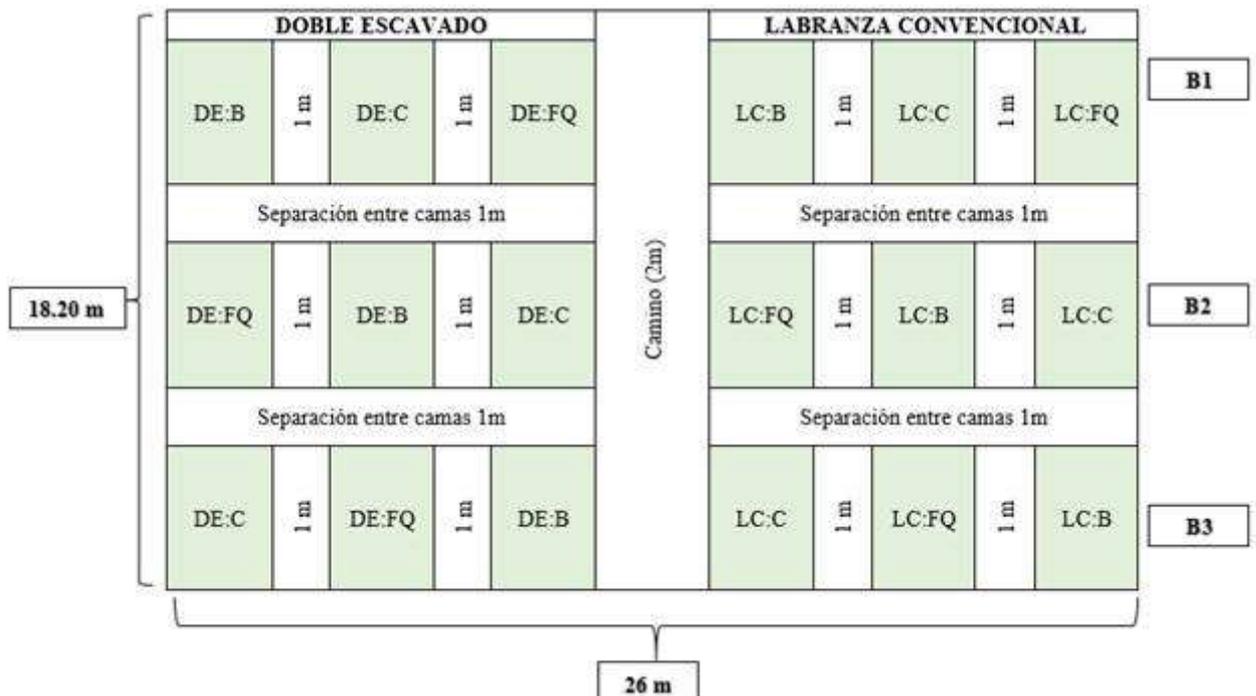


Figura 17. Distribución de los tratamientos en estudio de la investigación.

3.4.4. Toma de muestras de suelo

Después de pasar el arado y la rastra en la labranza convencional y de haber elaborado las camas del doble excavado, se procedió a tomar muestras de suelo de cada unidad experimental, a una profundidad de 20 cm, en Zig Zag obteniendo 18 submuestras de cada labranza. Luego se mezcló las submuestras y se pesó 1 kg de suelo, mismo que se colocó en fundas de polietileno previamente etiquetadas de cada labranza y fueron enviadas al Laboratorio Agrar Projeck para el análisis químico.

3.4.5. Implementación de tratamientos

Se estableció en cada una de las parcelas, señalando las plantas que se evaluarán después de la siembra en la parcela neta. La aplicación de biol, compost y fertilizante químico se lo realizó en las 5 etapas de mayor actividad celular.

3.4.6. Labores culturales

En la producción de fréjol arbustivo variedad Paragachi se realizaron las actividades indispensables para el crecimiento y desarrollo, las cuales se encuentran descritas a continuación:

a) Siembra

La siembra se realizó de forma manual, con una densidad de 30 cm entre planta y 60 cm entre surco, con semilla de fréjol variedad Paragachi y se colocará 4 semillas por sitio (Figura 18). En el borde de las parcelas se sembró cebada, con el fin de evitar la mezcla de fertilizantes entre tratamientos, por presencia de lluvias o durante el riego.



Figura 18. Semilla de fréjol variedad paragachi.

b) Fertilización

Se realizó en base a los requerimientos de nitrógeno por ciclo según lo menciona ASOPROL (2009), es necesario aplicar 97 kg ha⁻¹ por ciclo. La dosis y frecuencia de los abonos orgánicos (biol y compost) y del fertilizante químico (15-15-15) se describen en las Tablas 16, 17 y 18 respectivamente. El requerimiento de nitrógeno en 473.3 m² de la Unidad

Experimental fue de 4.59 kilogramos por ciclo del cultivo de fréjol, el cual se cubrió con la aplicación de los abonos orgánicos (biol y compost) y fertilizante químico (Triple 15 N-P-K).

El biol se aplicó con una bomba de mochila vía foliar y diluido al 20% en los tratamientos, la frecuencia de aplicación se realizó de acuerdo al estado fisiológico de la planta el cual se encuentra descrito en la Tabla 16. Pero cabe resaltar que por se un volumen alto se aplicó el biol en los estados descritos, pero con una frecuencia semanal.

Tabla 16

Dosis y frecuencia de aplicación de biol por tratamiento en el cultivo de fréjol

Estado fisiológico de aplicación	Tiempo (días)	Doble excavado dosis en lt	Labranza convencional dosis en lt	Forma de aplicación
Emergencia	15	48.12	24.06	
Llenado de primeras hojas	30	48.12	24.06	
Crecimiento vegetativo	45	48.12	24.06	
Antes de la floración	60	48.12	24.06	Foliar
Formación de vainas y llenado de granos	75	48.12	24.06	
Total de biol		240.60	120.30	

En las figuras 19 y 20 se puede observar la dilución del biol para ser aplicado en el cultivo, de igual forma se puede apreciar la forma de aplicación y los implementos que deben ser utilizados.



Figura 19. Dilución de biol fréjol para el cultivo de fréjol.



Figura 20. Aplicación del biol vía foliar en el cultivo de fréjol.

En tanto que el compost se aplicó de forma localizada en cada planta de acuerdo al estado fisiológico y la dosis requerida para cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo, respectivamente en cada sistema de labranza como se describe en la Tabla 17.

Tabla 17

Dosis y frecuencia de aplicación del compost por tratamiento en el cultivo de fréjol

Estado fisiológico de aplicación	Tiempo (días)	Dosis m ³ (Doble excavado)	Dosis en m ³ (labranza convencional)	Forma de aplicación
Emergencia	15	0.006	0.003	
Llenado de primeras hojas	30	0.006	0.003	
Crecimiento vegetativo	45	0.006	0.003	
Antes de la floración	60	0.006	0.003	por sitio
Formación de vainas y llenado de granos	75	0.006	0.003	
Total de compost		0.030	0.015	

Mientras que la fertilización convencional se realizó con el fertilizante químico Triple 15 (N-P-K), el contenido de nitrógeno en el suelo de los dos sistemas de labranza fue alto, por lo que el aporte fue bajo. La aplicación se realizó acorde a lo descrito en la Tabla 18.

Tabla 18

Dosis y frecuencia de aplicación del fertilizante químico (15-15-15) por tratamiento en el cultivo de fréjol

Estado fisiológico de aplicación	Tiempo (días)	Doble excavado dosis en Kg	Labranza convencional dosis en Kg	Forma de aplicación
Emergencia	15	0.162	0.08	
Llenado de primeras hojas	30	0.162	0.08	
Crecimiento vegetativo	45	0.162	0.08	
Antes de la floración	60	0.162	0.08	por sitio
Formación de vainas y llenado de granos	75	0.162	0.08	
Total de fertilizante		0.81	0.40	

c) Aporque

El aporque se realizó a los 30 días después de la siembra, manualmente con azadón, con la finalidad de mejorar la aireación en el suelo y el control oportuno de malezas. También se aporcó después de cada fertilización con el fin de cubrir los fertilizantes empleados (Figura 21).



Figura 21. Aporque del cultivo de fréjol.

d) Controles fitosanitarios

Se controló la presencia de plagas tales como: mosca blanca, lorito verde y los minadores de hojas, empleando trampas de colores adhesivas amarillas. Estas trampas fueron colocadas dentro del cultivo a 10 cm por encima del follaje. Asimismo se aplicó los plaguicidas e insecticidas del sistema tradicional del fréjol en menor cantidad en el manejo convencional.

En tanto que en los tratamientos que incluyeron abonos orgánicos se utilizó un macerado de cebolla, ajo y ají diluidos al 4%, de igual forma se empleó bacillus subtilis a razón de 5ml/litro de agua para plagas; mientras que el caldo bordelés se empleó para el control de las enfermedades fúngicas tales como mancha anillada, antracnosis y roya.

Se realizó un total de 3 aplicaciones siendo a los 15, 30 y 45 días después de la siembra durante el ciclo de cultivo con los productos que se encuentran descritos en la Tabla 19.

Tabla 19

Productos empleados en el control fitosanitario de plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol

Producto	Presentación	Dosis por litro
Fitoraz	500 g	2.5 g
Finidor	250 cc	0.4 cc
Novak	250 cc	1.25 cc
Bogar	100 cc	0.5 cc
Fosetil Aluminio	250 g	1.25 g
Bacillus subtilis	1 L	250 ml
Caldo bordeles	100 gr	20 g
Macerado orgánico	Litros	4 l / 20 litros

e) Riegos

El riego en el cultivo se realizó por aspersión durante 6 horas en la noche a fin de evitar el efecto lupa durante el día, según el requerimiento del cultivo esto en concordancia con las condiciones climáticas (Figura 22). Debido a que los requerimientos hídricos del fréjol en el área de estudio es de 300 a 400 ml por ciclo según el aporte de (Peralta, y otros, 2010), se proporcionó el riego al cultivo con una frecuencia de cada 8 días.



Figura 22. Riego por aspersión empleado en el cultivo de fréjol.

3.3.7. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual a los 100 días del ciclo del cultivo, en tierno, recogiendo las vainas que presenten madurez fisiológica de cada unidad experimental.

3.5. Análisis de Datos

Una vez recolectado los datos de las variables, se realizó un análisis de varianza con modelos lineales generales y mixtos. A través del programa InfoStat 2.0 versión 2017, por la existencia de diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Fisher's Least Significant Difference (LSD) al 5%.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó 9 variables siendo análisis de completo de suelo al inicio y al finalizar el ciclo de cultivo, altura de planta, análisis foliar para determinar el contenido de macro y micronutrientes, densidad aparente, nodulación en raíces, incidencia y severidad de principales plagas y enfermedades, rendimiento y análisis financiero. Los resultados respuesta a los objetivos planteados en la investigación se dan a conocer en orden cronológico a continuación.

4.1. Análisis de suelo

Para medir esta variable se realizó un análisis 15 días previos a la siembra y a la fertilización (Temporada 1), mientras que el segundo análisis de suelo se realizó al finalizar el ciclo del cultivo de fréjol, que corresponde a 100 días después de la siembra (Temporada 2).

4.1.1. Conductividad Eléctrica CE del suelo

La conductividad eléctrica (CE) en la Temporada 1, muestra una estabilidad no mayor de 0.10 mS cm^{-1} en doble excavado (DE) 0.14 mS cm^{-1} en labranza convencional (LC). Mientras que en la Temporada 2, aplicando los tratamientos con DE, se obtuvo un incremento de 63% con fertilización química y de 19% con compost, mientras que con la aplicación de biol se mantuvo la conductividad inicial. De igual forma, en LC con la incorporación de fertilizante químico y compost existió un mayor incremento en la CE siendo superior en un 66% y 23%, respectivamente, comparado al biol.

Gallart (2018), menciona que la CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, a mayor CE, mayor es la concentración de sales, en tanto que una baja CE favorece una mayor eficiencia en la fertilización y reduce problemas por fitotoxicidad en el cultivo.

De acuerdo a Rodríguez, Moreno, Díaz y Larreal (2006), una alta CE en el suelo tiene influencia en la disponibilidad de agua, nutrientes para las plantas y los microorganismos en el suelo; por ello, es necesario mantener una CE $< 2 \text{ mS cm}^{-1}$. En esta investigación, los rangos de salinidad fueron de 0.10 mS cm^{-1} antes de la siembra y 0.41 mS cm^{-1} al finalizar el ciclo del cultivo (Figura 23). Siendo el biol el mejor acondicionador de este parámetro ya que en los dos tipos de labranza muestra el resultado más bajo (0.10 a 0.12 mS cm^{-1}), a pesar de no superar los índices máximos de la CE del suelo para la producción del fréjol ($< 2 \text{ mS cm}^{-1}$; Can, et al., 2017).

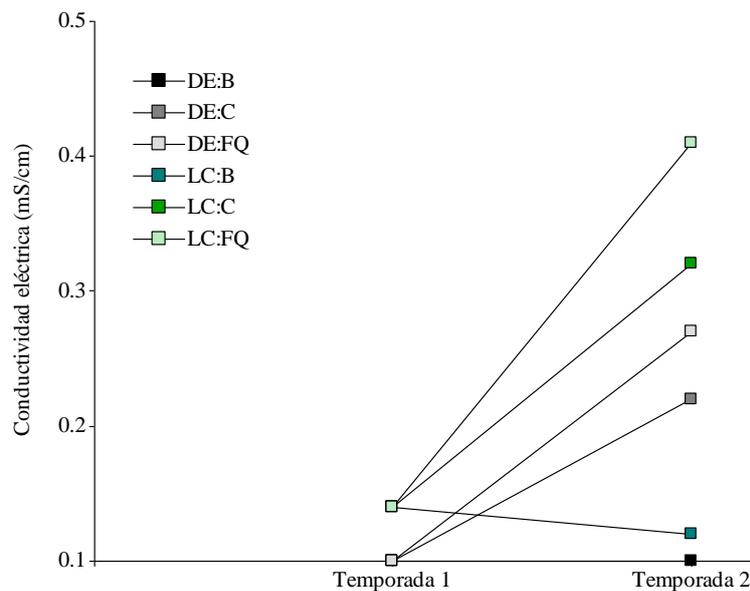


Figura 23. Conductividad eléctrica del suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ labranza convencional con fertilización química.

Bautista, Etchevers, del Castillo, y Gutiérrez (2004), mencionan que los fertilizantes minerales incrementaron la salinidad del suelo en un 20%, debido a la influencia de la actividad microbiana en la mineralización de la materia orgánica. De igual forma un estudio realizado por Jácome, Peñarrete y Daza (2013), bajo dos sistemas de labranzas con fertilización orgánica, química y combinada que presentaba una CE inicial de 0.23 mS cm^{-1} , al finalizar el ciclo de cultivo fue reducida entre un 20% y 30%. Estos resultados indican que la fertilización orgánica no incrementa la CE del suelo hasta un umbral que pueda afectar la calidad del suelo. Dichos estudios coinciden con lo obtenido en la presente investigación puesto que el incremento de la CE, en la segunda temporada no fue representativa.

4.1.2. pH del suelo

El pH inicial del suelo (Temporada 1) fue ligeramente alcalino (7.7). Estos niveles descendieron en la Temporada 2, a 7.0 (neutro) y 6.0 (ligeramente ácido) en los tratamientos DE:FQ y LC:FQ, respectivamente. En los otros tratamientos no hubo variación en el pH del suelo. Los resultados en la investigación se encuentran dentro del rango establecido para la producción de fréjol (5.5 a 7.7; Bejarano y Méndez, 2004).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Pedroza y Samaniego (2003), quienes han señalado que la aplicación de estiércol y compost eleva el pH de los suelos debido a que los niveles de las bases cambiables que estos presentan, están influenciados directamente por calcio y magnesio, es así que en la Temporada 2, se evidenció un incremento del 1.22% en el DE:B y DE:C, mientras que en LC:C el incremento fue del 2.53%.

De igual forma coincide con los resultados reportados por López, Díaz, Martínez y Valdez (2001), quienes concluyeron que la aplicación de residuos orgánicos en el suelo eleva el pH, debido a que cada compuesto orgánico posee su propio pH, por ello se debe utilizar bien descompuestos o regular el pH antes de ser aplicado al suelo (Figura 24).

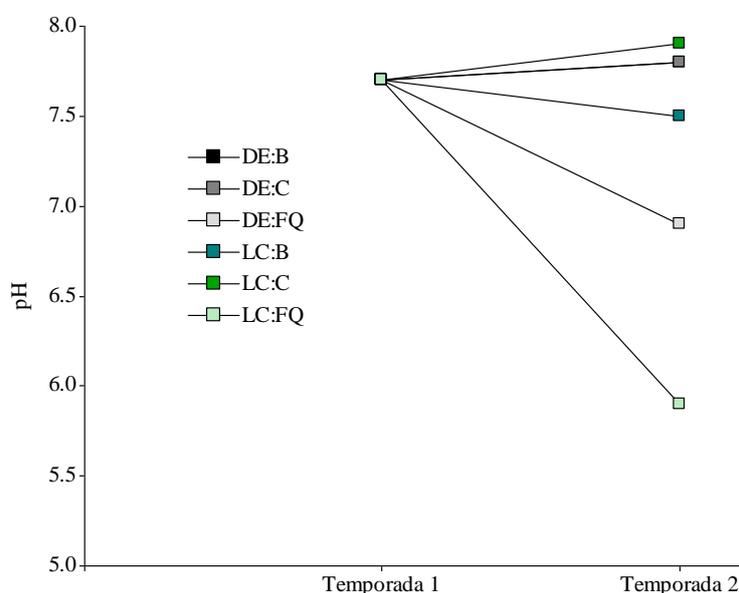


Figura 24. pH del suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

4.1.3 .Contenido de macronutrientes en el suelo

a) Nitrógeno (N)

En la Figura 25, se presentan los resultados de contenido de nitrógeno en el suelo. La Temporada 1 corresponde al muestreo realizado antes de la fertilización y la aplicación de los tratamientos. En labranza convencional (LC) independientemente de la fertilización presentó un contenido de nitrógeno en el suelo superior al 30%, comparados con los tratamientos con doble excavado (DE). Mientras que en la Temporada 2 entre los tratamientos de LC:FQ presentó un contenido de nitrógeno en el suelo superior en un 58% y 74% comparados al compost y biol, respectivamente. En el DE:FQ presentó un contenido de nitrógeno en el suelo superior en un 40% y 65% comparados con los tratamientos que incluyen compost y biol, respectivamente.

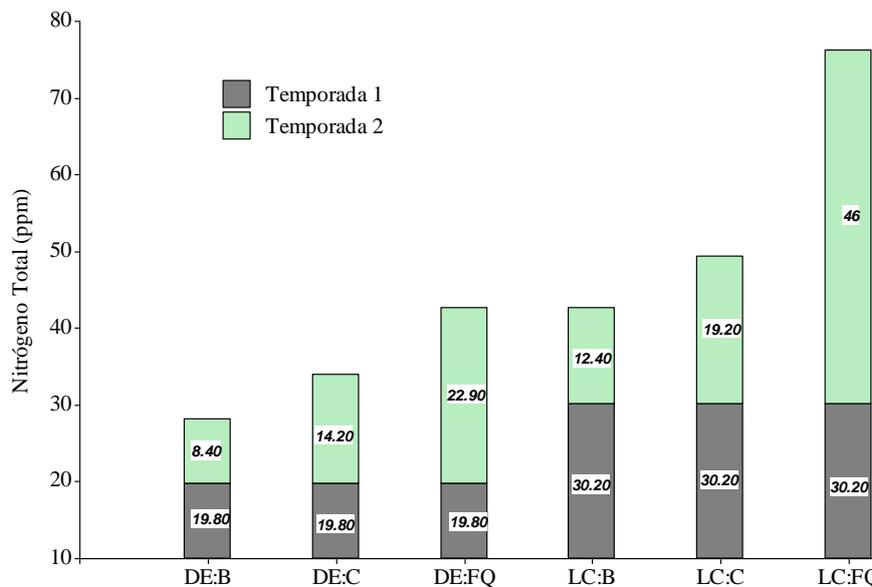


Figura 25. Contenido de nitrógeno del suelo en la temporada 1 y 2 en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

b) Fósforo (P)

El contenido de fósforo en el suelo en la Temporada 1, presentó niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron en todos los tratamientos. En labranza convencional los tratamientos LC:C y LC:FQ presentaron muy alta

disponibilidad, con supremacía de fertilización química, mientras que el tratamiento LC:B presentó una media disponibilidad. La fertilización química fue superior en un 19% comparado con compost y 74% con biol.

En doble excavado los tratamientos de DE:FQ y DE:C presentaron una alta disponibilidad de fósforo en el suelo, mientras que DE:B presentó una media disponibilidad. Los tratamientos con fertilización química y compost fueron similares y superior en un 43% con respecto al DE:B (Figura 26).

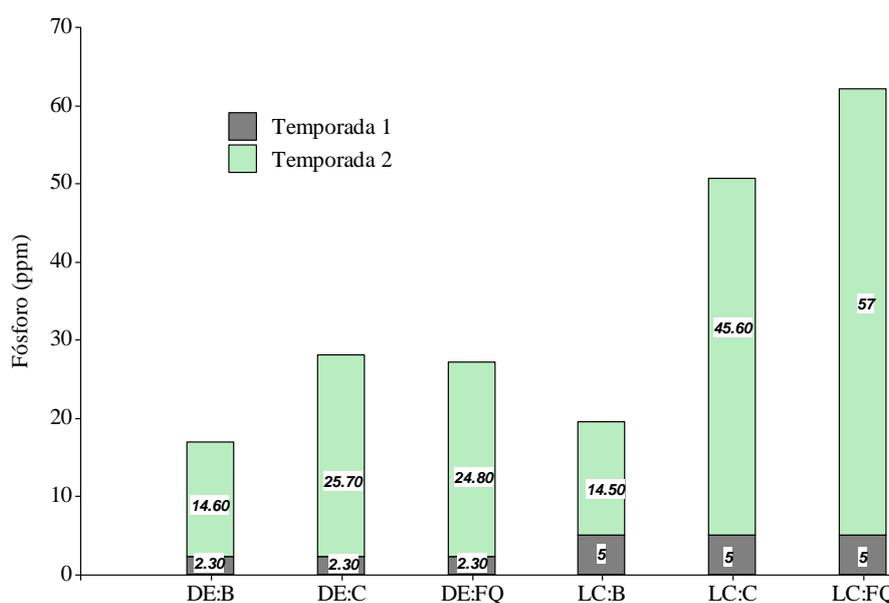


Figura 26. Contenido de fósforo del suelo en la temporada 1 y 2 en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE: C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

c) *Potasio (K)*

En la Figura 27, se presentan los resultados de contenido de potasio en el suelo. La Temporada 1 corresponde al muestreo realizado antes de la fertilización y la aplicación de los tratamientos, en donde se evidenció niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron en la mayoría de tratamientos, a excepción del DE:B que mantuvo una baja disponibilidad. La labranza convencional (LC) independientemente de la fertilización presentó un contenido de potasio en el suelo superior en un 54% a los tratamientos con doble excavado (DE).

Mientras que en la Temporada 2, entre los tratamientos de LC:C se observó una disponibilidad muy alta de potasio en el suelo superior en un 30% y 68% a la LC:FQ y LC:B, respectivamente. En el DE:C presentó una disponibilidad media de potasio en el suelo, siendo superior en un 153% en DE:FQ y 122% al DE:B, respectivamente.

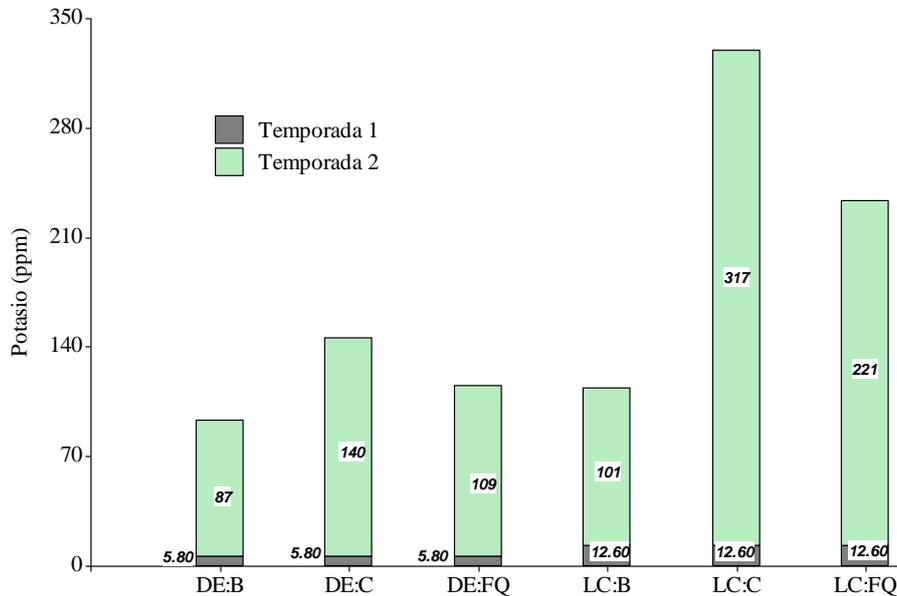


Figura 27. Contenido de potasio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

d) Magnesio (Mg).

El contenido de magnesio en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron en todos los tratamientos. En la labranza convencional la disponibilidad alta de magnesio en el suelo en los tratamientos fluctúa entre 91 y 111 ppm, siendo superior LC:C. La fertilización con compost fue superior solo en un 2% y 18% a la LC:B y LC:FQ, respectivamente, (Figura 28).

Los tratamientos con doble excavado, presentaron una alta disponibilidad de magnesio en el suelo. Los tratamientos con compost fueron superiores en un 3% y 9% al DE:B y DE:FQ, respectivamente. Es importante mencionar que en la disponibilidad de este mineral, en las dos fertilizaciones orgánicas mostraron ser más eficientes que la fertilización química, sin importar el tipo de labranza (Figura 28). De acuerdo a Navia, Zemanate, Morales, Prado y Albán (2013) la concentración de Mg está relacionada con el pH del suelo, ya que a menor

nivel de pH presenta una baja concentración de este elemento, en este estudio con la aplicación de FQ, el pH del suelo descendió. En tanto que con la incorporación de abonos orgánicos no hubo variación.

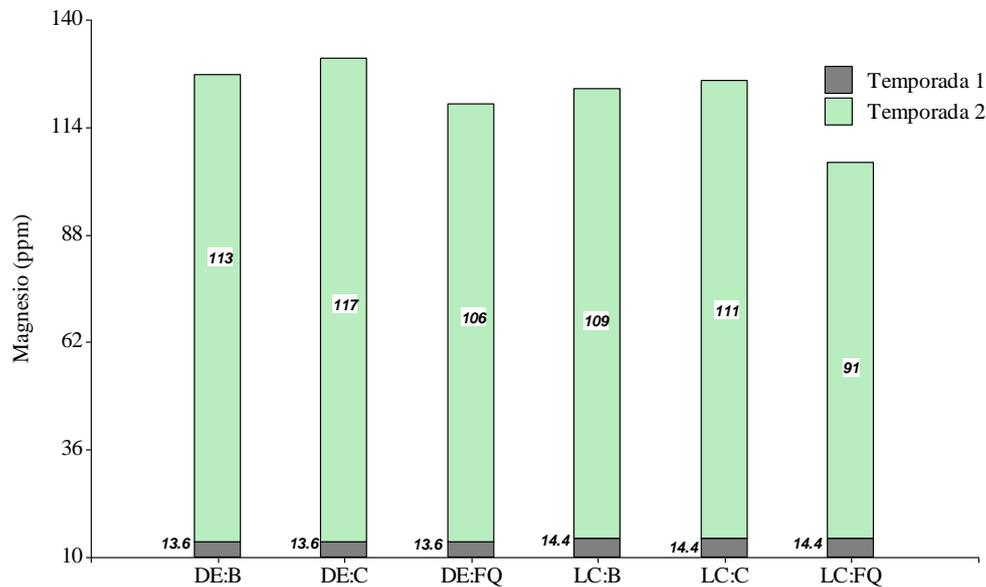


Figura 28. Contenido de magnesio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

e) Calcio (Ca).

El contenido de calcio en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 todos los niveles fluctuaron entre 251 y 286 ppm de disponibilidad alta de calcio en el suelo en todos los tratamientos. La LC:B fue superior un 8% LC:C y 4% LC:FQ. Los tratamiento con doble excavado, la disponibilidad de calcio en DE:C fue superior al DE:B y al DE:FQ en un 2% y 5%, respectivamente (Figura 29).



Figura 29. Contenido de calcio en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

f) Azufre (S)

El contenido de azufre en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. En la Temporada 2 la disponibilidad de este macro elemento en el suelo fue media en la LC:B, mientras que en el resto de tratamientos estos valores se mantuvieron bajos. La LC:C mostró una media disponibilidad, en tanto que LC:B y la LC:FQ presentaron una baja disponibilidad. La LC:C fue superior un 64% a la LC:B y 67% a la LC:FQ. En tanto que en el doble excavado, los tratamientos con fertilización química y compost fueron similares y superior en un 49% al biol (Figura 30).

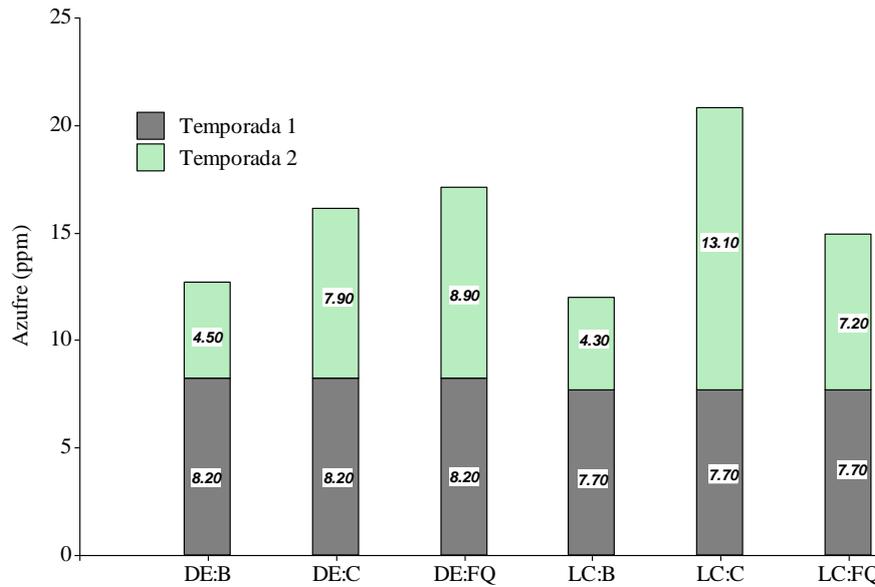


Figura 30. Contenido de azufre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

4.1.4. Contenido de micronutrientes en el suelo

g) Hierro (Fe).

En la figura 31 se evidenció que el contenido de hierro en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron obteniendo la alta disponibilidad en todos los tratamientos. Los tratamientos de LC:FQ fue superior un 41% LC:C y 48% LC:B, respectivamente. Mientras que el DE:C fue superior en un 38% al DE:B y en un 41% al DE:FQ.

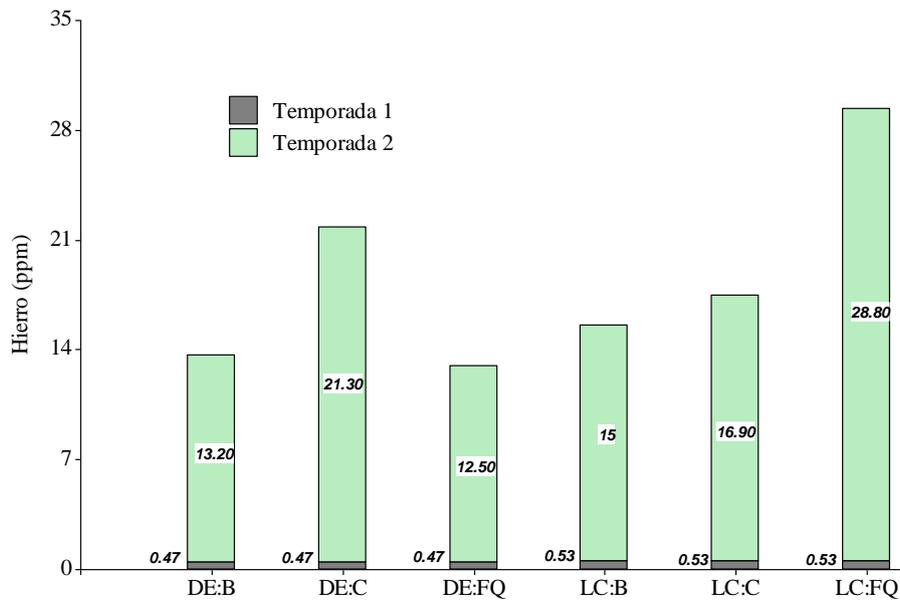


Figura 31. Contenido de hierro en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

h) Manganeso (Mn)

El contenido de manganeso en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2, estos valores aumentaron obteniendo alta disponibilidad en todos los tratamientos. En la labranza convencional la fertilización química fue superior un 71% a la LC:C y 69% a la LC:B. De igual forma en el doble excavado la fertilización química fue superior en un 15% al DE:B y 18% al DE:C (Figura 32).

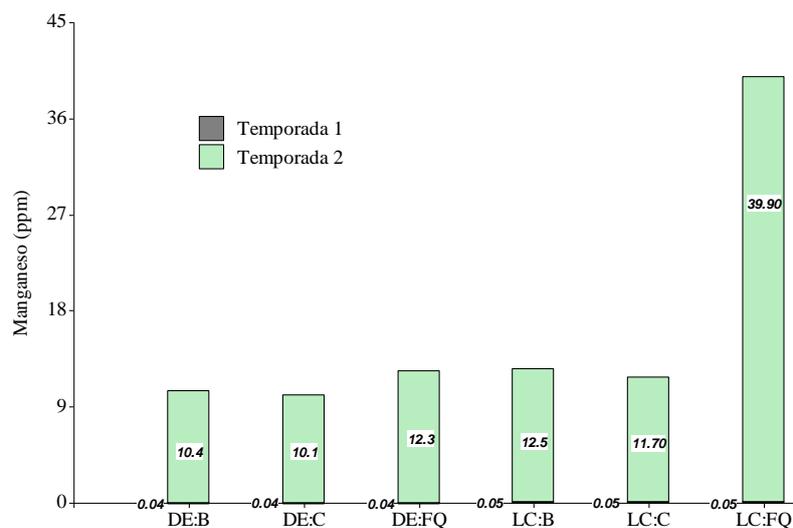


Figura 32. Contenido de manganeso en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

i) Cobre (Cu).

El contenido de cobre en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron obteniendo alta disponibilidad en todos los tratamientos. En la labranza convencional la fertilización química fue superior un 30% a la LC:C y 33% a la LC:B, respectivamente. Sin embargo, los tratamientos de DE:B fueron superiores en un 6% al DE:C y al DE:FQ (Figura 33).

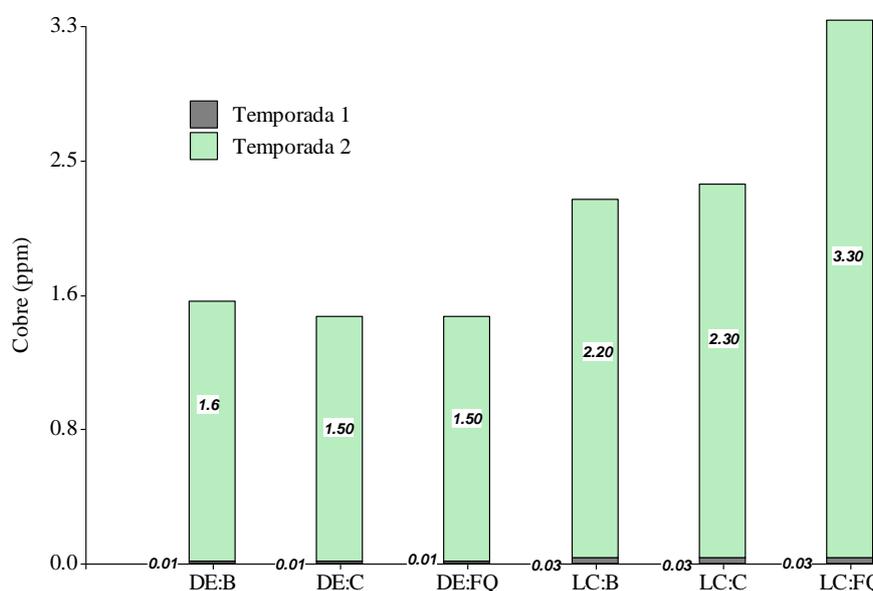


Figura 33. Contenido de cobre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

j) Zinc (Zn).

En la figura 34, el contenido de zinc en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. Sin embargo, en la Temporada 2 estos valores aumentaron obteniendo alta disponibilidad en todos los tratamientos. La LC:C fue superior un 70% a la LC:B y 72% a la LC:FQ, respectivamente. En tanto que, en el doble excavado la fertilización química fue superior en un 23% al DE:C y 20% al DE:B, respectivamente.

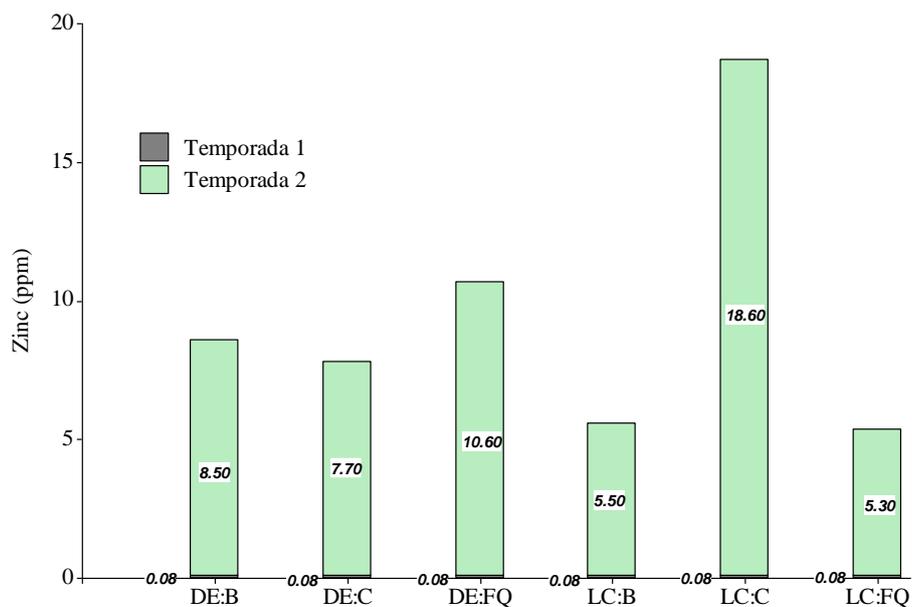


Figura 34. Contenido de cobre en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

k) Boro (B).

El contenido de boro en el suelo en la Temporada 1 se encontraba en niveles de muy baja disponibilidad. De igual forma, en la Temporada 2 mantuvieron baja disponibilidad en todos los tratamientos. En la labranza convencional la fertilización química fue superior un 8% a la LC:C y 34% a la LC:B, respectivamente. Sin embargo, el DE:FQ fue superior en un 8% al DE:C y 5% al DE:B (Figura 35).

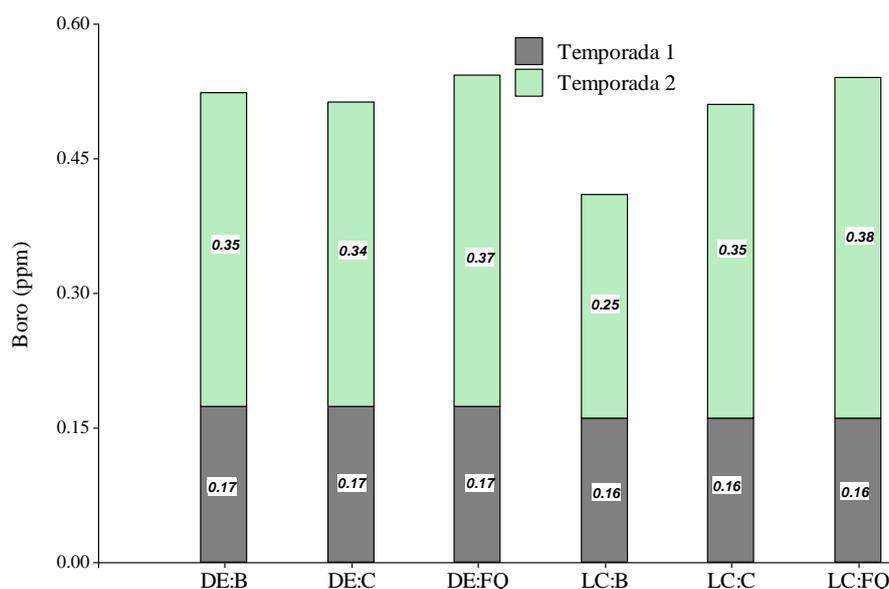


Figura 35. Contenido de boro en el suelo en la temporada 1 y 2 del cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

El mayor incremento de la disponibilidad de los macronutrientes primarios en el suelo en la Temporada 2 fue diferente para cada elemento, siendo el nitrógeno con fertilización química, fósforo con fertilización química y compost y el potasio con compost en LC y DE, respectivamente. Mientras que el incremento de magnesio y calcio fue similar en todos los tratamientos independientemente del tipo de labranza y tipo de fertilizante. El mayor incremento de azufre se obtuvo en LC:C y en DE: FQ y DE:C.

El mayor incremento de micronutrientes se describe a continuación: el hierro en LC:FQ y en DE:C; el manganeso y cobre en LC:FQ y en el resto de tratamientos fueron similares entre si, el zinc en LC:C y en doble excavado fue similar en todos los tratamientos. En tanto que, el incremento de boro fue similar en todos los tratamientos independientemente del sistema de labranza y de la fuente del fertilizante.

De acuerdo a Rodríguez, Marcano y Montaña, (2004) la alta disponibilidad de los macro y micro nutrientes en el suelo se debe al uso combinado de fertilizantes orgánicos y minerales, debido a que el abono orgánico contribuye a incrementar la retención de la humedad, aumentando la eficiencia del uso de los abonos inorgánicos, con ello existe menor lavado de nutrientes, mayor actividad de los microorganismos del suelo y liberación de nutrientes de los compost a largo plazo. En esta investigación no se combinó los fertilizantes orgánicos con el mineral, sin embargo el incremento de los macro y micronutrientes en el suelo en la Temporada fue del 50% con biol, compost y fertilizante químico, independientemente del sistema de labranza empleado.

López, Díaz, Martínez y Valdez (2001), en un estudio realizado bajo sistema de labranza convencional, mencionan que mediante la incorporación de estiércol bovino y composta obtuvieron un incremento del 15% el contenido de nitratos y fósforo después del ciclo de cultivo. Debido a que los abonos orgánicos liberan nutrientes durante su mineralización. Datos similares se obtuvieron en esta investigación el incremento fue superior con compost y fertilización química en labranza convencional, para los macronutrientes nitrógeno y fósforo fue del 14 y 97%, respectivamente.

Fernández y Rodríguez (2015) mencionan que los microorganismos que se encuentran en el biol facilitan de manera directa o indirecta, la disponibilidad de determinados nutrientes tales como: el nitrógeno, el fósforo y el agua, además de producir sustancias denominadas fitohormonas promotoras del crecimiento vegetal. En este estudio el biol no favoreció en el incremento de N y P, sin embargo en la Temporada 2 aumento el contenido de K, Ca, Mg, Mn y Zn en un 50%.

Beltrán et al.(2016) y Reyes et al. (2017) demostraron que la cantidad de materia orgánica y balances de la relación de C:N conjuntamente con la humedad del suelo influyen directamente en la mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. En esta investigación pese a que en la Temporada 1 en doble excavado, al dar la vuelta la capa arable del suelo y realizar la doble excavación a 60 cm de profundidad en la que se realizó una mezcla de distintos horizontes del suelo. Por el ello el contenido de macro y micronutrientes fue bajo comparado con LC. Sin embargo el DE facilitó la mineralización de la materia orgánica permitiendo incrementar el P en un 90%, K en un 95%, Mg en un 88% y Ca en un 94% en los dos sistemas de labranza y Fe en un 98% en doble excavado.

En un estudio realizado por Olivares, Hernández, Vences, Jáquez y Ojeda (2012) en lechuga con 6 tratamientos siendo compost, urea, combinada y el testigo en el cultivo de lechuga en un suelo aparentemente pobre en nutrientes. Al finalizar el ciclo obtuvieron un incremento del 40%, respecto a N obtuvo mayor incremento en lombricompost con un contenido de 463.90 ppm, siendo superior en un 6% al resto de tratamientos. En K el incremento fue del 0.12% en compost, respecto a Ca no hubo diferencias significativas, mientras que en Mg la mayor concentración se obtuvo en compost en 0.52%. En tanto que en los micronutrientes en Cu y Zn no presentaron diferencias significativas, debido a que la concentración promedio fue de 19 ppm y 128 ppm, respectivamente. El Fe presentó una concentración de 93 ppm, en Mn el mayor contenido fue con urea siendo de 177ppm. En los resultados de este estudio el contenido de N en el suelo fue inferior en 85% a lo reportado, mientras que el resto de macronutrientes y micronutrientes obtuvieron un incremento del 50% independientemente de la fuente de fertilizante y del sistema de labranza.

La utilización de abonos orgánicos y mejoradores del suelo es debido a su contribución de materia orgánica y nutrientes, principalmente N y P (Fuentes, Bolan, Naidu y Mora, 2006), ya que la mayoría del N que se encuentra en los suelos (98%), se asocia con el material orgánico y del 33 al 67% del P total (Castellanos, Uvalle y Aguilar, 2000). Para Melgarejo, Ballesteros y Bendeck (2002), la disponibilidad de los nutrientes en los abonos orgánicos no depende de su contenido total en el material, sino de la dinámica del proceso; así algunos elementos pueden llegar a estar más disponibles por efecto del pH, de la humedad y de la aireación; o en los compostajes sin lombrices, por la temperatura alcanzada que permite el desarrollo de organismos especializados (Melgarejo et al. 2002). Cruz et al.,(2004), en su estudio de “La calidad del suelo y sus indicadores” establecen que las cantidades altas de N y P inciden en un buen grado de fertilidad.

4.2. Altura de planta

En la tabla 20, el análisis estadístico mostró que existió una interacción entre los sistemas de labranza, fuente de fertilizante y los días después de la siembra ($F=3.18$; $gl=4$, 520; $P=0.0134$) para la variable altura de planta.

Tabla 20

Esquema del ADEVA de altura de planta a los 10,20 y 40 días después de la siembra en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	520	2.26	0.1336
Fertilizante	2	520	4.28	0.0143
dds*	2	520	1418.24	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	520	4.45	0.0121
Labranza: dds*	2	520	7.21	0.0008
Fertilizante: dds *	4	520	1.44	0.2188
Labranza: Fertilizante: dds*	4	520	3.18	0.0134

*Días después de la siembra

Presenta la variable altura de planta la cual tuvo 3 lecturas, a los 10, 20 y 40 días después de la siembra en donde el fréjol presenta su mayor desarrollo. La prueba de medias LSD-Fisher indica que a los 40 días presentan una altura mayor comparado a 20 y 10 días.

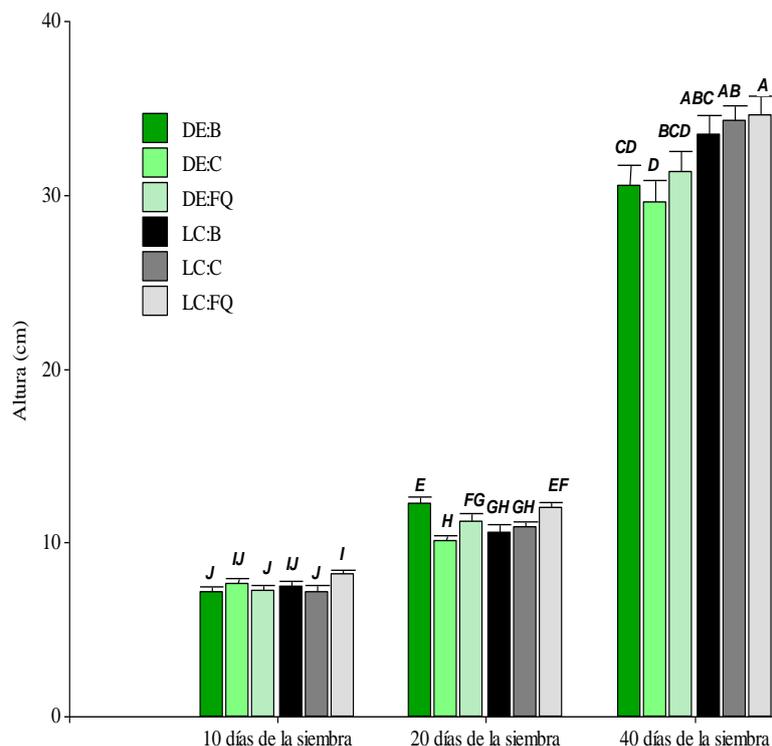


Figura 36. Altura de la planta de fréjol a los 10,20 y 40 días después de la siembra.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

A los 10 días después de la siembra, en LC: FQ presentó mayor altura de planta con una media 8.19 cm, mostrando similitud con el DE:C y DE.B. Siendo superiores a los tratamientos que integran DE:FQ, LC:C y DE:B que presentaron una media de 7.20 cm. En tanto que, a los 20 días el DE:B presentó mayor altura que el resto de tratamientos con una media de 12.26 cm, mostrando similitud en LC:FQ con una media de 12.04 cm. De igual forma la LC:FQ fue similar en DE:FQ con un a media de 11.25 cm. Mientras que el resto de tratamientos se obtuvo menor altura con un promedio de 10 cm (Figura 36).

Mientras que a los 40 días después de la siembra, el crecimiento de la planta fue mayor en LC:FQ con una media de 34.59 cm, comparado al DE:FQ, DE:B y al DE:B, que presentarán una media de 31 cm, pero mostró similitud en LC:C y LC:B.

El mayor crecimiento de la planta en labranza convencional se debe a que inicialmente el suelo era mas nutrido en comparación al doble excavado, lo cual se pudo evidenciar mediante el análisis químico inicial del suelo, asimismo la disponibilidad de nutrientes con

fertilización química es inmediata, debido a que no necesita descomponerse en su totalidad para ser asimilado como sucede en los abonos orgánicos. Sin embargo un estudio realizado por Bejarano y Méndez (2004), en fréjol empleando (testigo), fertilización química, biol al 5 % , Biol al 10 % , humus de lombriz (360 kg ha^{-1}) en labranza convencional y labranza cero, a los 30 y 60 días obtuvieron alturas superiores con abonos orgánicos 19.25 cm y 24.73cm, respectivamente, mientras que los 90 días la mayor altura fue con fertilización química con 33.77 cm. En esta investigación a los 10 dds la mayor altura fue en LC:FQ con 8 cm y a los 20 días fue en DE:B con 12cm, es importante resaltar que la altura obtenida a los 40 dds fue superior a que obtuvieron los autores antes mencionados a los 90 días.

En tanto que, el menor desarrollo a los 20 días después de la siembra, se obtuvo en DE.C 10.10 cm, lo cual no coincide con lo mencionado por la FAO (2000), quien señaló que el doble excavado permite incrementar en un 30% el crecimiento de las plantas, ya que las raíces crecen con mayor facilidad, mejorando el aprovechamiento de nutrientes.

Julon (2016), manifiesta que los bioles debido a las hormonas vegetales que poseen y en concentraciones de entre 20 y 50% estimula el crecimiento de las plantas. De igual forma Rengifo (2014) afirma que el incremento de altura de planta es con base a la concentración del Biol. En el cultivo de pasto *Brachiaria* en los tratamientos evaluados, el T0 al (10%) con 74.40 cm y el T5 al (20%) 116.80 cm alcanzó una altura superior. En este estudio la concentración empleada de biol fue del 20%, la altura de planta fue superior en 10% con respecto a los otras fuentes de fertilización.

Gómez, Lázaro y León (2008), mencionan que al aplicar 5 kg/m^2 compost en las camas de doble excavado en vainita, mejoró las propiedades del suelo facilitando la asimilación de nutrientes disponibles en el suelo, como el nitrógeno que interviene en el crecimiento de las plantas. En T1 (testigo) y T2 (compost a razón 5 tn ha^{-1}), obteniéndose mayor altura en T2 con una media de 53 cm con respecto al T1 con 43 cm altura a los 45 días después de la siembra.

4.3 . Análisis foliar (concentración de macro y micronutrientes)

El contenido de macro y micronutrientes se interpretó con base a los rangos óptimos establecidos para el cultivo de fréjol arbustivo mencionados por Meléndez, Molina, CIAT y UCR (2011), el cual se encuentra descrito en la metodología en la Tabla 10.

4.3.1. Macronutrientes

Los macronutrientes primarios y secundarios N, P, K, Ca, Mg y S, son aquellos que la planta los necesita en mayor cantidad para el adecuado crecimiento y desarrollo fisiológico, se encuentran expresados en porcentajes.

a) Nitrógeno (N)

En la figura 37, la concentración de nitrógeno a nivel foliar fue adecuado, en doble excavado fue superior con fertilización química en 14.3% con respecto al compost y en 10.06% al biol. De igual forma, un comportamiento similar sucedió en labranza convencional en donde la supremacía de asimilación fue en la fertilización química, con 1.5% al compost y 8.6% al biol.

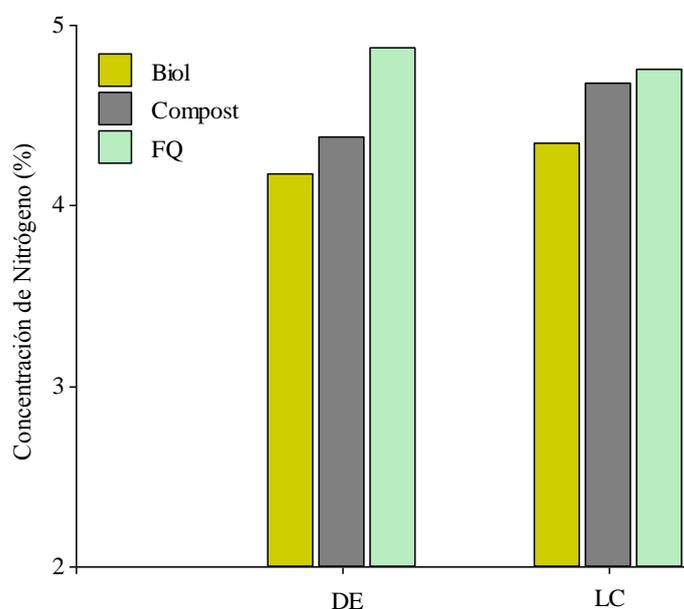


Figura 37. Concentración de nitrógeno a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

b) Fósforo (P)

La disposición de fósforo a nivel foliar fue alto ($>0.50\%$), en los dos sistemas de labranza independientemente del tipo de fertilizante. Se asimiló de mejor manera en labranza convencional con compost y biol, en tanto que el fertilizante químico predispone mayor asimilación de este macronutriente en doble excavado (Figura 38).

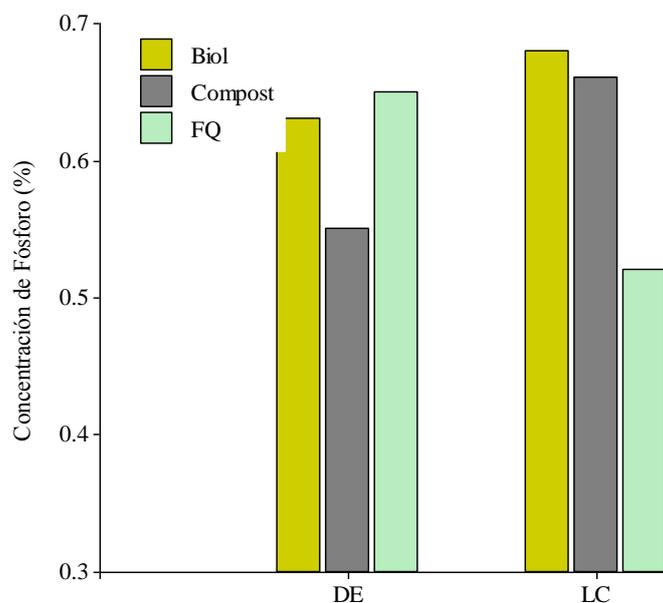


Figura 38. Concentración de fósforo a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

c) Potasio (K)

El contenido de potasio (K) a nivel foliar obtuvo niveles óptimos o normales (2 a 4%) en todos los tratamientos en estudio. El doble excavado fertilizado con compost (3.2%) obtuvo mayor concentración con respecto a la labranza convencional. La predisposición de k con los tres fertilizantes fue similar siendo superior al 2.5% independientemente del tipo de labranza (Figura 39).

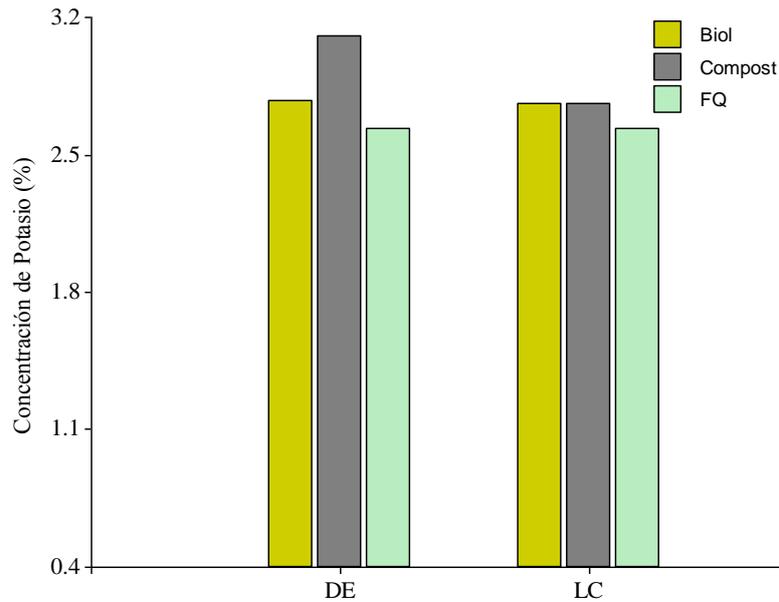


Figura 39. Concentración de potasio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

d) Calcio (Ca).

La concentración de calcio (Ca), a nivel foliar fue alta en todos los tratamientos en estudio (> 2%). En la labranza convencional con fertilizante químico la concentración fue superior comparados con compost y biol (11% y 20.12%), respectivamente. De igual forma en doble excavado la concentración de este macro nutriente fue superior en la fertilización química con respecto al compost y biol en (25% y 19%), respectivamente (Figura 40).

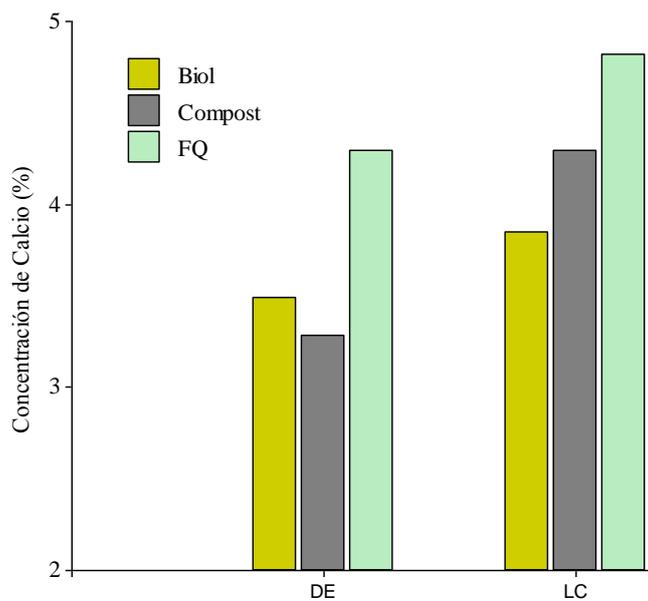


Figura 40. Concentración de calcio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

e) Magnesio (Mg).

En la figura 41, se muestra la predisposición de magnesio (Mg) a nivel foliar, misma que presentó niveles adecuados (0.35 a 1.30%). Con fertilización química la concentración de este macronutriente fue superior a (1.25%) independientemente del tipo de labranza. En tanto que con abonos orgánicos biol y compost en labranza convencional se obtuvo mayor concentraciones (0.97% y 1.15%), respectivamente. En doble excavado la concentración de Mg con compost y biol fue inferior al 0.80%.

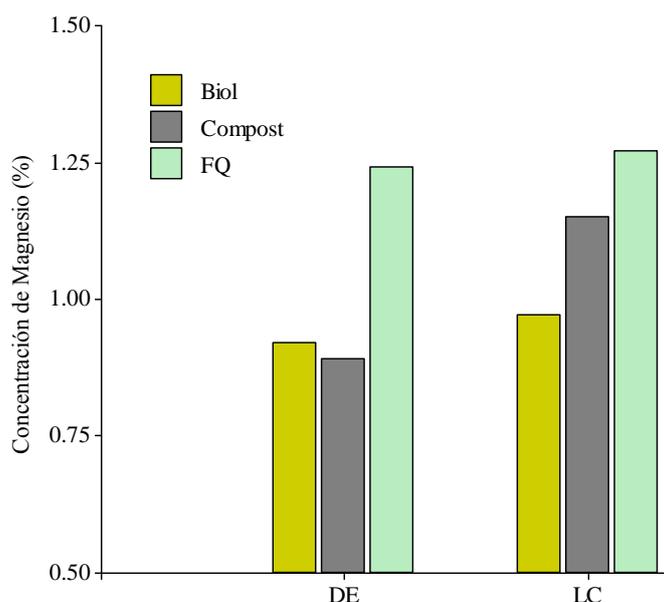


Figura 41. Concentración de magnesio a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

f) Azufre (S).

Los niveles de concentración de azufre (S) a nivel foliar, fueron adecuados en doble excavado con biol y compost. Mientras que en doble excavado con fertilizante químico y labranza convencional con los tres tipos de fertilización se obtuvo concentraciones altas (> 30%) para este macronutriente secundario. La concentración foliar fue superior al 0.35% en la labranza convencional con biol y el compost; y, en doble excavado para fertilizante químico. La menor concentración se evidenció en doble excavado con 0.28% para los abonos orgánicos (Figura 42).

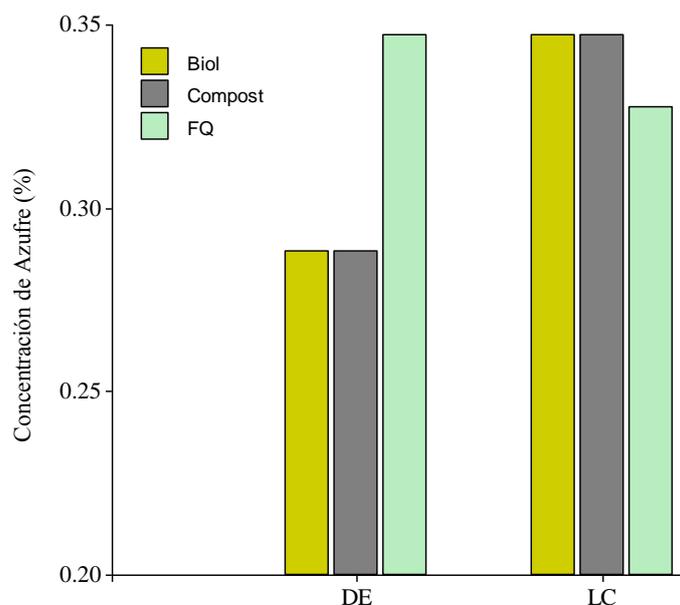


Figura 42. Concentración de azufre a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

Con respecto al contenido de micronutrientes, la planta los necesita en menores cantidades para cumplir las funciones vitales, en este estudio se describió a los más relevantes siendo el B, Zn, Cu, Fe y Mn los cuales están expresados en partes por millón (ppm).

4.3.2 .Contenido de micronutrientes

g) Boro (B).

Los niveles de boro (B) a nivel foliar fueron bajos en labranza convencional con compost y fertilización química y en doble excavado con fertilización química (<20ppm). Solo en doble excavado con biol los niveles de B, fueron óptimos (20-30 ppm). Mientras que en doble excavado con abonos orgánicos los niveles de este micronutriente fueron altos (>30 ppm).

El contenido de B fue en doble excavado con biol siendo superior en 44% al compost y en 60% a la fertilización química. En doble excavado la concentración de dicho micronutriente fue inferior a 20 ppm para todos los tratamientos (Figura 43).

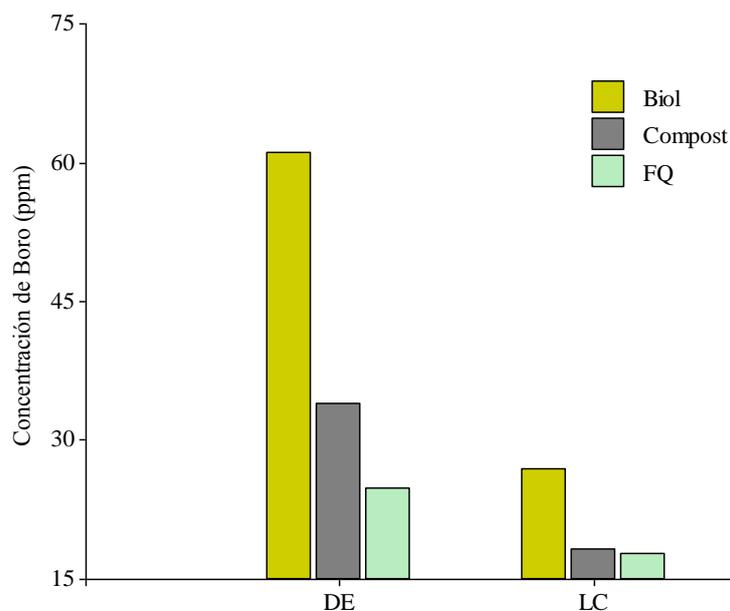


Figura 43. Concentración de boro a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

h) Zinc (Zn).

El contenido de Zn a nivel foliar fue bajo en labranza convencional con los tres tipos de fertilizantes; y, en doble excavado con compost y fertilización química (<25ppm). Mientras que en doble excavado con biol los niveles de este micronutrientes fueron los óptimos (25 ppm).

Las concentraciones más altas a nivel foliar para el Zinc se obtuvo en el doble excavado fertilizado con biol; y, en la labranza convencional fertilizada con biol y compost con valores superiores a 20ppm. Mientras que con fertilizante químico la concentración más alta fue en el doble excavado 17.6 ppm en comparación con la labranza convencional. Sin embargo la concentración de Zn fue menor en relación al biol y el compost (Figura 44).

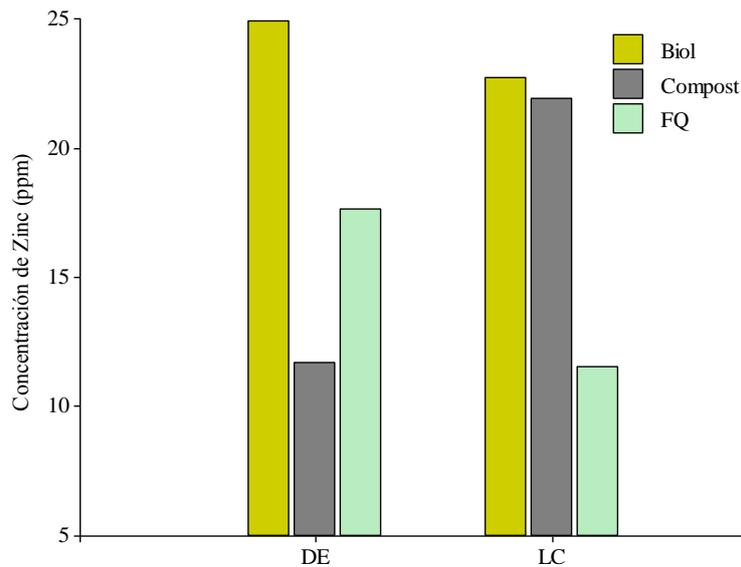


Figura 44. Concentración de zinc a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

i) Cobre (Cu).

El contenido de cobre a nivel foliar fue bajo con la fertilización química en los dos sistemas de labranzas (<15ppm), en doble excavado con biol y compost los niveles fueron óptimos (15-25 ppm). Mientras que en labranza convencional el contenido es alto con biol y compost (>25ppm).

La concentración de cobre fue mayor en la labranza convencional con biol, siendo superior en 37% y 86% a la fertilización química. Los tratamientos fertilizados con compost presenta mayor concentración de cobre a nivel foliar. Para el fertilizante químico la predisposición de este micronutriente es similar en los tipos de labranza, siendo el más bajo en comparación a los abonos orgánicos (Figura 45).

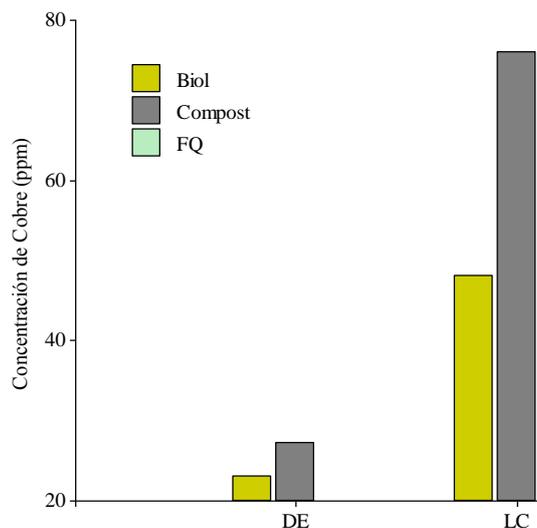


Figura 45. Concentración de cobre a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

j) Hierro (Fe).

La concentración de hierro a nivel foliar presentó niveles óptimos (100-800 ppm), en todos los tratamientos en estudio. En la labranza convencional se obtuvo el mayor incremento de este micronutriente con biol, superior en 6% al compost y 15% al fertilizante químico.

Por otro lado, en el doble excavado la concentración de hierro fue similar con biol y fertilizante químico, pero superiores al compost en 11% (Figura 46).

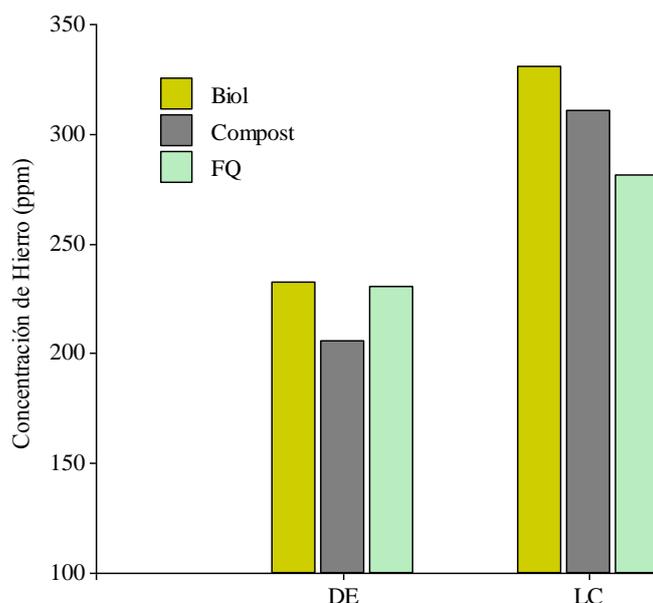


Figura 46. Concentración de hierro a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

k) Manganeso (Mn).

La concentración de manganeso a nivel foliar presentó valores óptimos en todos los tratamientos los cuales están dentro del (80-200 ppm). En la labranza convencional y doble excavado con uso de fertilizante químico las concentraciones fueron similares con una media de 143 ppm. Siendo superiores en doble excavado para el biol y compost en 49% y 44%, respectivamente. Con respecto a la labranza convencional el incremento obtenido con fertilizante químico fue superior para el biol y el compost en 8% y en 18%, respectivamente (Figura 47).

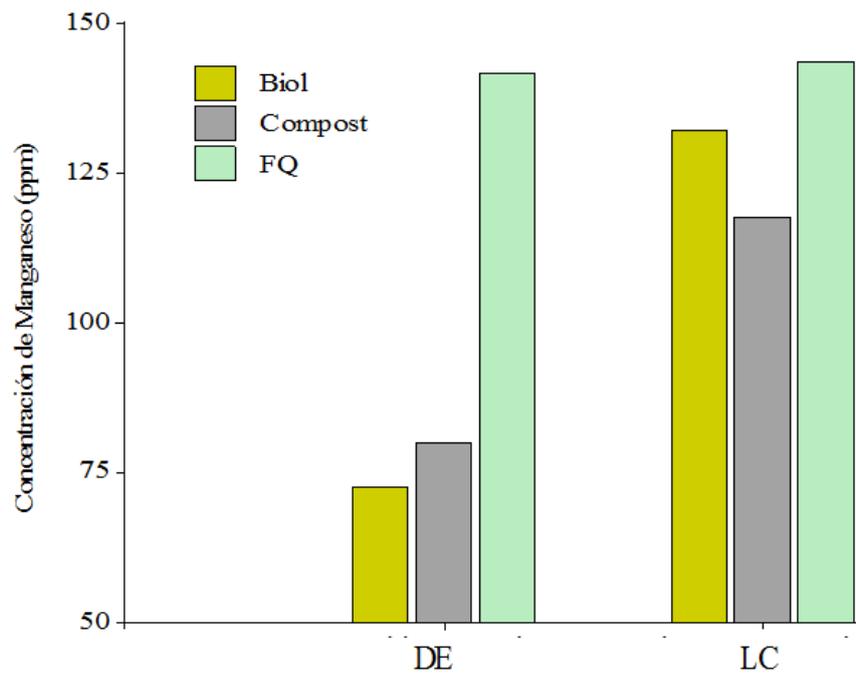


Figura 47. Concentración de manganeso a nivel foliar en el cultivo de fréjol.

El mayor contenido de nitrógeno a nivel foliar, en labranza convencional fue con fertilizante químico y compost, mientras que en doble excavado fue con fertilizante químico. Para fósforo el mayor incremento se obtuvo en labranza convencional con biol y compost; y, en doble excavado con fertilizante químico y biol. La mayor concentración de potasio, en labranza convencional fue similar en todos los tratamientos; y, en doble excavado fue con compost. El calcio y el magnesio obtuvieron mayor contenido con fertilización química en los dos sistemas de labranza. El azufre mostró mayor concentración a nivel foliar con biol y compost en labranza convencional y con fertilizante químico en doble excavado.

Con respecto al contenido de micronutrientes a nivel foliar para boro con la aplicación de biol fue superior en los dos sistemas de labranza, para zinc en labranza convencional fue similar con biol y compost; y, en doble excavado fue superior con biol y fertilizante químico. Para cobre fue con compost y para hierro con biol en los dos sistemas de labranzas, mientras que para el manganeso el incremento en labranza convencional fue similar con biol y fertilizante químico; y en doble excavado el mayor contenido fue con biol.

Los análisis foliares permite identificar el nivel nutricional de las plantas. Debido a que una planta se considera normal cuando sus tejidos contienen los elementos en cantidades y

proporciones adecuadas, es capaz de dar altas producciones y exhibir un buen aspecto visual (Malavolta et al., 1997).

Correndo y García (2012), mencionan que la concentración de nutrientes en la plantas está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas. El contenido de nutrientes en plantas resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo. En esta investigación el contenido de macro y micronutrientes, mantuvo rangos adecuados y altos a nivel foliar. La fácil disponibilidad de nutrientes por parte de los abonos orgánicos y la penetración de la raíces para la correcta absorción de nutrientes esta directamente relacionadas a la concentración de nutrientes a nivel foliar.

En un estudio realizado por Olivares, Hernández, Vences, Jáquez y Ojeda (2012) en el cultivo de lechuga, fertilizado con lombricomposta, fertilización química y el testigo, obtuvieron mayor concentración en Ca siendo del 0.71 %. En el contenido de Mg fue similar en lombricomposta y fertilización química siendo de 0.77 %, siendo superior al testigo. En el resto de macronutrientes evaluados no obtuvieron diferencias significativas. En el presente estudio el contenido de Ca fue superior al 3% con abonos orgánicos y del 5% con fertilización química, en tanto que el Mg en abonos orgánicos fue superior al 0.89% y con fertilización química superior a 1.20 %.

Asimismo de acuerdo a lo mencionado por Meléndez, Molina, CIAT y UCR (2011) de los rangos óptimos para el contenido foliar de macro y micronutrientes en el cultivo de fréjol, el contenido de N fue bajo en DE:B, DE:C y LC:B en el resto de tratamientos el contenido fue suficientes, los niveles de P, Ca y S fueron altos; y, en K y Mg fueron suficientes en todos los tratamientos independientemente del sistema de labranza y de la fuente de fertilizante. Respecto a los micronutrientes el contenido de Fe fue alto, Mn suficiente, Cu con fertilización química fue bajo y con abonos orgánicos fue alto, el Zn fue bajo, el B fue bajo en LC:FQ y en resto de tratamiento fue suficiente.

4.4. Densidad aparente, porosidad y agua en el suelo

El ADEVA muestra que no existió interacción entre sistema de labranza, fuente de fertilizante y profundidad de muestra ($F=0.20$; $gI= 2,20$; $P=0.08182$) para la variable densidad aparente.

De igual forma no hubo interacción entre fertilizante y profundidad de muestra ($F=0.83$; $gl=2,20$; $P=0.04513$), consecuentemente no mostró interacción del sistema de labranza con la muestra, ni con el tipo fertilizante. Asimismo, no hubo efecto de la labranza y el tipo de fertilizante independientemente Tabla 21.

Tabla 21

Esquema del ADEVA de densidad aparente del suelo a dos profundidades 0-20 cm y 20-40 cm en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	1.04	0.4147
Fertilizante	2	20	0.55	0.5834
Labranza: Fertilizante	2	20	0.3	0.7463
Labranza: Profundidad	2	20	0.37	0.6942
Fertilizante: Profundidad	2	20	0.83	0.4513
Labranza: Fertilizante: Profundidad	2	20	0.2	0.8182

Los resultados arrojaron que no hubo diferencia significativa para la densidad aparente entre los tratamientos evaluados. Sin embargo existió una diferencias numéricas en el doble excavado a 20 cm de profundidad la densidad fue mayor, respecto al resto de tratamientos en 3% (Figura 48).

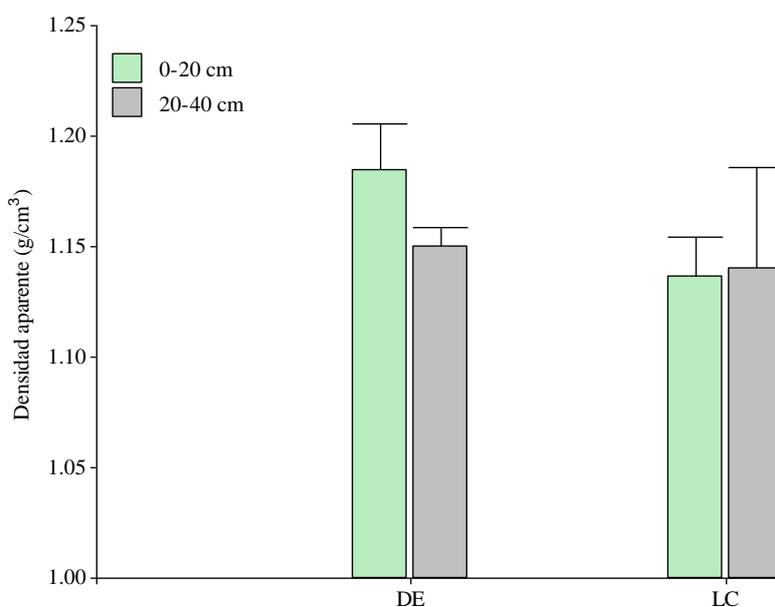


Figura 48. Densidad aparente del suelo a dos profundidades (0-20 y 20-40) cm.

Sin embargo en un estudio realizado en México por Muñoz, Macías, Palomo, Cano y Rivera, (2014), en maíz en un suelo con características físicas del suelo similares e igual manejo con dos tratamientos: labranza convencional y labranza de conservación tipo mantillo con fertilización química nitrógeno 60 kg ha^{-1} y fósforo 90 kg ha^{-1} , medida en dos profundidades 0-10 cm y 10-20cm, obtuvieron densidades elevadas en labranza de conservación valores de 0.55 y 0.66 g cm^3 respectivamente, comparadas a labranza convencional que obtuvo 0.57 y 0.72 g cm^3 respectivamente. En esta investigación no influyó los sistemas de labranza, ni las profundidades puesto que la densidad fue de 1.14 g cm^3 siendo superior en 42 y 37% a los datos reportados, pero fue inferior en 26% a la densidad óptima establecida por Alcalá y Flores, 2010) descrito en la Tabla 13 de metodología.

Sin embargo según (Rucks y Garcia, 2004) un suelo con densidades intermedias son suelos porosos y bien aireados. Por otro lado, si los valores son altos, el suelo es compacto o poco poroso y la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamientos. La densidad aparente en la presente investigación no tuvo efecto en el crecimiento del fréjol, debido a que las alturas obtenidas están dentro de los rangos establecidos para la variable.

Díaz, Ruiz, Álvarez y Castillo (2009), con base a un estudio realizado en caña de azúcar siendo en monocultivo y asociados, la densidad aparente y porosidad, varió de acuerdo a las tecnologías y los estados de muestreo, cuando se cultiva el arroz en secuencia seguida, se afectan por esa acción incrementando de 1.17 a 1.58 g cm^3 y la porosidad se redujo de 51 a 32.4 % en seis años de estudio. Por ello la rotación de cultivos favorecieron la estabilidad de esas propiedades del suelo y los valores alcanzados no sobrepasaron la densidad aparente de 1.22 g cm^3 y para la porosidad no bajó del 47 %. El monocultivo empleado en el presente estudio no fue un limitante de la densidad, puesto que el terreno utilizado estuvo en descanso durante 2 años atrás.

Finalmente en un estudio realizado por Díaz, Cabrera y Ruiz (2009) en el cultivo de arveja, determinaron que la densidad del suelo perdura y varía con el manejo del suelo, ya que en tiempos cortos cuya variación no siempre resulta detectable, lo que resultaría diferente si el suelo fuera enmendado periódicamente con compuestos orgánicos. Dicha información coincide con la presente investigación, debido a que el ciclo del cultivo de fréjol tierno es de tan solo 4 meses el cual no es suficiente para evaluar esta característica física del suelo.

4.4.1. Porosidad

El ADEVA muestra que no existió interacción entre sistema de labranza, fuente de fertilizante y profundidad de la muestra ($F=0.24$; $gl= 2,22$; $P=0.785$) para la variable porosidad del suelo. De igual forma no hubo interacción entre fertilizante y profundidad de muestra ($F=0.59$; $gl= 2,22$; $P=0.0.5646$), consecuentemente no mostró interacción de la labranza con la muestra, ni con el tipo fertilizante. Asimismo, presentó efecto de la labranza y el tipo de fertilizante independientemente como se observa en la Tabla 22.

Tabla 22

Esquema del ADEVA de la porosidad del suelo del cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	22	1.16	0.293
Fertilizante	2	22	0.65	0.5318
Muestra	1	22	0.32	0.5783
Labranza: Fertilizante	2	22	0.31	0.7381
Labranza: Profundidad	1	22	0.21	0.6488
Fertilizante: Profundidad	2	22	0.59	0.5646
Labranza: Fertilizante: Profundidad	2	22	0.24	0.785

Los resultados arrojaron que no hubo diferencia significativa para la densidad aparente y porosidad entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, se observa una tendencia a una mayor densidad aparente y menor porosidad en el tratamiento de doble excavado entre los 0-20 cm de profundidad, lo que puede estar influenciado por el horizonte que originalmente era más profundo, debido a que en la doble excavación se realizó a 60 cm de profundidad. Esto explicaría los valores de menor densidad aparente que se obtuvo entre los 20 y 40 cm de profundidad en el doble excavado. Esto sugiere una mayor disponibilidad del suelo para el crecimiento radicular (Figura 49).

Por el contrario en una profundidad de entre (20- 40cm), la porosidad fue mayor la misma que favorece al crecimiento radicular y la correcta asimilación de macro y micronutrientes presentes en el suelo.

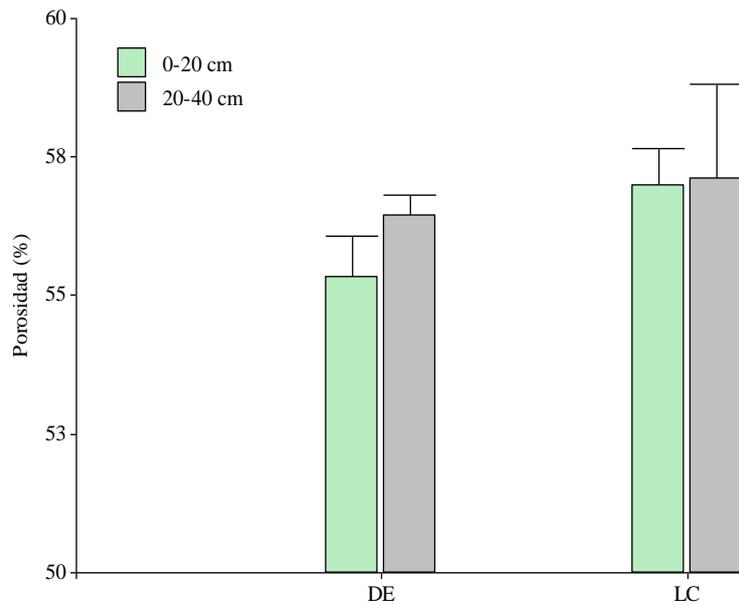


Figura 49. Porcentaje de porosidad del suelo del cultivo de fréjol.

De acuerdo a Sampaio (2009), el sistema conservador induce un aumento del espacio poroso en profundidad siendo del 50%, además producen alteraciones en el contenido de agua en el suelo. En el presente estudio no existió diferencias significativas. Sin embargo, la porosidad fue del 56% independiente del sistema de labranza empleado.

Por otra parte Díaz, Ruiz, et al., (2009), mencionó que la rotación de cultivos, donde se utilizaron plantas con características y exigencias diferentes a las del arroz, permitió que el suelo tendiera a conservar el estado natural, lo que se atribuye a que una parte importante del tiempo el suelo estuviera en estado de oxidación. La incidencia de diferentes sistemas radiculares facilitaron el aumento de la porosidad y aeración (Cabrera, Pérez y Rodríguez, 2003)

Asimismo un estudio realizado por Cabrera, Pérez y Plá (2003), en caña de azúcar determinó que existe una relación directa entre la capacidad de filtración de agua del suelo y la porosidad. Es por ello el movimiento del agua en el suelo fue mayor con enmiendas orgánicas en comparación con el control. Obteniéndose una porosidad deficiente (< 10 %) a partir de los 0,10 m de profundidad. Con la incorporación de las enmiendas orgánicas se elevó significativamente los valores al 48% en la zona del perfil del suelo donde se desarrolla la mayor parte del sistema radical de la caña de azúcar (0,00-0,20 m). Mientras que la porosidad obtenida en el presente estudio de cultivo de fréjol fue superior al 50% en todos los tramientos y no hubo diferencias entre las profundidades ni el tipo de fertilizante empleado.

4.4.2. Contenido de agua en el suelo

4.4.2.1. Profundidad de 0- 20 cm

El ADEVA muestra que no existe interacción entre sistema de labranza, fuente de fertilizante y (F=0.22; gl= 2,10; P=0.8046) para el contenido de agua en el suelo a una profundidad de 0 a 20 cm. De igual forma no presentó efecto de las fuentes del fertilizantes (F=0.26; gl= 2,10; P=0.7724) y de los sistemas de labranzas (F=0.11; gl= 2,10; P=0.75) independientemente como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23

Esquema del ADEVA del contenido de agua en el suelo a una profundidad de 0-20 cm

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	10	0.11	0.75
Fertilizante	2	10	0.26	0.7724
Labranza: Fertilizante	2	10	0.22	0.8046

Para el contenido de agua en el suelo no existió diferencias estadísticas significativas, pero agronómicamente en el sistema de labranza convencional con biol y compost presentaron 0.13 gg^{-1} de agua. Mientras que en doble excavado con los tres fertilizantes presentó 0.12 gg^{-1} de agua en el suelo (Figura 50).

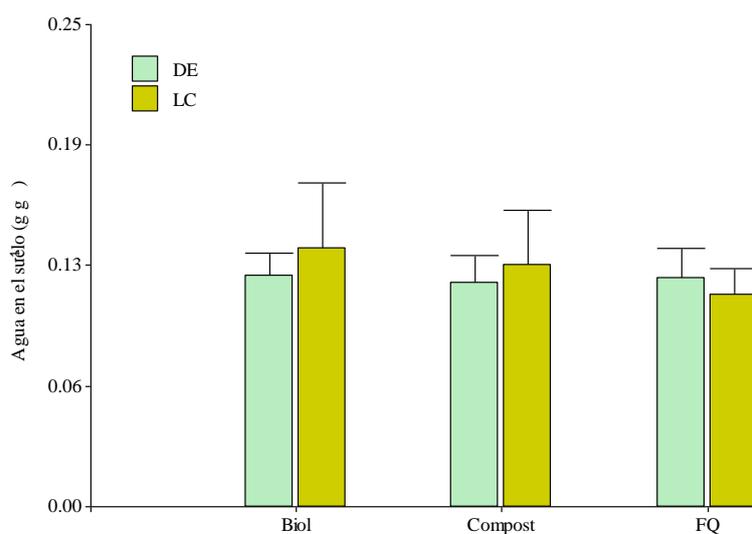


Figura 50. Contenido de agua en el suelo a una profundidad de (0-20) cm.

4.4.2.2. Profundidad de 20- 40 cm

El ADEVA muestra que no existió interacción entre sistemas de labranza, fuente de fertilizante y ($F=1.5$; $gl= 2,10$; $P=0.2692$) para el contenido de agua en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm. De igual forma no presentó efecto de las fuentes de fertilizantes ($F=0.69$; $gl= 2,10$; $P=0.5522$) y los sistemas de labranzas ($F=4.38$; $gl= 2,10$; $P=0.0629$) independientemente como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24

Esquema del ADEVA del contenido de agua en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	10	4.38	0.0629
Fertilizante	2	10	0.69	0.5222
Labranza: Fertilizante	2	10	1.5	0.2692

El contenido de agua en el suelo no arrojó diferencias significativas en los tratamientos entre los 20 y 40 cm de profundidad. Sin embargo existió diferencias numéricas en el que la labranza convencional con biol presentó mayor contenido de agua con una media de 0.17 gg^{-1} , siendo superior en 24% a la labranza convencional con fertilizante químico y compost; y, 35% al doble excavado con biol, compost y fertilizante químico (Figura 51).

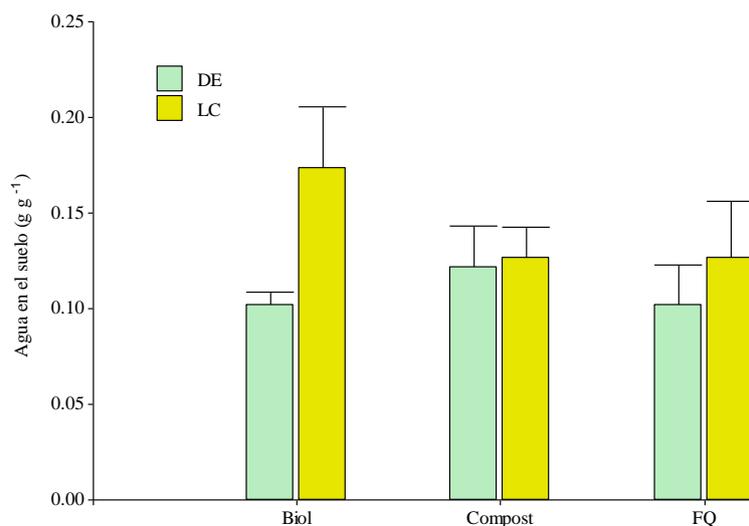


Figura 51. Contenido de agua en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm.

Martino (2003) señaló que la disponibilidad de agua es el factor que rige el desarrollo de los cultivos, porque afecta la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y la resistencia mecánica de los suelos. De igual forma (Richard et al., 2001) citado por García, Sánchez, Vidal, Betancourt, y Llano (2010), mencionan que el agua disponible para las plantas, tiene como límite inferior el punto de marchites y como límite superior la capacidad de campo. En suelos degradados, la densidad aparente y resistencia aumentan, la porosidad se reduce y la distribución y tamaño de los poros se altera.

Asimismo según (Lapen et al., 2004) citado por García Ruiz et al.,(2010), la compactación aumenta a niveles excesivos la aireación puede afectarse si la humedad es alta y en condiciones de suelo seco, la resistencia del suelo puede restringir el crecimiento de las plantas. En el cultivo de caña de azúcar con datos iniciales de la densidad aparente de 1.3 a 1.4 g cm³ y porosidad de 52 a 48%. Once meses después el tratamiento compactado no cultivado redujo la densidad aparente en 5.7%, y aumentó la porosidad total en 2.3%, atribuible a la capacidad resiliente del suelo. En tanto que, el tratamiento compactado-cultivado (CC) disminuyó la densidad aparente en 7.9% y aumentó la porosidad total en 3.5%

Según (López, Díaz, Martínez y Valdez, 2001) se debe a que los abonos orgánicos aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas por lo que se han recomendado su uso en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo.

No obstante en estudio realizado por en la comparación de dos tipos de labranzas, dio a conocer que los suelos manejados con labranza convencional mostraron mayor contenido hídrico al momento del muestreo, aun cuando en invierno este mismo suelo es invadido por maleza la cual extrae el agua que almacena el suelo, confirmando la capacidad de este método de labranza para retener más agua en el perfil. Sin embargo como consecuencia de esta condición y de la estructura del suelo, este lote mostró una menor densidad aparente. Por el contrario, el tratamiento con labranza cero presentó un horizonte compactado bien definido entre los 45 y 60 cm de profundidad ,lo cual coincide con los datos que se obtuvo en la presente investigación, ya que el mayor contenido de agua se obtuvo en la labranza convencional .

4.5. Nodulación de raíces

En la Tabla 25, el análisis estadístico dio a conocer que existió interacción entre los sistemas de labranzas, fuente de fertilizante y la categoría de clasificación de los nódulos en raíces ($F=3.49$; $gl= 4,140$; $P=0.0094$) para la variable nodulación de fréjol arbustivo.

Tabla 25

Esquema del ADEVA de nodulación de raíces de fréjol arbustivo

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	4.74	0.1613
Fertilizante	2	140	13.25	<0.0001
Categoría	2	140	9.54	0.0001
Labranza: Fertilizante	2	140	3.3	0.0398
Labranza: Categoría	2	140	0.23	0.7988
Fertilizante: Categoría	4	140	1.26	0.2885
Labranza: Fertilizante: Categoría	4	140	3.49	0.0094

La cuantificación de los nódulos se realizó con base al color: rojos o rosados que son considerados como efectivos, los de coloración blancos, calificados como inefectivos no se tomaron en cuenta (Figuroa, 2011). En tanto que la categoría se realizó empleando la metodología del (CIAT,1994), en la cual se considera nódulos de categoría pequeños con diámetro de (<2 a 3 mm), medianos de (3 a 4 mm) y grandes de (4 a =>5mm).

Es así que la prueba de medias de Fisher LSD indica que en la labranza convencional con la incorporación con biol y compost; y, en el doble excavado con biol se obtuvo mayor número de nódulos grandes con una media de 10 nódulos, mientras que en el doble excavado con compost y labranza convencional con fertilizante químico fueron similares con una media de 3 nódulos. Sin embargo el doble excavado con fertilización química mostró menor número de nódulos con una media de 1.67 nódulos (Figura 52).

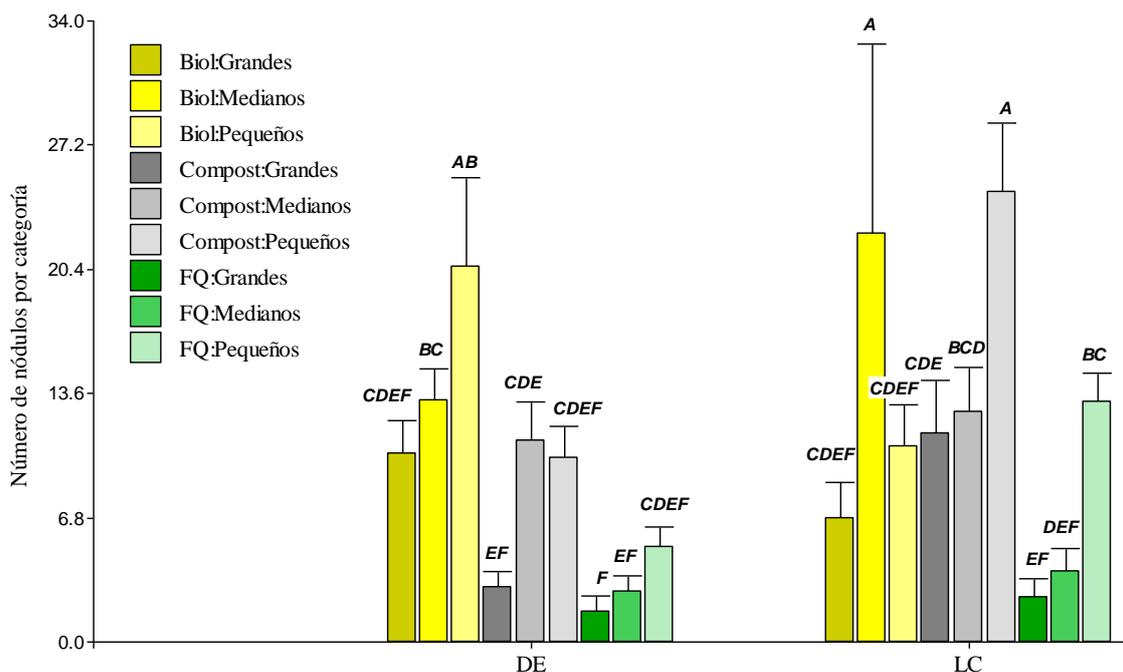


Figura 52. Número de nódulos de las raíces de fréjol por categoría de los tratamientos en estudio.

Con respecto a la categoría de nódulos medianos en la labranza convencional con biol se registró mayor número con una media de 22.33 nódulos, mientras que en doble excavado con biol y en labranza convencional con compost fueron similares con una media de 13 nódulos, pero superiores a los obtenidos en doble excavado con compost. Por el contrario con fertilizante químico en los dos tipos de labranzas se obtuvo similitud en el número de nódulos, siendo menores en relación a los obtenidos con los abonos orgánicos con una media de 3 nódulos.

En tanto que en la categoría de nódulos pequeños se obtuvo mayor cantidad en la labranza convencional con compost con una media de 25 nódulos, manteniendo similitud en el doble excavado con biol, pero siendo superior en 47% a los obtenidos en labranza convencional con fertilizante químico. Mientras que en labranza convencional con biol y en doble excavado con compost y fertilizante químico mostraron similitud entre sí con una media de 10 nódulos.

De acuerdo al CIAT (1994), en la categoría de clasificación debe existir 30 nódulos grandes para ser considerados buenas, 30 medianos es intermedia y 30 pequeños es deficiente, en la presente investigación no se cumple con lo establecido puesto que se obtuvo 10 nódulos grandes, 23 medianos y 25 pequeños independientemente del sistema de labranza empleado.

Según Salvagiotti, Capurro y Enrico (2009), el número y el tamaño de los nódulos está relacionado al estado fisiológico del cultivo debido a que en las etapas de formación de las primeras hojas trifoliada y en prefloración existe mayor llenado de nódulos. Mientras que en floración, llenado de vainas y maduración el número de nódulos se reduce en 50%, puesto a que la planta emplea la energía para desarrollar dichas funciones. Esta variable fue medida entre la prefloración y floración a los 55 días después de la siembra puede explicar el número de nódulos obtenidos.

4.5.1. Nodulación total

Los resultados del análisis estadístico expresó que existe una interacción entre los sistemas de labranza y el tipo de fertilizantes empleados ($F=5.61$; $gl= 2,8$; $P=0.0301$) para la variable nodulación total en raíces, evaluada a los 45 días de edad del cultivo de fréjol (Tabla 26).

Tabla 26

Esquema del ADEVA de nodulación total por fertilizantes

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	8.06	0.1049
Fertilizante	2	8	22.53	0.0005
Labranza: Fertilizante	2	8	5.61	0.0301

Los tratamientos de labranza convencional con compost y biol; y en doble excavado con biol fueron similares entre sí y se obtuvo mayor número de nódulos con una media de 133 nódulos. De igual manera en doble excavado con compost y labranza con fertilización química fueron similares entre con una media de 65.33 nódulos, pero fueron superiores en 56% a los obtenidos en doble excavado con fertilización química (Figura 53).

En general los abonos orgánicos en base a compost y biol presentaron una producción de nódulos similares, en la labranza convencional y en el doble excavado; pero fueron en un 58% superiores a la fertilización química, esto demostró que el uso de fertilizantes químicos inhibe la formación de nódulos en la zona de estudio.

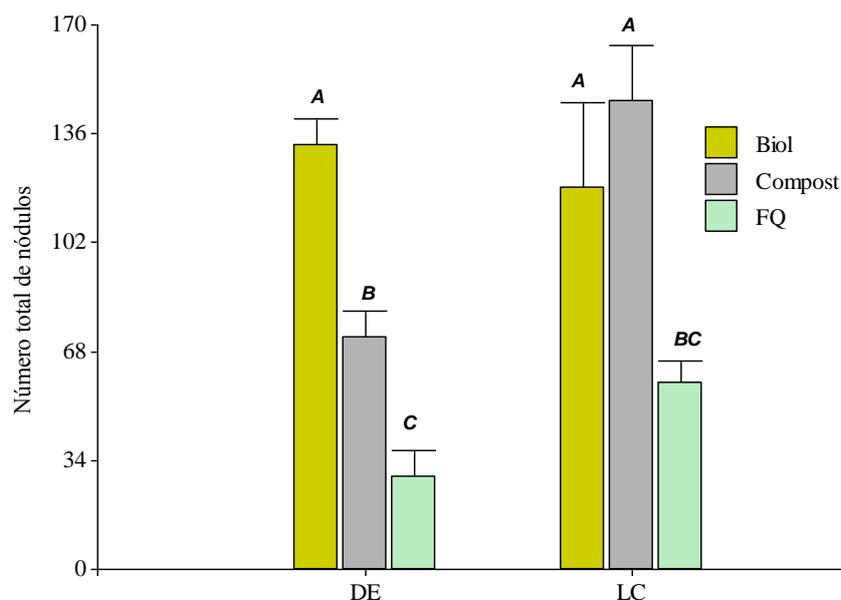


Figura 53. Número de nódulos totales por fertilizantes en los dos sistemas de labranza.

Sin embargo Ramírez, Ramos y Palacios (2010), indicaron que en la producción de fréjol bajo labranza convencional, con fertilización química a 32 kg ha^{-1} y orgánica obtuvieron una producción de 62 nódulos con humus, mientras que en la fertilización química la producción de nódulos fue inferior en un 92%. Esos datos coinciden con la investigación, pero en la fertilización orgánica se obtuvo un mayor número de nódulos siendo un total de 133, superior en 31% respecto al aporte de los autores mencionados, esto puede estar asociado al sistema de doble excavado que facilita el crecimiento de las raíces.

Por el contrario un estudio realizado por Díaz y Díaz (2015), en labranza convencional demostraron que al utilizar fosfonitrato con dosis de 20 kg ha^{-1} , se alcanzó un mayor número de nódulos comparado a un tratamiento control, mientras que los tratamientos con menor cantidad de nódulos fueron composta al 75% (0 nódulos), lombricomposta al 25% (1 nódulo) y sulfato de amonio con 40 kg ha^{-1} (3 nódulos), no coinciden con lo obtenido en esta investigación ya que con la aplicación de compost e independientemente del sistema de labranza se registró 109 nódulos, mientras que con fertilización química se obtuvo 47 nódulos, superando así en 100% y 97%, respectivamente a lo reportado por los autores.

Un estudio realizado por Cabrera, Santana, y Miranda (2017), con la inoculación de *Rhizobium*, fertilizante químico, fertilizante químico + *Rhizobium* y un testigo, presentó diferencias significativas, con inoculación de *Rhizobium* (45 nódulos), respecto a su combinación con fertilización química (15 nódulos). Por ello se evidencia un efecto supresor

del fertilizante sobre la nodulación, el tratamiento testigo (25 nódulos) comparados con fertilizante químico (10 nódulos). Los abonos orgánicos facilitan la formación de nódulos debido a los microorganismos benéficos que poseen en su composición, por ello el presente estudio mostró una supremacía del 53% con respecto al número de nódulos obtenidos por los autores antes mencionados.

Consecuentemente la limitación de la nodulación en andisoles y suelos de textura franco arenosas, están condicionada por los efectos perjudiciales que ejerce la salinidad sobre las poblaciones de rizobios nativos, el daño que ocurre directamente es sobre la planta y sobre algunos de los procesos que tienen relación con la infección y establecimiento de estas bacterias en las raíces de la leguminosa (Gómez Padilla et al., 2013). Sin embargo en esta investigación la salinidad no fue un limitante puesto que el análisis de suelo reporto 6ppm de Sodio, mismo que se encuentra dentro de lo establecido que es <92 ppm. Además el número de nódulos obtenidos se encuentran dentro de la escala 1 considerada excelente mayor a 80 nódulos como lo menciona (Cruz, 2014) la misma que se encuentra descrita en la tabla 11 de la metodología.

4.6. Incidencia de plagas y enfermedades

La incidencia se monitoreó en cada unidad experimental cada 15 días durante el ciclo de cultivo del fréjol arbustivo. Las plagas revisadas comprenden mosca blanca, lorito verde, mosca minadora de hoja y gallina ciega; mientras que las enfermedades evaluadas fueron roya, antracnosis y mancha anillada. Los monitoreos se realizaron a los 15, 30, 45, 60 y 70 días después de la siembra.

4.6.1. Plagas

Para la incidencia de mosca blanca, no existió interacción entre labranza y tipo de fertilizante ($F=1.91$; $gl= 2,8$; $P=0.2097$). De igual forma no existió efecto del tipo de fertilizante empleado ($F=1.20$; $gl= 2,8$; $P=0.3501$), no presentó efecto del tipo de labranza ($F=3.90$; $gl= 1,2$; $P=0.1870$) independientemente del tipo de fertilizante como se observa en la Tabla 27. Con respecto a mosca minadora de hoja, el análisis estadístico mostró que no presentó interacción entre labranza y tipo de fertilizantes ($F=0.18$; $gl=2,8$; $p=0.8392$). Así mismo no

hubo efecto por el tipo de fertilizante ($F=1,31$; $gl=2,8$; $p= 0.3217$) y el sistema de labranza. También no hubo efecto del tipo de labranza ($F=0.60$; $gl=1,2$; $p= 0.5185$) independientemente del fertilizante (Tabla 27).

Por otro lado, para el lorito verde el análisis estadístico indicó que no presentó interacción entre labranza y tipo de fertilizantes ($F=1$; $gl=2,8$; $p=0.4096$). Asimismo no existió un efecto del tipo de fertilizante ($F=2.33$; $gl=2,8$; $p= 0.1591$), independientemente del tipo de labranza. Lo mismo ocurre con el tipo de labranza ($F=3$; $gl=1,2$; $p= 0.2254$) independientemente del tipo de fertilizante (Tabla 27). De igual forma para gallina ciega, no existió interacción entre sistema de labranza y fuente de fertilizante ($F=0.26$; $gl=2,8$; $p= 0.7743$). También no hubo efecto del tipo de fertilizante ($F=0.94$; $gl=2,8$; $p= 0.4887$) y del sistema de labranza ($F=0.52$; $gl=1,2$; $p= 0.5471$) de forma independiente.

Tabla 27

Esquema del ADEVA con el valor p de la incidencia de plagas

Fuentes de variación	Mosca blanca	Mosca minadora	Lorito verde	Gallina ciega
Labranza	0.1870	0.5185	0.2254	0.5471
Fertilizante	0.3501	0.3217	0.1591	0.4287
Labranza: Fertilizante	0.2097	0.8392	0.4096	0.7743

Los resultados de las pruebas de medias de LSD Fisher muestran numéricamente mayor incidencia de mosca blanca en labranza convencional del 93.33% y en doble excavado del 71.67%. Por lo que en labranza convencional presentó incidencias de 96.67% con fertilizante químico, 93.33% con biol y de 90% con compost. Mientras tanto, que en doble excavado con biol fue del 81.67%, 70% con compost y 63.33% con fertilizante químico.

Mientras que para minador mayor incidencia se obtuvo en doble excavado 97.78% y el 93.33% en labranza convencional. Los tratamientos que incluyen doble excavado con fertilizante químico y compost mostrarán incidencias del 100%; y, del 93.33%. Por otra parte en labranza convencional con compost la incidencia fue del 100%; y, los tratamientos con fertilizante químico y biol mostrarán incidencias del 95% y 85%, respectivamente.

Con respecto a lorito verde las incidencias fueron superiores en labranza convencional siendo del 99.44% y 97.78% en doble excavado. En labranza convencional con biol y fertilizante

químico la incidencia fue del 100% y de 98.33% con compost. Por otro lado, en doble excavado los tratamientos que incluyen biol presentaron incidencias del 100%; y, con fertilizante químico y compost fue del 96.67%.

Sin embargo, con relación a la incidencia de gallina ciega fue del 20% el labranza convencional y del 18% en doble excavados. Por ello en labranza convencional y doble excavado con compost presentaron una media del 27.67%, en doble excavado con biol y en fertilización química las medias fueron del 20% y 18%, respectivamente. La menor incidencia numéricamente se registró en labranza convencional con fertilizante químico y con biol con medias de 17% y 15%, respectivamente.

4.6.2. Enfermedades

Por otro lado, con respecto a la incidencia de roya el análisis estadístico mostró que no existió interacción entre labranza y tipo de fertilizantes ($F=1$; $gl=2,8$; $p=0.4096$). De igual forma, no hubo efecto del tipo de fertilizante ($F=1$; $gl=2,8$; $p=0.4096$), independientemente de la labranza. Igualmente no existió efecto del tipo de labranza ($F=1$; $gl=1,2$; $p=0.4226$) independientemente del fertilizante (Tabla 28).

Para la incidencia de mancha anillada el análisis estadístico mostró que no presentó interacción entre labranza y tipo de fertilizantes ($F=3.25$; $gl=2,8$; $p=0.0927$). Entonces no hubo efecto del tipo de fertilizante ($F=3.25$; $gl=2,8$; $p=0.0927$) independientemente del tipo de labranza. También no existió efecto del tipo de labranza ($F=3.57$; $gl=1,2$; $p=0.1994$) independientemente del fertilizante (Tabla 28).

Seguidamente con respecto a la incidencia de antracosis no presentó interacción entre labranza y tipo de fertilizantes ($F=2.10$; $gl=2,8$; $p=0.1853$). Asimismo no existió un efecto del tipo de fertilizante ($F=0.16$; $gl=2,8$; $p=0.8537$) independientemente del tipo de labranza. Además no hubo efecto del tipo de labranza ($F=0.48$; $gl=1,2$; $p=0.5586$) independientemente del tipo de fertilizante (Tabla 28).

Tabla 28

Esquema del ADEVA con el valor p de la incidencia de enfermedades

Fuentes de variación	Roya	Mancha anillada	Antracnosis
Labranza	0.4226	0.1994	0.5586
Fertilizante	0.4096	0.0927	0.8537
Labranza: Fertilizante	0.4096	0.0927	0.1853

A pesar de que no existió diferencias significativas, agronómicamente los valores presentarán porcentajes diferentes. Es así, que la incidencia de roya y mancha anillada fue del 100% en doble excavado, con respecto al 96.67% y 97.22% en la labranza convencional, respectivamente. En tanto, que para antracnosis la incidencia fue superior en labranza convencional con 98.35%, comparado con el doble excavado que presentó un porcentaje inferior de 96.67%.

Por ello las pruebas de medias de LSD Fisher al 5% mostró una incidencia del 100%, para roya y mancha anillada con los tres tipos de fertilización en doble excavado. En tanto que en labranza convencional para roya fue del 100% con compost y 96.67% con biol; y, para mancha anillada la incidencia fue del 100% con biol y 98.33% con compost, mientras que con fertilizante químico fue inferior para las dos enfermedades con 93.33%.

Por otro lado la incidencia de antracnosis fue del 100% en doble excavado con fertilizante químico; y, en labranza convencional con biol y compost. En efecto, en doble excavado con biol la incidencia fue del 96.67%, seguida del 95% en labranza convencional con fertilizante químico, el menor porcentaje se obtuvo en doble excavado con compost con 93.33%.

Consecuentemente la incidencia de plagas y enfermedades se contrasta a continuación, de acuerdo a un estudio realizado por Quiroz (2013), menciona que la labranza no influye en la incidencia de plagas tales como, mosca minadora de hoja, mosca blanca, polilla y lorito verde, debido a que en labranza convencional y labranza mínima adquirió un 60% de incidencia para las plagas mencionadas. Dichos datos no coinciden con lo obtenido en la presente investigación ya que la incidencia fue superior en 41.20% para lorito, mosca minadora en los dos sistemas de labranza; y para mosca blanca fue igual en labranza convencional y en doble excavado fue mayor en 29.76%.

De igual forma en gallina ciega la incidencia fue del 20% en los dos sistemas de labranzas, esto debido a que en labranza convencional y labranza mínima se removió el suelo previo al establecimiento del cultivo exponiendo al sol los huevos, larvas, pupas y adultos, siendo similar a la obtenida en la presente investigación. Asimismo la presencia de gallina ciega en el cultivo de fréjol no fue relevante puesto a que su presencia solo se evidenció a los 15 días después de la siembra, debido a que existió lluvia. De igual forma se atribuye la presencia de esta plaga a los pastos existentes alrededor de la zona de estudio. Sin embargo Ramírez y Castro (2000), menciona que la gallina ciega aparece en el mes de Mayo por presencia de lluvias.

Sin embargo en estudio realizado por Pupiro et al. (2004), afirman que la incidencia de mosca blanca y lorito verde disminuyeron al aumentar la dosis de humus de lombriz, el cual está relacionado a la teoría de la trofobiosis, que plantea que un mayor o menor ataque a las plantas por los insectos depende de su estado nutricional: las plantas mejor equilibradas nutricionalmente presentarán menor incidencia de plagas, debido a que estas desarrollan sus mecanismos de defensa, debido a que las incidencias iniciales fueron del 100%, al igual que en la presente investigación.

Con respecto a enfermedades un estudio realizado por Pedroza y Samaniego (2003), en sistema de labranza cero vs subsolado no favorecen a la incidencia de enfermedades foliares como virosis y mancha anillada ya que fue del 92%, pero controla en un 20% hongos que causan pudrición de raíces. En la presente investigación las incidencias obtenidas fueron superiores siendo del 96% al 100% en las enfermedades monitoreadas.

4.7. Severidad de plagas y enfermedades

4.7.1. Mosca blanca (*Aleyrodidae* sp)

La tabla 29, muestra que no existió interacción entre labranza, el tipo de fertilizantes y el días después de la siembra ($F=1.18$; $gl=8,5366$; $p=0.309$) para la variable severidad de mosca blanca, de igual forma no hubo interacción entre tipo de fertilizante y días después de la siembra ($F=1.13$; $gl=8,5366$; $p=0.3372$). Por el contrario existió una interacción entre

labranza y días después de la siembra ($F=7.84$; $gl=4,5366$; $p= <0.0001$) esto independientemente del tipo de fertilizante.

Tabla 29

Esquema del ADEVA severidad de mosca blanca (Aleyrodidae sp)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	0.21	0.6889
Fertilizante	2	5366	0.76	0.4671
dds *	4	5366	228.1	<0.0001
Labranza: dds *	2	5366	2.18	0.1136
Labranza: dds*	4	5366	7.84	<0.0001
Fertilizante: dds *	8	5366	1.13	0.3372
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	1.18	0.309

Nota:* días después de la siembra

La severidad de mosca blanca incrementó paulatinamente a medida que el estado fisiológico del cultivo cambio, siendo del 0.06% a los 15 días después de la siembra (dds) y llegando hasta el 20% a los 75 dds, esto fue distinto en cada sistema de labranza empleado para la producción del cultivo del fréjol arbustivo (Figura 54).

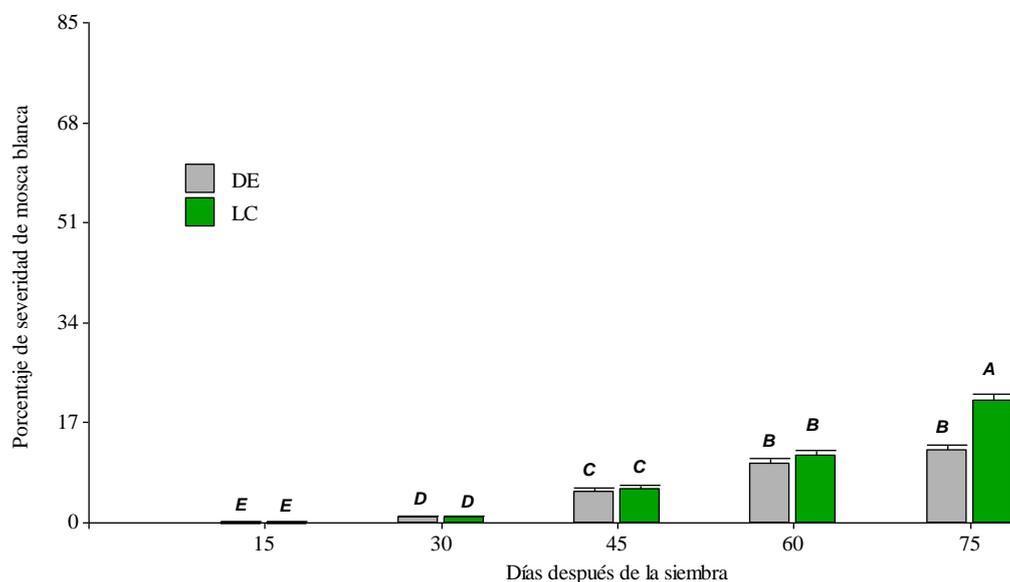


Figura 54. Porcentaje de severidad de mosca blanca (*Aleyrodidae sp*).

La prueba de medias LSD Fisher muestra que la severidad de mosca blanca a los 15 y 30 días después de la siembra (dds) fue inferior al 1% en todos los tratamientos. En tanto que a los 45 dds y 60 dds la severidad fue similar en los dos sistemas de labranzas, siendo del 5% y

11%, respectivamente. Sin embargo, a los 75 dds se presentó diferencias estadísticas en donde se observó una severidad de la plaga del 20.74% en labranza convencional comparado al doble excavado que presentó una media de 12.35%, siendo menor el daño en un 40.45%.

4.7.2. Mosca minadora (*Liriomyza trifolii*)

El análisis estadístico determinó que existió interacción entre el sistema de labranza, fuente de fertilización y días después de la siembra ($F=3.73$; $gl=8,5366$; $p= 0.0002$) para la variable severidad de mosca minadora de hoja en el cultivo de fréjol arbustivo como se encuentra descrita en la Tabla 30.

Tabla 30

Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de mosca minadora de la hoja (Liriomyza trifolii)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	1.68	0.3245
Fertilizante	2	5366	25.75	<0.0001
dds *	4	5366	1771.34	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	5366	26.74	<0.0001
Labranza: dds*	4	5366	15.7	<0.0001
Fertilizante: dds *	8	5366	19.47	<0.0001
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	3.73	0.0002

Nota:* días después de la siembra

El porcentaje de severidad de minador en el cultivo de fréjol, incrementó a medida que avanzó el estado fisiológico, siendo del 10% a los 15 días después de la siembra (dds) e incrementando hasta el 68% a los 75 dds. Asimismo la severidad de esta plaga fue diferente en cada fuente de fertilización y en el sistema de labranza empleado.

El porcentaje de severidad de mosca minadora a los 15 días después de la siembra (dds) en doble excavado con biol y compost presentó 3.33% y 0.37%, respectivamente, mientras que en resto de tratamientos la severidad fue del 0%. A los 30 días después de la siembra el mayor porcentaje de daño de mosca minadora se obtuvo en el doble excavado con empleo de biol con una media de 6.85%, mientras que el compost y fertilizante químico presentaron porcentajes similares con una media del 4%. No obstante a los 45 dds la severidad fue

superior en el doble excavado con una media del 11% y del 4% en labranza convencional, presentando similitud entre con los tres fertilizante.

Finalmente a los 60 y 75 dds, en el doble excavado con fertilización química presenta mayor severidad de con una media de 35.19% y 64.81% respectivamente y el menor porcentaje de daño presenta la labranza convencional con biol con una media de 5.19% y 41.85% respectivamente. Mientras tanto, el resto de los tratamientos mantienen similitud del daño por esta plaga (Figura 55).

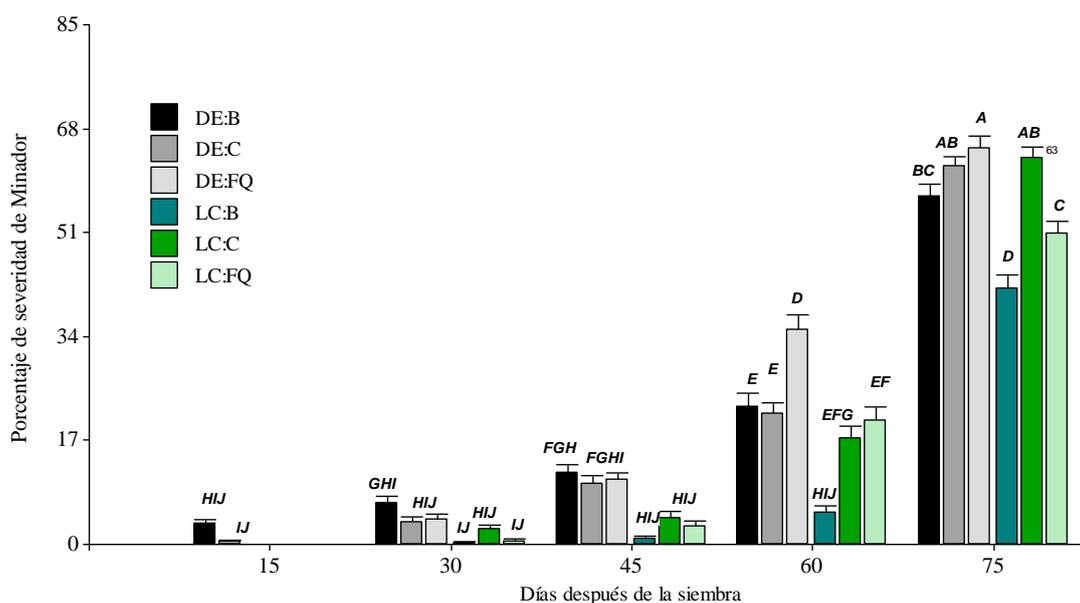


Figura 55. Porcentaje de severidad de mosca minadora de la hoja (*Liriomyza trifolii*) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE: C doble excavado con compost;DE:doble excavado con fertilización química ;LC:B labranza convencional con biol ;LC:C labranza convencional con compost;LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

4.7.3. Lorito verde (*Empoasca kraemeri*)

El análisis estadístico determinó que no existe interacción entre sistemas de labranza, tipo de fertilizantes y días después de la siembra ($F=0.97$; $gl=8,5366$; $p= 0.4573$) para la variable severidad de lorito verde en el cultivo de fréjol. De igual forma no existió interacción entre el tipo de fertilizante y días después de la siembra($F=0.75$; $gl=8,5366$; $p= 0.6485$). Pero hubo interacción entre labranza y días después de la siembra ($F=7.75$; $gl=4,5366$; $p=$

<0.0001). También hubo interacción entre labranza y fertilizante ($F=4.91$; $gl=2,5366$; $p=0.0074$), como se observa en la tabla 31.

Tabla 31

Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de lorito verde (emposca kraemeri)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	20.51	0.0455
Fertilizante	2	5366	0.88	0.4146
dds*	4	5366	444.38	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	5366	4.91	0.0074
Labra: dds *	4	5366	7.75	<0.0001
Fertilizante: dds*	8	5366	0.75	0.6485
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	0.97	0.4573

Nota:* días después de la siembra

La severidad de lorito verde en el cultivo de fréjol arbustivo, fue superior en labranza convencional con fertilizante químico con una media de 11.96%, con respecto al doble excavado que presentó una severidad del 7% (Figura 56) .

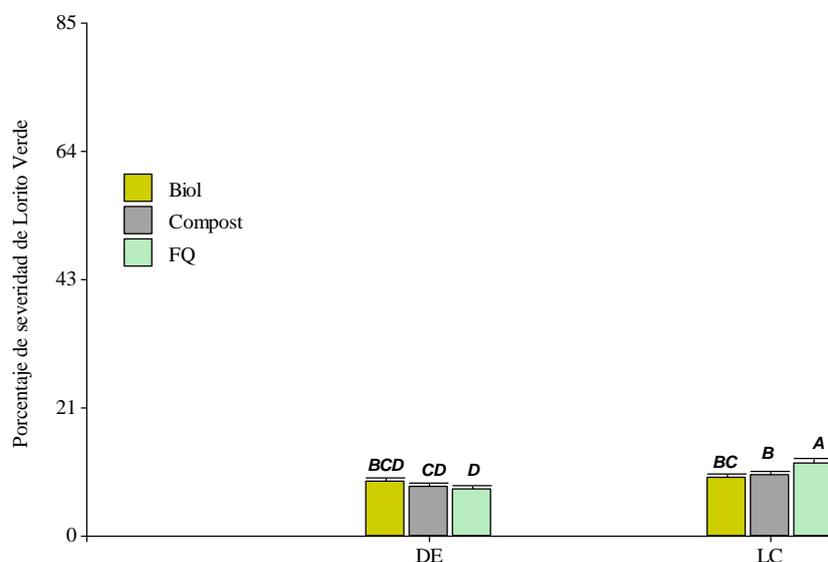


Figura 56. Porcentaje de severidad de lorito verde (*emposca kraemeri*) con el uso de tres fertilizantes.

En la labranza convencional con uso de fertilizante químico, presentó mayor porcentaje de severidad de lorito verde con una media del 11.96%; comparados a los tratamientos fertilizados con compost y biol, que mantuvieron similitud con una media del 10%. Mientras que en el doble excavado con la aplicación de biol, compost y fertilizante químico mantuvieron porcentajes de daños similares con una media del 7%. Sin embargo la severidad

de lorito verde en el doble excavado con fertilización química es el menor en un 35.28% con respecto al daño en labranza convencional.

Con respecto al porcentaje de severidad de lorito verde en la figura 57 se observa ,que a los 15 y 30 días después de la siembra (dds) el porcentaje de daño de lorito verde fue inferior al 0.80%, en los dos sistemas de labranzas. De igual manera a los 45 dds la severidad fue similar en el doble excavado y en la labranza convencional con una media del 5%. Mientras que a los 60 y 75 dds la severidad de esta plaga fue mayor en la labranza convencional con una media del 15.37% y 30.68% respectivamente y menor en el doble excavado con medias de 12.35% y 23.58% respectivamente. Esto debido a la edad del cultivo y las condiciones de verano presentes durante la investigación.

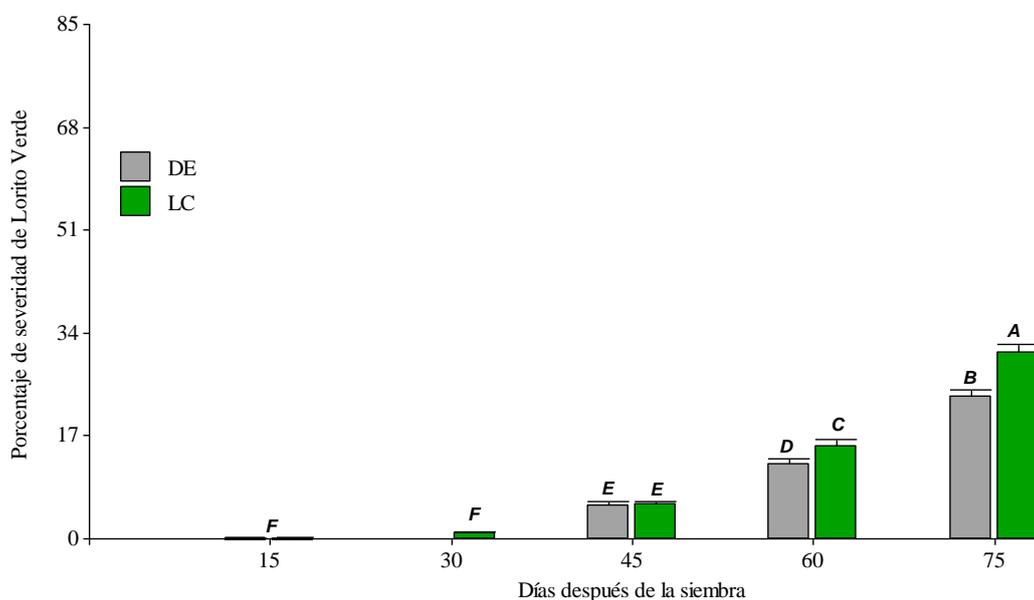


Figura 57. Porcentaje de severidad de lorito verde (*Empoasca kraemeri*) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.

4.7.4. Roya (*Uromyces appendiculatus*)

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existió interacción entre los sistemas de labranza, fuentes de fertilizantes y días después de la siembra ($F=6.55$; $gl=8,5366$; $p < 0.0001$) para la variable severidad de roya en el cultivo de fréjol arbustivo (Tabla 32).

Tabla 32

Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de Roya (Uromyces appendiculatus) en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	2.89	0.2312
Fertilizante	2	5366	29.51	<0.0001
dds *	4	5366	1452.33	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	5366	39.19	<0.0001
Labranza: dds*	4	5366	17.08	<0.0001
Fertilizante: dds*	8	5366	7.58	<0.0001
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	6.55	<0.0001

Nota:* días después de la siembra

La severidad de roya incremento paulatinamente acorde al estado fisiológico del cultivo ,por ello a los 15 días después de la siembra (dds), la severidad fue del 0.50%. En tanto que a los 60 y 75 dds la severidad fue alta, asimismo el comportamiento fue distinto en cada tratamiento.

A los 15 días después de la siembra (dds), la severidad de roya fue del 0.56% en LC:FQ, comparada con el resto de tratamientos que presentó similitud del 0% independientemente del tipo de labranza y del fertilizante. Por otro lado a los 30 dds y 45 dds el mayor porcentaje de severidad se obtuvo en LC:C con una media de 10.74% y 18.52% respectivamente. Menor daño se pudo evidenciar en DE:C con medias del 1.30% y 2.22% respectivamente, mientras que el resto de tratamientos no muestran diferencias significativas (Figura 58).

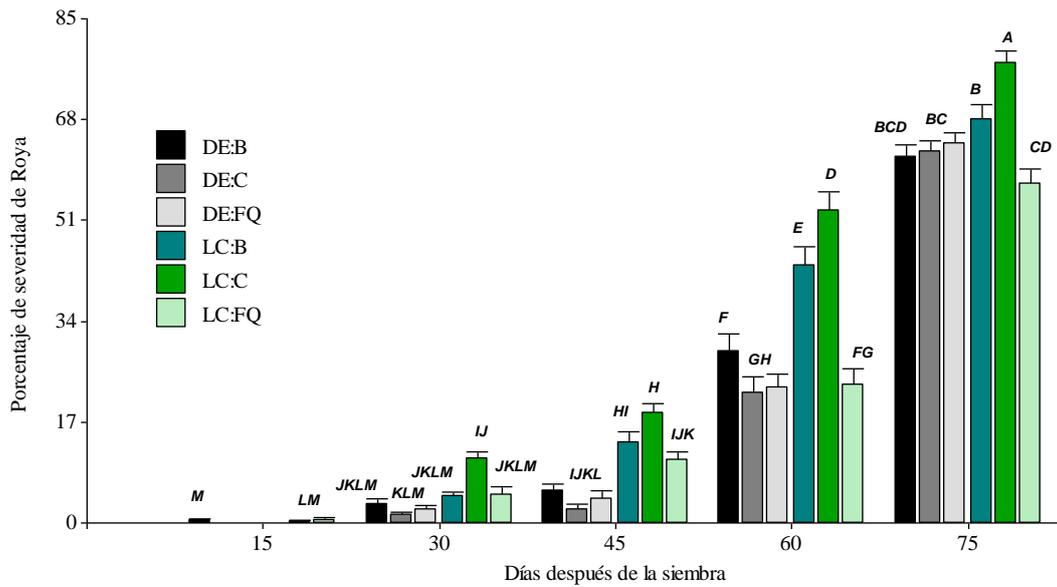


Figura 58. Porcentaje de severidad de Royia (*Uromyces appendiculatus*) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

A 60 dds los se registró mayor severidad de roya en la labranza convencional con compost y con biol con medias del 52.78% y 43.33% respectivamente; y en doble excavado con 34%. Mientras que en LC:FQ ,DE:FQ y DE:C la severidad de esta enfermedad fue similar con una media de 23%. Finalmente a los 70 dds la severidad de roya fue mayor en LC:C con una media de 77.59%, seguidamente la LC:B fue superior en 16% con respecto a la LC:FQ, pero mantuvo similitud en doble excavado con los tres fertilizantes con una media del 65%.

4.7.5. Mancha anillada (*Phoma exigua*)

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existió interacción entre sistemas de labranzas, fuentes de fertilizantes y días después de la siembra ($F=1.95$; $gl=8,5366$; $p=0.0484$) para la variable severidad de mancha anillada en el cultivo de fréjol (Tabla 33).

Tabla 33

Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de mancha anillada (*Phoma exigua*) en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	5.33	0.1473
Fertilidad	2	5366	49.46	<0.0001
dds *	4	5366	1539.94	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	5366	13.64	<0.0001
Labranza: dds *	4	5366	19.29	<0.0001
Fertilizante: dds*	8	5366	13.91	<0.0001
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	1.95	0.0484

Nota:* días después de la siembra

A los 15 días después de la siembra (dds) la severidad de mancha anillada fue superior en DE:C con un 0.19%, mientras que a los 30 dds fueron similares en los tratamientos con un 3%, Figura 54. En tanto que a los 45 dds, en LC:B la severidad de esta enfermedad fue superior con una media de 9.26%, mientras que en LC:FQ y DE:B, DE:C, DE:FQ mantuvieron similitud entre si con un promedio del 3%, pero fueron superiores a lo obtenido en LC:FQ del 0% (Figura 59).

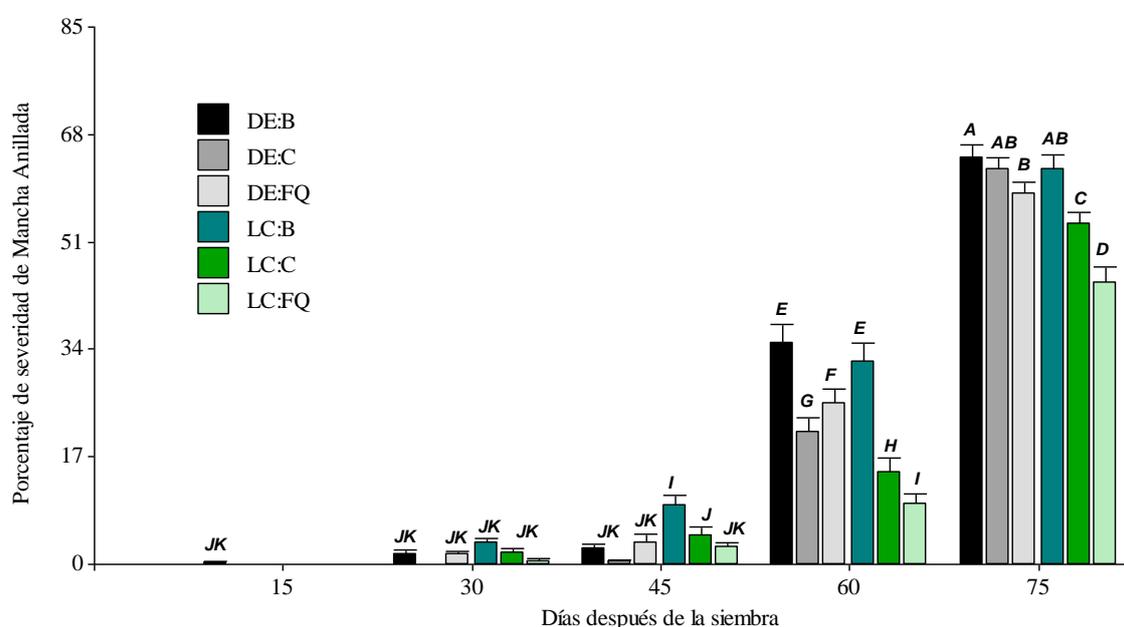


Figura 59. Porcentaje de severidad de mancha amarilla (*Phoma exigua*) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

A los 60 dds, la severidad fue distinta en cada tratamiento, obteniéndose el porcentaje más elevado los dos sistemas de labranzas con biol, con una media del 33.5%. Por el contrario la el menor daño se registró en LC:FQ con un 9.44%. Sin embargo, a los 70 dds, en DE:B, DE:C y LC:B el porcentaje más elevado de roya con una media del 63%, en tanto que la menor severidad se evidenció en LC:C y LC:FQ con 54% y 45%, respectivamente.

4.7.6. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existe interacción entre los sistemas de labranza, fuentes de fertilizantes y días después de la siembra ($F=6.75$; $gl=8,5366$; $p=<0.0001$) para la variable severidad de antracnosis en el cultivo de fréjol (Tabla 34).

Tabla 34

*Esquema del ADEVA del porcentaje de severidad de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en el cultivo de fréjol*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	1.59	0.3348
Fertilizante	2	5366	42.85	<0.0001
dds *	4	5366	1531.59	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	5366	35.49	<0.0001
Labranza: dds*	4	5366	12.63	<0.0001
Fertilizante: dds *	8	5366	7.75	<0.0001
Labranza: Fertilizante: dds*	8	5366	6.75	<0.0001

Nota:* días después de la siembra

A los 15 días después de la siembra (dds), la severidad de antracnosis fue del 0% en todos los tratamientos, mientras que a los 30 y 45 dds en LC:B presentó mayor severidad con medias del 7% y 14%, respectivamente, comparados con el resto de tratamientos; mismos que mantienen similitud entre sí. Pero en los dos monitoreos la menor severidad se evidenció en en DE:C con porcentajes del 0.19% y 0.37%, respectivamente.

A los 60 dds la LC:B presentó mayor severidad de antracnosis con una media del 34%, comparados al DE:FQ, LC:C y LC:FQ que mantuvieron similitud entre sí, con una media del 17 %; pero fueron superiores al DE:B en 24%. Sin embargo el menor porcentaje se registró en DE:C con un 3% de daño.

La severidad de la antracnosis a los 75 dds fue superior en los tratamientos de DE:B, LC:B y LC:C, que mantuvieron similitud con una media de 63%, siendo superiores al DE:FQ en 10%. El DE:C y la LC:FQ presentaron menor severidad con medias de 51% y 49 % respectivamente (Figura 60).

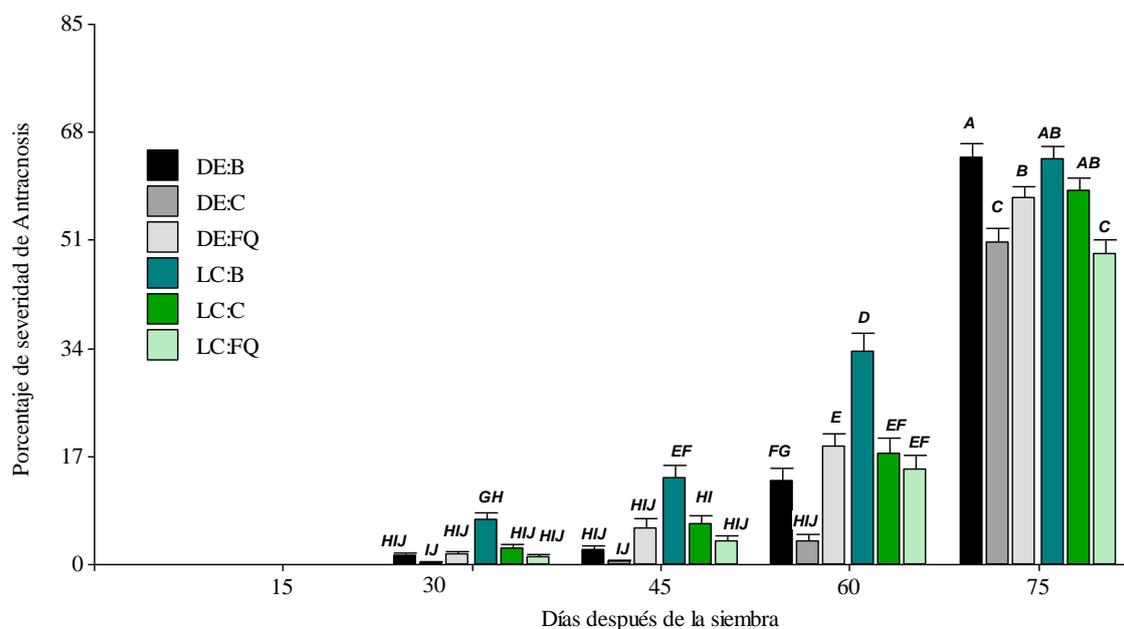


Figura 60. Porcentaje de severidad de Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en cinco monitoreos en el cultivo de fréjol.

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

En estudio realizado por Farmer y Ryan (1990) en el cultivo de tomate de mesa, mencionan que el ácido jasmónico presente en el biol es un inductor de la síntesis de inhibidores de proteasas de insectos chupadores de savia como lo es la mosca blanca y mosca minadora de hoja, generando una rápida respuesta ante el ataque de herbívoros. Estos a su vez influyeron en la disminución del porcentaje de incidencia y severidad de las plagas en 30% con respecto a la fertilización química presentando severidades del 20%, de igual forma en la presente investigación se presenciaron daños similares en los tratamientos fertilizados con biol siendo del 20% para mosca blanca y del 10% para mosca minadora de hoja, respecto a la fertilización química que presentó un daño del 64.85%. De igual forma Zavala (2010), afirma que el ácido jasmónico actúa regulando la activación no solo de las defensas directas, sino también las indirectas (volátiles), coordinando la defensa contra los insectos herbívoros.

Warnars y Oppenoorth (2014), dan a conocer que el doble excavado combinado con la fertilización a base de abonos orgánicos como biol, compost y bocashi favorecen en el crecimiento, calidad y la resistencia a enfermedades debido a su alto contenido de potasio. En la presente investigación fue favorable para mosca blanca en 40% y 41% para lorito verde con respecto a la labranza convencional. En tanto que para mosca minadora en doble excavado la incidencia fue superior en 35% con respecto a la labranza convencional.

Según Julon (2016) y Baras y Cañete, (2000) el biol tiene efecto repelente debido a que son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos originando plantas bien nutridas y con defensas al ataque de plagas y enfermedades, lo cual se evidencia en los altos niveles de macro y micronutrientes obtenidos en las variables análisis foliar y análisis de suelo, después de terminar el ciclo de cultivo. Por lo tanto en la presente investigación el número de insectos no sobrepasan el umbral de daño económico el que es de 9.8 en mosca blanca (Hallman y García, 2009), 0.4 mosca minadora (Acuña y Castro, 2015), y 0.18 para lorito verde (Nava y Cano, 2000) de insectos por hoja.

Pese a que las plantas se encontraban bien nutridas la severidad de enfermedades desde los 15 hasta los 45 días después de la siembra no sobrepasaron el umbral de daño, el mismo que según Castaño, Zepeda y Zuluaga (2012) consiste en 10% para roya y 15% mancha anillada, mientras que para antracnosis es del 10% (García, 2014). Sin embargo a partir de los 60 y 70 días después de la siembra el porcentaje de severidad incrementó siendo desde 50% hasta el 65% esto independientemente del sistema de labranza y del tipo de fertilizante empleado en el cultivo, excepto en los tratamientos de labranza convencional con fertilizante químico para mancha anillada y doble excavado con compost para antracnosis con 9.4% y 3%, respectivamente.

Reyes et al. (2017) menciona que el uso de abonos orgánicos preserva las propiedades del mejora la resistencia de las plantas a las plagas, facilitando la asimilación de nutrientes, puesto que la reproducción y el desarrollo de los insectos disminuyen cuando el hospedero posee bajos niveles de azúcares y aminoácidos libres. En este estudio incorporaron 12 t ha⁻¹ de compost en la que obtuvieron una población de 1.16 moscas blancas y 1.76 loritos verdes, siendo menores en 58% y 37% respectivamente con respecto a la fertilización y al testigo que presentaron 2.78 insectos.

De igual Pinto, Cruz, Ramírez, Solís y Castillo (2004) señalan, que la flora y fauna benéficas se incrementan en los sistemas de labranza de conservación, en contraste a los sistemas de labranza tradicional. También, la disponibilidad de abundante materia orgánica, es un recurso alimenticio para algunos insectos como el gusano trozador. Los sistemas de conservación del suelo permiten reducir la incidencia de plagas y enfermedades debido a que se controla de mejor manera la humedad y la temperatura.

Según un estudio realizado por Pinto et al. (2004) en el cultivo de maíz y soya, la incidencia y severidad de plagas y enfermedad por la aplicación inadecuada de insecticidas y fungicidas, puesto que se debe aplicar en base al umbral de daño de cada patógeno. Sin embargo Rojas y Chavéz (2002) mencionan que entre más lejos estén las plantas unas de otras la incidencia es menor porque hay condiciones favorables para su desarrollo y se evita competencia intraespecífica, reduciendo así el daño de follaje.

Finalmente pese a la severidad de plagas y especialmente de enfermedades presentadas durante el ciclo de cultivo, se obtuvo un producto sano y de igual forma el rendimiento no se vio afectado, ya que superó en 61% al rendimiento promedio establecido por el INIAP del cultivo de fréjol paraguachi. Esto debido a que la severidad de enfermedades incrementó a partir de los 60 días después de la siembra cuando el cultivo culminó la fase reproductiva.

4.8 . Población de insectos

4.8.1. Mosca blanca (*Aleyrodidae sp*)

En los resultados del ADEVA muestra que no presentó interacción entre labranza, fertilizante y número de trampas ($F=0.23$; $gl=4,32$; $p= 0.9177$), para el conteo de mosca blanca, de igual forma no hubo interacción entre fertilizante y número de trampa ($F=1.41$; $gl=4,32$; $p= 0.2541$). Por el contrario existió interacción de la labranza con el número de trampa ($F=4$; $gl=2,32$; $p= 0.0281$). Por otro lado no presentó interacción de la labranza con tipo de fertilizante ($F=2.26$; $gl=4,32$; $p= 0.1203$). Sin embargo hubo efecto del tipo de fertilizante ($F=8.14$; $gl=2,32$; $p= 0.0014$) independientemente del tipo de labranza y del número de revisión de trampa (Tabla 35).

Tabla 35

Esquema del ADEVA del conteo de número de mosca blanca (*Aleyrodidae sp*) por trampa en tres revisiones

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	4.82	0.1593
Fertilizante	2	32	8.14	0.0014
dds *	2	32	14.95	<0.0001
Labranza: Fertilizante	2	32	2.26	0.1203
Labranza: dds*	2	32	4	0.0281
Fertilizante: dds *	4	32	1.41	0.2541
Labranza: Fertilizante: dds*	4	32	0.23	0.9177

Nota:* días después de la siembra

El número de insectos por trampa cromáticas amarillas se cuantificó en cada revisión, cada quince días. En el que se evidenció una reducción del número de mosca blancas a medida del estado fisiológico del cultivo, siendo mayor a los 45 días después de la siembra (dds) y menor a los 75 dds de la siembra (Figura 61).

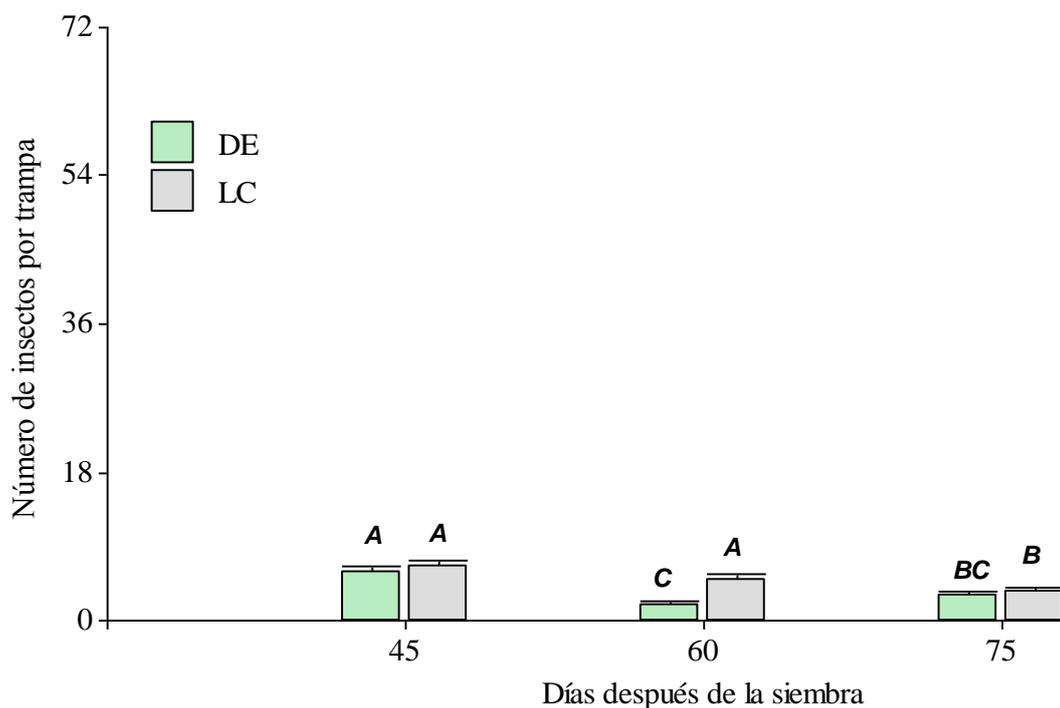


Figura 61. Número de mosca blanca (*Aleyrodidae sp*) en tres monitoreos en el cultivo de fréjol.

El número de moscas blancas obtenidas a los 45 días después de la siembra (dds), fueron similares en los dos tipos de labranzas con una media de 6 insectos. Por el contrario a los 60 dds fueron diferentes, presentando mayor número en la labranza convencional con una media

de 5 insectos, comparados con el doble excavado en el que se obtuvo una media de 2 insectos. Mientras que a los 75 dds, se obtuvo similitud de 3 insectos en la labranza convencional y en el doble excavado.

El mayor número de mosca blanca se registró en los tratamientos fertilizados con compost con una media de los 5 insectos. Mientras que en el biol y el fertilizante químico mantuvieron similitud con una media de 4 insectos por trampa (Figura 62).

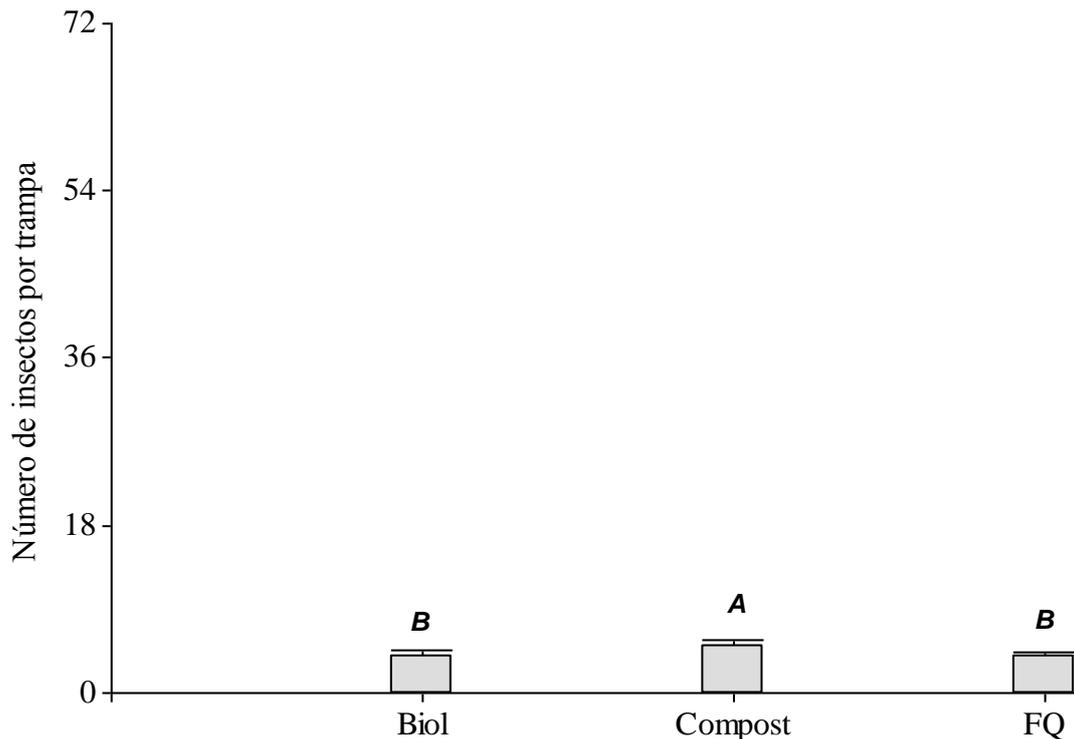


Figura 62. Número de mosca blanca (*Aleyrodidae* sp) por cada fertilizante.

4.8.2. Mosca minadora de hoja (*Liriomyza trifolii*)

En la Tabla 36 el análisis estadístico muestra que no existe interacción entre labranza, tipo de fertilizante y número de trampa ($F=0.27$; $gl=4,32$; $p= 0.8947$) para el conteo de minador, existe una interacción de la labranza y del número de trampa ($F=2.72$; $gl=4,32$; $p= 0,0470$) independientemente del tipo de labranza, de igual forma existe una interacción entre labranza y número de trampa ($F=4.02$; $gl=2,32$; $p= 0.0278$).

Tabla 36

Esquema del ADEVA del número de mosca minadora de la hoja (*Liriomyza trifolii*) por trampa en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	12.24	0.0729
Fertilizante	2	32	1.88	0.1697
dds *	2	32	11.68	0.0002
Labranza: Fertilizante	2	32	0.04	0.9595
Labranza: dds *	2	32	4.02	0.0278
Fertilizante: dds*	4	32	2.72	0.047
Labranza: Fertilizante: dds*	4	32	0.27	0.8947

Nota: * días después de la siembra

Con respecto a la interacción entre el tipo de fertilizante y los días después de la siembra, a los 45 días después de la siembra (dds) se obtuvo similar número de insectos con compost y fertilizante químico con una media de 11 insectos por trampa; de igual forma con fertilizante químico y biol el número de minadores fueron similares con un promedio de 8. Sin embargo el compost fue superior al biol en 27% (Figura 63).

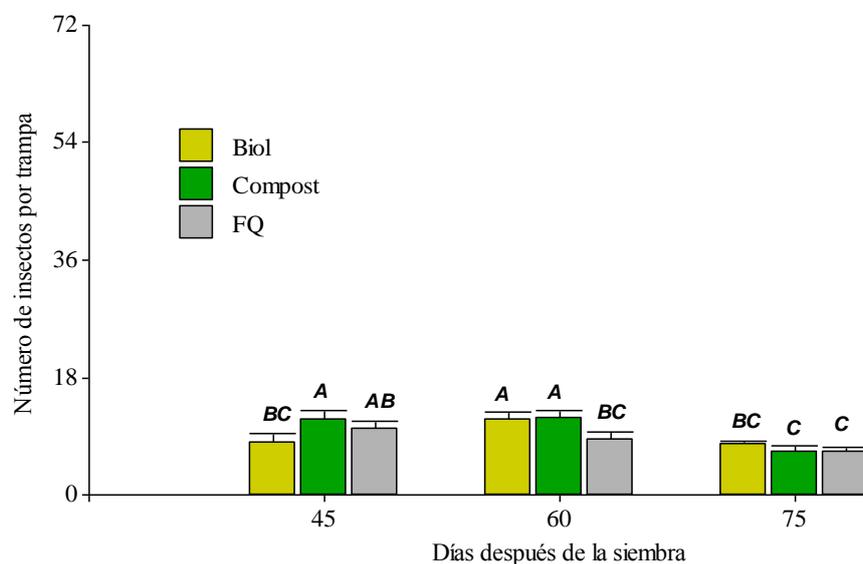


Figura 63. Número de mosca minadora de la hoja (*Liriomyza trifolii*) entre sistemas de labranza y días después de la siembra.

A los 60 dds, los abonos orgánico presentaron un número similar de mosca minadora con una media de 11 insectos, siendo superiores a la fertilización química en 28%. En tanto que a los 75 dds, el número de insectos fue similar en todos los tratamientos independientemente del

tipo de fertilización, con una media de 7 insectos. Asimismo hubo menor número de insectos comparados con los obtenidos en la primera y segunda revisión después de la siembra.

En la figura 64 muestra, a los 45 y 60 días después de la siembra se observó una diferencia estadística entre el doble excavado y la labranza convencional, siendo este último superior en el número de minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*) con 8 y 12 insectos por trampa, respectivamente. Sin embargo, en el tercer monitoreo a los 75 días después de la siembra no se observó dicha diferencia, ya que se el número de insectos fue similar con 7 insectos por trampa independientemente del tipo de labranza.

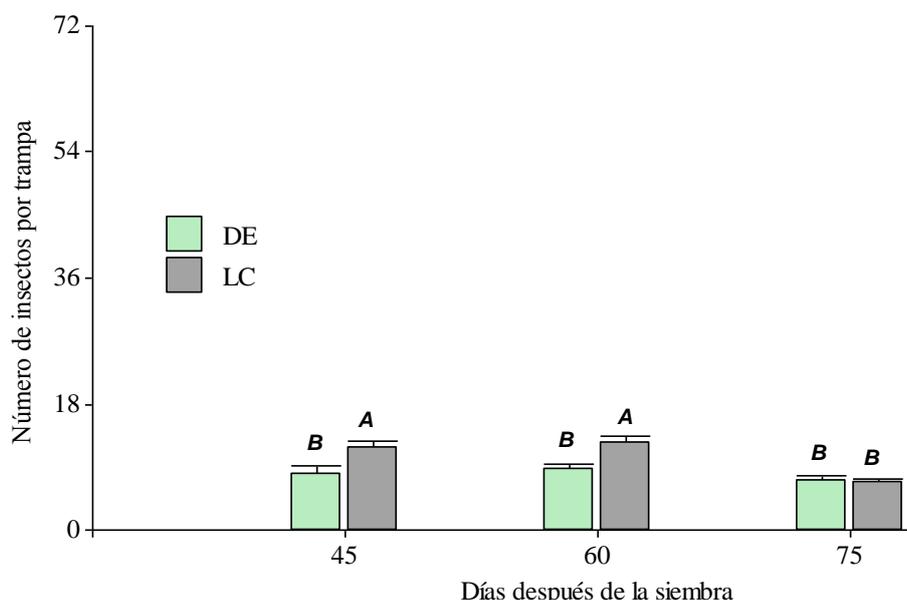


Figura 64. Número de mosca minadora de la hoja (*Liriomyza trifolii*) por trampa en tres revisiones.

4.8.3. Lorito verde (*Empoasca kraemeri*) en trampas

El análisis estadístico mostró que no existe interacción entre labranza, fertilizante y días después de la siembra ($F=0.28$; $gl=4,32$; $p= 0.8873$), para el conteo de lorito verde. Asimismo no hubo interacción entre fertilizante y días después de la siembra ($F=0.42$; $gl=4,32$; $p= 0.7936$). Además no presentó interacción entre labranza y días después de la siembra ($F=0.56$; $gl=2,32$; $p= 0.5783$). De igual forma no existió interacción entre labranza y tipo de fertilizante ($F=0.05$; $gl=2,32$; $p= 0.9523$). Por el contrario hubo efecto de la trampa independientemente del tipo de labranza y de tipo de fertilizante ($F=7.20$; $gl=2,32$; $p= 0.0026$) como se observa en la Tabla 37.

Tabla 37

Esquema del ADEVA del número de loritos verdes (empoasca kraemeri) por trampa en tres revisiones

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	0.13	0.7495
Fertilizante	2	32	1.46	0.2475
dds *	2	32	7.2	0.0026
Labranza: Fertilizante	2	32	0.05	0.9523
Labranza: dds*	2	32	0.56	0.5783
Fertilizante: dds *	4	32	0.42	0.7936
Labranza:Fertilizante:dds*	4	32	0.28	0.8873

Nota:* días después de la siembra

Con respecto al conteo de loritos verdes por trampa, a los 45 y 60 días después de la siembra fueron similares con una media de 30 insectos por trampa. En tanto que a los 70 dds, el número de loritos verdes fue superior con una media de 60 insectos por trampa.

El mayor número de insectos puede atribuirse a que la trampa 3 se colocó a los 3 meses de edad del cultivo y a las condiciones ambientales presentes en ese tiempo era verano, propicia para el desarrollo de esta plaga.

El número de insectos por trampa fue diferente en cada plaga, con respecto a mosca blanca después de 60 y 70 días después de la siembra se redujo de 6 a 3 insectos por trampa, el minador se redujo de 8 a 7, mientras que la población de lorito verde incrementó de 30 a 60 insectos por trampa, esto independientemente del sistema de labranza y del fertilizante empleado (Figura 65).

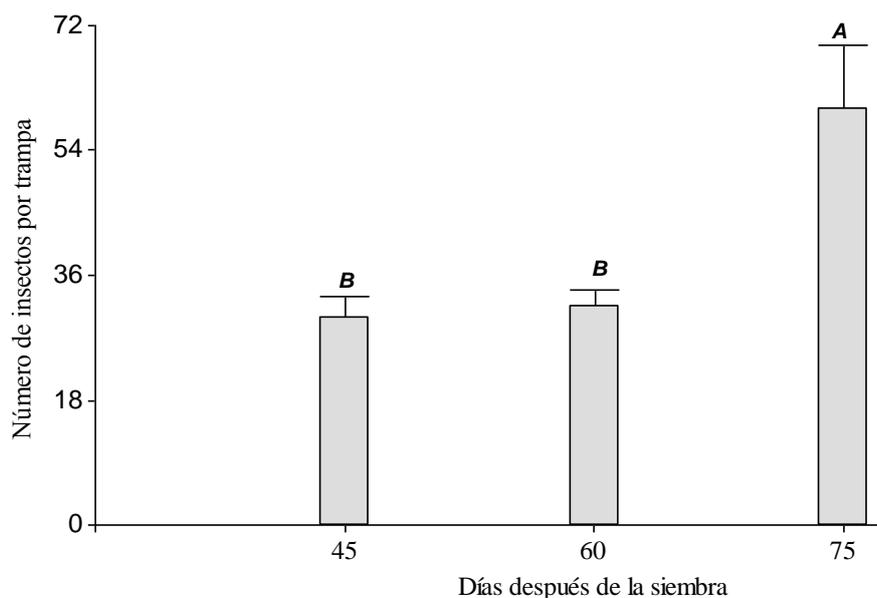


Figura 65. Número de loritos verdes (*Empoasca kraemeri*) por trampa en días después de la siembra.

De acuerdo a un estudio realizado por Pacheco, Soto y Valenzuela (2016) en el cultivo de camote y fréjol en captura semanal empleando trampas amarillas, determinaron que la población aceptable es de 160 moscas por trampa ha^{-1} . En la presente investigación el monitoreo fue quincenal, pero mediante el empleo de una regla de tres simple se determinó que es aceptable 2.34 moscas por trampa por tratamiento, se encontró 3 moscas por trampa.

La población aceptable diaria en un cultivo de fréjol o papa es de 130 mosca minadora de hoja por trampa diaria en $200m^2$ (Acuña y Castro, 2010), en un monitoreo quincenal el número aceptable es de 474 moscas. En la presente investigación se obtuvo un total de 8 insectos por trampa siendo inferior en un 98%.

Con respecto a lorito verde Nava y Cano (2000) en el monitoreo diario de esta plaga determinaron una población de 100 insectos por trampa por $200m^2$, para la presente investigación el monitoreo quincenal la población aceptable es de 364 insectos por trampa, la población obtenida fue de 60 loritos verdes por trampa, siendo inferior en un 84%.

4.9. Correlación entre el número de insectos y la severidad

4.9.1. Mosca blanca (*Aleyrodidae* sp)

El análisis estadístico de la correlación (Tabla 28) señaló que, el número de insectos por trampa tiene efecto significativo ($F=6.05$; $gl=1,52$; $p= 0.0172$), es decir que el 9% de la severidad de mosca blanca esta dado por el número de insectos (Tabla 38).

Tabla 38

Esquema del ADEVA de la correlación entre el conteo en trampas y el porcentaje de severidad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Valor P
% severidad de mosca blanca	1	6.05	0.0172
Error	52		
Total	53		

Debido al número de insectos obtenidos en las trampas y la severidad de mosca blanca presentado durante el ciclo de cultivo de fréjol se procedió a realizar la respectiva correlación entre el porcentaje de severidad (Tabla 26) y el número de insectos por trampa (Tabla 27).

En la figura 66 se aprecia una correlación inversamente proporcional entre las variables, lo que significa que a medida que el porcentaje de severidad de mosca blanca incrementa, el número de insectos se reduce; de esta forma, se confirma que el porcentaje de severidad de mosca blanca dentro del cultivo tiene influencia negativa. Por lo tanto solo el 9% del porcentaje de la severidad esta dado por el número de insectos.

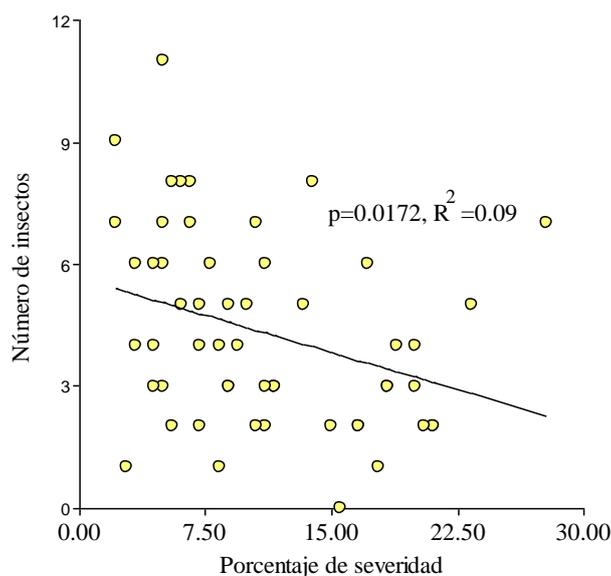


Figura 66. Correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de insectos.

4.9.2. Mosca minadora de hoja (*Liriomyza trifolii*)

El análisis de correlación lineal señaló que, el número de insectos por trampa tiene efecto significativo ($F=17$; $gl=1,52$; $p=0.0001$) para la correlación entre el número de insectos y el porcentaje de severidad de mosca minadora de hoja (Tabla 39).

Tabla 39

Esquema de la correlación lineal del porcentaje de severidad de mosca minadora de hoja

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Valor P
% severidad de minador	1	17	0.0001
Error	52		
Total	53		

Debido al número de insectos obtenidos en las trampas y la severidad de mosca minadora presentado durante el ciclo de cultivo de fréjol se procedió a realizar la respectiva correlación entre el porcentaje de severidad (Tabla 31) y el número de insectos por trampa (Tabla 32).

En la figura 67 se aprecia una correlación inversamente proporcional entre las variables, lo que significa que a medida que el porcentaje de severidad incrementa, el número de insectos se reduce; de esta forma, se corrobora que el porcentaje de severidad de mosca minadora de

dentro del cultivo tiene influencia negativa. Es decir que el 23% de la severidad esta dado por el número de insectos presentes en el cultivo.

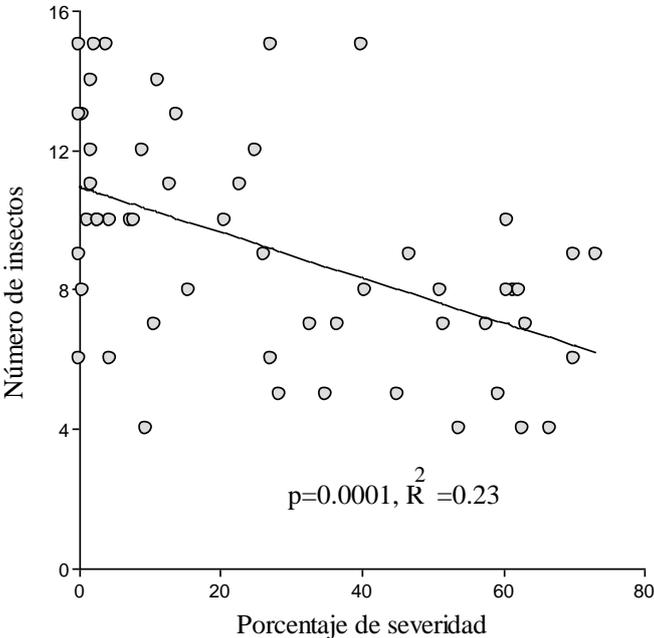


Figura 67. Correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de insectos en el cultivo de fréjol.

4.9.3. Lorito verde (*empasca kraemeri*)

En la tabla 40, el análisis de correlación (Tabla 37) señaló que, el número de insectos por trampa tiene efecto significativo ($F=7.19$; $gl=1,52$; $p= 0.0098$), para la correlación entre número de insectos y el porcentaje de severidad de lorito verde registrado en los distintos estados fenológicos del cultivo.

Tabla 40
Esquema de la correlación lineal entre el porcentaje de severidad y el número de lorito verde

Fuentes de variación	Grados de libertad	Valor F	Valor P
% de severidad de Empasca	1	7.19	0.0098
Error	52		
Total	53		

Debido al número de insectos obtenidos en las trampas y la severidad de lorito verde presentado durante el ciclo de cultivo de fréjol se procedió a realizar la respectiva correlación entre el porcentaje de severidad (Tabla 36) y el número de insectos por trampa (Tabla 37).

En la figura 68 se aprecia una correlación directamente proporcional entre las variables, lo que significa que a medida que el porcentaje de severidad incrementa, el número de insectos incrementa; de esta forma, se corrobora que el porcentaje de severidad de lorito verde dentro del cultivo tiene influencia negativa. Es decir que el 10% del porcentaje de severidad total es afectado por el número de insectos.

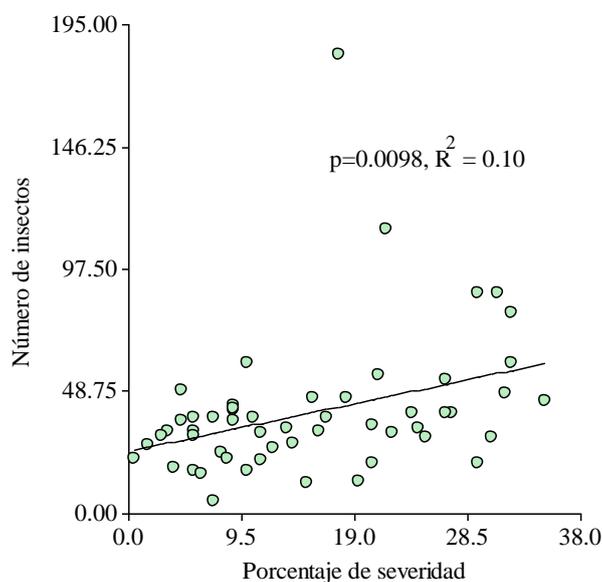


Figura 68. Correlación lineal entre el número de insectos y el porcentaje de severidad de Lorito verde.

4.10. Correlación lineal entre el número y peso de granos frescos

Tabla 41

Correlación entre número y el peso de granos tiernos de fréjol

Tratamiento	p Valor	R ²
DE:B	0.0001	0.90
DE:C	0.0040	0.68
DE:FQ	0.0529	0.36
LC:B	<0.0001	0.98
LC:C	0.0019	0.74
LC:FQ	0.0311	0.44

La correlación entre el número y el peso de la semilla fue superior al 30% en la mayoría de los tratamientos, sin embargo, los tratamientos más sobresalientes fueron en DE:B y LC:B, con porcentajes del 90% y del 98% respectivamente. A continuación se describe los tratamientos más representativos:

4.10.1. Doble excavado con biol

En el tratamiento que involucra dobe excavado mas biol el 90% del peso fresco del grano esta representado por la cantidad de semillas, siendo directamente proporcional ,como se observa en la figura 69.

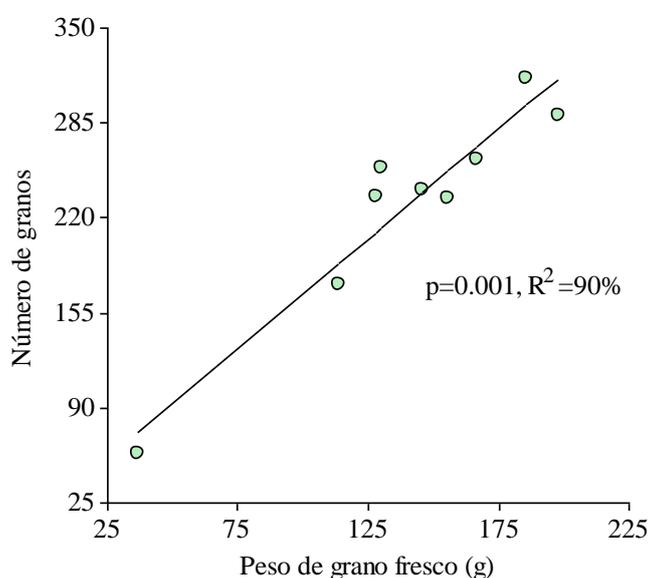


Figura 69. Correlación entre el número y peso de granos frescos.

4.10.2. Labranza convencional con biol

Sin embargo en la labranza convencional con biol, existe un correlación positiva el 98% del peso fresco del grano esta representado por el número de semillas, siendo directamente proporcional, por ello el peso de 300 granos frescos es de 200 g (Figura 70).

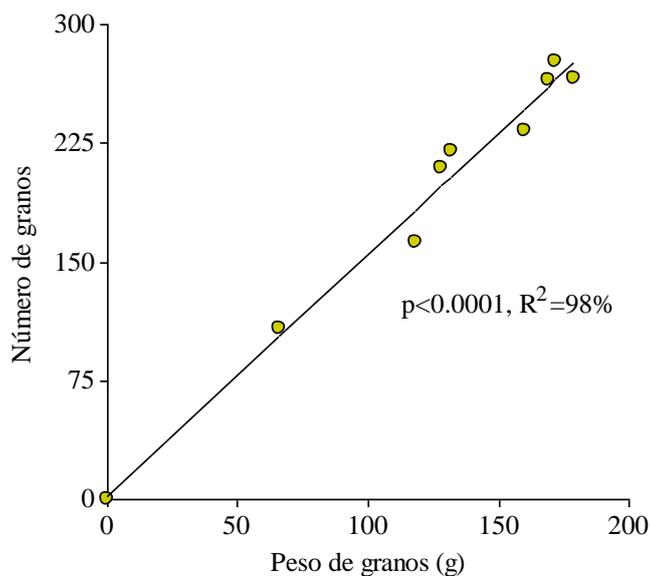


Figura 70. Correlación entre el número y el peso de semillas.

4.11. Rendimiento

Los resultados muestran que no presentó interacción entre labranza y la fuente de fertilizante ($F=0.04$; $gl=2,46$; $p=0.96$), de igual forma no hubo efecto de la fuente de fertilizante ($F=1.99$; $gl=2,46$; $p=0.1482$), asimismo no presentó efecto del sistema de labranza ($F=0.61$; $gl=2,46$; $p=0.4404$), para la variable rendimiento del cultivo de fréjol en tierno (Tabla 42).

Tabla 42

Esquema del ADEVA del rendimiento del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) var. Paragachi en tierno

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	Valor F	Valor P
Labranza	1	46	0.61	0.4404
Fertilizante	2	46	1.99	0.1482
Labranza: Fertilizante	2	46	0.04	0.96

En la figura 71, en análisis de pruebas de medias Fisher LSD mostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio independientemente del sistema de labranza y fuente de fertilizante empleado. Sin embargo, agrónomicamente existió diferencias obteniéndose así un rendimiento promedio de 3492.80 en biol, 4945.99 $kg\ ha^{-1}$ en compost y 5542.70 $kg\ ha^{-1}$ con fertilización química en los dos sistemas de labranza.

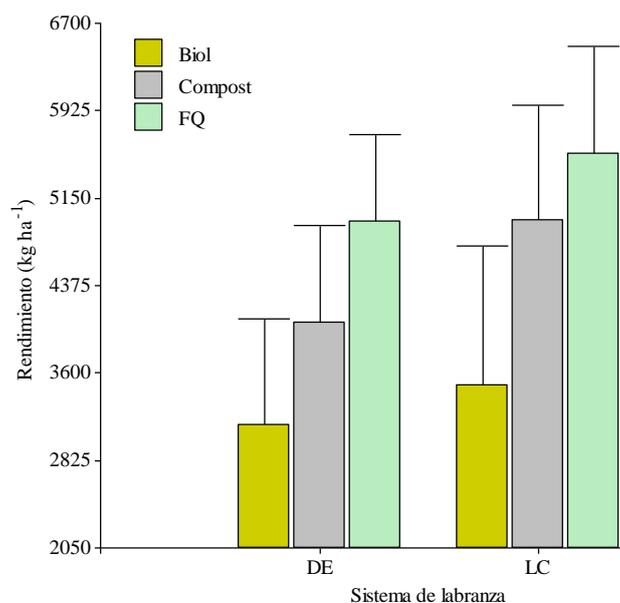


Figura 71. Rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en tierno en kg ha⁻¹.

Gómez, Lázaro, y León (2008) de igual no obtuvieron una interacción entre labranza y fertilizante en el rendimiento del cultivo de fréjol, sin embargo existió efecto de los abonos orgánicos. Los cuales mejoraron las propiedades químicas del suelo, tales como el pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), concentración de materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes, incrementando los rendimientos en un 25%. En tanto que en esta investigación no existió efecto de la labranza ni de las fuentes de fertilizantes, debido a que el rendimiento obtenido en cada parcela neta fue distinto para cada tratamiento.

Un estudio realizado por Jácome (2015), obtuvo mayor rendimiento en el sistema de fertilización combinado (orgánico + inorgánico) siendo de 352.2 kg ha⁻¹, por el contrario la fertilización química presentó 300 kg ha⁻¹ y la fertilización orgánica presentó 250 kg ha⁻¹. Los rendimientos altos están asociados a la proporción de nutrientes de fácil asimilación. Dicho estudio no coincide con esta investigación puesto que se obtuvieron rendimientos superiores en un 94% independientemente del sistema de labranza y de la fuente de fertilización empleada.

De igual forma en otro estudio realizado en labranza convencional y en labranza de conservación, no existió una interacción entre labranza y fertilizantes en el rendimiento, sin embargo existió efecto de los fertilizante. En los tratamientos fertilizados con T1 (N P K Mg + micronutrientes) y T2 (materia orgánica +Rhizobium sp), obtuvieron rendimientos de 2940

kg ha⁻¹ y 2111 kg ha⁻¹ respectivamente, con fertilizante químico obtuvieron mayor rendimiento comparado con la fertilización orgánica (Malla y Vásquez, 2018). Dicho estudio coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, sin embargo se obtuvo rendimientos superiores en un 47% con respecto a la fertilización química y en un 62% en la fertilización orgánica.

Sin embargo con la incorporación de 45 kg de compost/parcela de 12.50m² obtuvieron un rendimiento de 14080 kg ha⁻¹ de fréjol tierno, este rendimiento fue superior en 61% a lo registrado en la presente investigación (Espejo y Navas, 2017).

El rendimiento en vainas tiernas con la incorporación de biol de estiércol bovino alcanzó valores de 8142.5 kg ha⁻¹, superior a la fertilización química convencional de 3448 kg ha⁻¹, el incremento del rendimiento fue del 57.65% (Fedegro, 2015). En la presente investigación con la aplicación de biol se obtuvo el menor rendimiento, sin embargo fue superior en 4% a los datos presentados por Fedegro. Este resultado permite afirmar que la aplicación de un abono orgánico puede aumentar el suministro de nutrientes para la planta a largo plazo, lo que incidiría directamente en un mejor rendimiento (Barrios y Pérez, 2018).

4.12. Análisis económico

Para el estudio de la producción de fréjol bajo dos sistemas de labranza y tres tipos de fertilizantes, se analizaron los costos de producción y los ingresos por ventas, mediante los indicadores financieros relación beneficio/costo y costo de oportunidad. La estructura de costos se calculó en diferentes rubros agrupados en costos directos e indirectos que se utilizan en la producción de fréjol arbustivo (Figura 72 y 73), respectivamente.

Además se utilizaron los datos de rendimiento en campo por cada tratamiento, expresados en kilogramos por hectárea, de igual manera todos los costos de egresos e ingresos fueron expresados en USD ha⁻¹. El costo de la semilla fue de (0.33 USD kg⁻¹) y el precio de venta de la cosecha de fréjol tierno fue de (0.71 USD kg⁻¹), en el que se consideró el 10% de imprevistos. De igual forma el biol, el compost y el fertilizante químico tuvieron un precio de (0.11 USD l⁻¹), (11 USD m³) y (0.35 USD kg⁻¹), respectivamente. En tanto que, los costos de mano de obra fueron de 15 USD/ ha.

Además se utilizarón los datos de rendimiento en campo por cada tratamiento, expresados en kilogramos por hectárea, de igual manera todos los costos de egresos e ingresos fueron expresados en USD ha⁻¹. El costo de la semilla fue de (0.33 USD kg⁻¹) y el precio de venta de la cosecha de frejól tierno fue de (0.71 USD kg⁻¹), en el que se consideró el 10% de imprevistos. De igual forma el biol, el compost y el fertilizante químico tuvieron un precio de (0.11 USD l⁻¹), (11 USD m³) y (0.35 USD kg⁻¹), respectivamente. En tanto que, los costos de mano de obra fueron de 15 USD/ ha.

RUBRO	UNIDAD	LC: B			LC: C			LC: FQ		
		CANTIDAD Ha	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)	CANTIDAD Ha	VALOR UNITARI O USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)	CANTIDAD Ha	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)
A. COSTOS DIRECTOS										
1. Preparación del suelo										
Análisis de suelos	unidad	1	60.48	60.48	1	60.48	60.48	1	60.48	60.48
Doble escavado	jornal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arado	horas	1	25	25	2	25	50	2	25	50
Rastra	horas	1	25	25	2	25	50	2	25	
Surcado	jornal	2	25	50	2	25	50	2	25	50
2. Mano de obra										
Siembra	jornal	5	15	75	5	15	75	5	15	75
Fertilización	jornal	6	15	90	6	15	90	6	15	90
Aplicación de insecticidas, fungicidas	jornal	2	15	30	3	15	45	2	15	30
Aporque	jornal	7	15	105	7	15	105	7	15	105
Cosecha	jornal	5	15	75	5	15	75	7	15	105
3. Insumos										
Semilla	kg	120	1	108	120	0.90	108	120	0.90	108
Costales	unidades	80	1	80	80	1	80	80	1	80
Biol	litros	24697.53	0.11	2716.73	0	0	0	0	0	0
Compost	m3	0	0	0	3	11.00	33.99	0	0	0
Fertilizante Químico	kg	0	0	0	0	0	0	82.30	0.35	28.81
4. Insecticidas y funguicidas	unidad	2.00	19.50	39.00	2.00	19.50	39.00	25.00	9.73	243.25
5. Sistema de riego	Unidades	1.00	414.14	414.14	1.00	414.14	414.14	1.00	414.14	414.14
B. COSTOS INDIRECTOS										
Bomba de mochila	20 litros	6	1	6	6	1	6	6	1	6
Ariendo de terreno	USD/ciclo	1	100	100	1	100	100	1	100	100
Transporte	unidad	1	2	2	1	2	2	1	2	2
Análisis foliar	unidad	1	35	35	1	35	35	1	35	35
Análisis de biol	unidad	1	24	24	0	0	0	0	0	0
Análisis de compost	unidad	0	0	0	1	24	24	0	0	0
		SUBTOTAL		4060.35	SUBTOTAL		1442.61	SUBTOTAL		1547.68
		Imprevistos 10%		406.03	Imprevistos 10%		144.26	Imprevistos 10%		154.77
		TOTAL		4466.38	TOTAL		1586.87	TOTAL		1702.44

Figura 72. Esquema de costos de producción de fréjol en doble escavado.

RUBRO	UNIDAD	LC: B			LC: C			LC: FQ		
		CANTIDAD Ha	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)	CANTIDAD Ha	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)	CANTIDAD Ha	VALOR UNITARIO USD.	VALOR TOTAL (USD/ha)
A. COSTOS DIRECTOS										
1. Preparación del suelo										
Análisis de suelos	unidad	1	60.48	60.48	1	60.48	60.48	1	60.48	60.48
Doble escavado	jornal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arado	horas	1	25	25	2	25	50	2	25	50
Rastra	horas	1	25	25	2	25	50	2	25	50
Surcado	jornal	2	25	50	2	25	50	2	25	50
2. Mano de obra										
Siembra	jornal	5	15	75	5	15	75	5	15	75
Fertilización	jornal	6	15	90	6	15	90	6	15	90
Aplicación de insecticidas, fungicidas	jornal	2	15	30	3	15	45	2	15	30
Aporque	jornal	7	15	105	7	15	105	7	15	105
Cosecha	jornal	5	15	75	5	15	75	7	15	105
3. Insumos										
Semilla	kg	120	1	108	120	0.90	108	120	0.90	108
Costales	unidades	80	1	80	80	1	80	80	1	80
Biol	litros	24697.53	0.11	2716.73	0	0	0	0	0	0
Compost	m3	0	0	0	3	11.00	33.99	0	0	0
Fertilizante Químico	kg	0	0	0	0	0	0	82.30	0.35	28.81
4. Insecticidas y funguicidas	unidad	2.00	19.50	39.00	2.00	19.50	39.00	25.00	9.73	243.25
5. Sistema de riego	Unidades	1.00	414.14	414.14	1.00	414.14	414.14	1.00	414.14	414.14
B. COSTOS INDIRECTOS										
Bomba de mochila	20 litros	6	1	6	6	1	6	6	1	6
Ariendo de terreno	USD/ciclo	1	100	100	1	100	100	1	100	100
Transporte	unidad	1	2	2	1	2	2	1	2	2
Análisis foliar	unidad	1	35	35	1	35	35	1	35	35
Análisis de biol	unidad	1	24	24	0	0	0	0	0	0
Análisis de compost	unidad	0	0	0	1	24	24	0	0	0
		SUBTOTAL		4060.35	SUBTOTAL		1442.61	SUBTOTAL		1547.68
		Imprevistos 10%		406.03	Imprevistos 10%		144.26	Imprevistos 10%		154.77
		TOTAL		4466.38	TOTAL		1586.87	TOTAL		1702.44

Figura 73. Esquema de costos de producción de fréjol en labranza convencional.

En la Tabla 43, se observa que el tratamiento DE:B presentó el costo más elevado el cual fue de 8972.63 USD ha⁻¹, en tanto que en los tratamientos de DE:C, DE:FQ y LC:B los costos de producción fueron similares con un promedio de 4173.94 USD ha⁻¹. En tanto que, LC:C y LC:FQ presentaron los menores costos con un promedio de 1644.66 USD ha⁻¹. Los costos obtenidos en LC:FQ están acorde a lo mencionado por MAG (2018), de un sistema semitecnificado de producción de fréjol con rendimientos de 80 bultos de 110 libras, los cuales oscilan desde 1700 a 1900 USD ha⁻¹. En tanto que los costos obtenidos en LC:C fueron inferiores en un 12%, es decir 213.13 USD inferiores con respecto a los obtenidos en LC:FQ.

Tabla 43

Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas del cultivo de fréjol

Indicadores	DE:B	DE:C	DE:FQ	LC:B	LC:C	LC:FQ
Costos de producción	8972.63	3955.52	4099.92	4466.38	1586.87	1702.44
Ingresos por venta	1780.49	2286.49	2818.01	1974.43	2801.24	3141.01
Rendimiento kg ha ⁻¹	28263.9	36365.7	44513.9	31435.19	44537.0	49884.3
Utilidad bruta	-7192.14	-1669.03	-1281.91	-2491.95	1214.37	1438.57
B/C	0.20	0.58	0.69	0.44	1.77	1.85
Costo de oportunidad	-7117.21	-1636.00	-1247.67	-2454.65	1227.62	1452.79

DE:B: doble excavado con biol; DE:C doble excavado con compost; DE:FQ doble excavado con fertilización química; LC:B labranza convencional con biol; LC:C labranza convencional con compost; LC:FQ; labranza convencional con fertilización química.

Según el MAG (2018), el 46% de los costos directos involucra la mano de obra y el 51% los insumos (semillas, plaguicidas, fertilizantes), los cuales son indispensables para el desarrollo fenológico del cultivo. En esta investigación los costos en insecticidas y fungicidas fueron bajos, debido a que se mantuvo un enfoque a la agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente.

Sin embargo los altos costos en los tratamientos de DE se debieron a la mano de obra que se necesita para elaborar las camas de doble excavado. Asimismo la cantidad de biol que se necesita para cumplir los requerimientos nutricionales de una hectárea de suelo con las mismas condiciones nutricionales sería de 49000 litros. Cabe resaltar que el doble excavado tiene una duración de 5 años y durante ese tiempo se puede producir 12 ciclos de fréjol tierno, el beneficio intangible que produce este sistema de labranza en la conservación del suelo, es a largo plazo para una mejora de la calidad de suelo en estructura física, química y biológica. De igual forma la incorporación de abonos orgánicos facilitan la labranza del suelo, sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo (PYMERURAL y PRONAGRO,2011),

por ende los costos son altos en el primer ciclo de cultivo luego estos se reducen en mano de obra y principalmente la fertilización, ya que los nutrientes se estabilizan a largo plazo.

En tanto que, la constante producción convencional afecta la calidad del suelo a largo plazo a través de la pérdida masiva de materia orgánica y micronutrientes. De igual forma los precios de los fertilizantes químicos van en alza y para muchos agricultores es difícil utilizar fertilizantes inclusive en bajos niveles ($<25 \text{ kg ha}^{-1}$), ya que su costo esta subiendo más rápidamente que los ingresos generados por la agricultura. Por ello el evitar los altos precios de los fertilizantes por medio del uso del biol o compost incrementará aun más la rentabilidad de un cultivo (Warnars y Oppenoorth, 2014).

De igual forma en la investigación se obtuvo costos elevados por el sistema de riego empleado, siendo el riego por aspersión, esto debido a la facilidad de manejo en las camas de doble excavado. Regularmente en el cultivo de fréjol no se utiliza este sistema ya que se emplea el riego por surcos o por gravedad.

4.12.1. Beneficio /costo

Para realizar el análisis de la Relación Beneficio/Costo, se consideraron los costos directos e indirectos (Anexo 7), que incidieron en la producción de fréjol arbustivo en fresco o tierno y el precio de venta de la cosecha en los mercados que se tiene demanda de este producto de 28 USD el bulto de 110 lb al momento de la cosecha.

Los beneficios se evidenciaron en los tratamientos de LC:C y LC:FQ, los cuales fueron de 1.77 y 1.85, respectivamente. Es decir que por cada dólar que invierte obtiene 0.77 USD y 0.85 USD de ganancia (Tabla 43). Mientras que, en el resto de tratamientos no fueron económicamente rentables para la producción de fréjol arbustivo en el primer ciclo de producción, la relación beneficio/costo fue inferior a 1, lo que quiere decir que no existió ganancias en el primer ciclo de cultivo.

4.12.2. Costo de oportunidad

El costo de oportunidad se obtuvo en los tratamientos de DE:B, DE:C, DE:FQ y en LC:B debido a que los costos de producción fueron superiores a los ingresos por ventas obtenidos al producir 1 ha de fréjol. Por lo tanto, no es atractivo invertir en estos métodos porque el período de recuperación de la inversión es muy largo y dura varios años.

Por el contrario, en los tratamientos de LC:C y LC:FQ, es conveniente económicamente invertir en el cultivo con estos tratamientos, pues se genera utilidad superior a lo que se obtendría por colocar el dinero en las instituciones financieras, tal es el caso que la utilidad es de 1227.62 USD y 1452.79 USD, respectivamente (Tabla 43).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El doble excavado no influyó en el rendimiento del cultivo de fréjol, sin embargo, el uso de fertilizantes orgánicos permitió alcanzar un rendimiento similar a la fertilización química. Los resultados de esta investigación demostraron que aunque hubo una tendencia a aumentar la disponibilidad de macronutrientes, la fertilización química también demostró un incremento con el uso de compost y biol. En cambio, los micronutrientes sólo aumentaron cuando se fertilizó con compost y biol.
- En el doble excavado el uso de compost y biol aumentó la disponibilidad de agua entre los 20 cm y 40 cm de profundidad. A esta profundidad la densidad aparente disminuyó y la porosidad del suelo aumentó. El uso de biol y de compost promovieron la formación de nódulos en un 58% con respecto a la fertilización química, lo que permitió una mayor fijación de nitrógeno. Las evaluaciones también indicaron que la incidencia de plagas fue similar en los dos sistemas de labranza, sin embargo se observó una mayor severidad en la labranza convencional.
- Con respecto al análisis económico, la relación beneficio costo fue mayor en labranza convencional con aplicación de compost y con fertilización química, con valores de 1.77 y 1.85, respectivamente. Mientras que el resto de tratamientos no fueron económicamente rentables en el primer ciclo del cultivo al presentar valores inferiores a 1, lo que indicaría que la recuperación de la inversión sería en el segundo año de producción. Sin embargo, los beneficios intangibles del doble excavado en la calidad del suelo son a largo plazo.

5.2. Recomendaciones

- El doble excavado es un sistema de labranza que permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Además, al incrementar el contenido de agua en el suelo favorece su disponibilidad para el cultivo en zonas de secano o con difícil acceso a agua de riego.
- El compost puede ser utilizado como una alternativa a la fertilización química, lo que permitiría reducir en el país hasta en un 40% el uso de fertilizantes químicos. De esta manera reconfigurar el sistema productivo hacia uno más sustentable, en donde se aprovechen los recursos de manera sustentable.
- El uso de doble excavado en cultivos con un sistema radicular más profundo, permitiría evidenciar más claramente el efecto del sistema de labranza sobre la productividad del cultivo.

Referencias bibliográficas

- Abid, M., Ahmed, R., Umair, A., y Islam, M. (2015). Effect of integrated nutrient application on growth and yield of maize. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences*, 58, 122+.
- Acuña, I., y Castro, M. (2015). Manual de Manejo Integrado de Plagas (MIP).INIA recuperado de <http://manualinia.papachile.cl/?page=manejo&ctn=67>
- Agropecuaria, S. d. I. N. (2016). *Boletín situacional de fréjol tierno y seco*. (16). Recuperado de <http://sinagap.agricultura.gob.ec>
- Aguilar, G., Peña, C., García, R., Ramírez, P., Benedicto, G., y Molina, J. (Noviembre de 2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus Vulgaris l.*) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46, 37-50.
- Alcalá, J., y Flores, L. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos- Física de suelos. Universidad Nacional Autónoma de México.1-96.
- Alfonso, C., y Monedero, M. (2004). *La ciencia del suelo y su manejo*. Ecuador 1ra Ed. Delmar Publishers. 419 p.
- Altamirano Flores, M., y Cabrera Carranza, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 9, 75+.
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador (2008). Constitución de la República del Ecuador, creada en Ciudad Alfaro, Montecristi, Ecuador.
- Avenza Álvarez, Á. (2018). *Preparación del medio de cultivo. UF0019 (2a. ed.)*. Málaga, Spain: IC Editorial.

- Arias, J. H., Jaramillo, M.; Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Fríjol Voluble. Bogota, Colombia: FAO.
- ASOPROL, (2009). Guía técnica para el cultivo de fréjol, Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fréjol. <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Barrios, M., y Perez, D. (2018). Efecto de la aplicacion continua de estiercol bovino sobre el crecimiento y produccion de maiz y características químicas del suelo. *BIOAGRO*, 30, 117.
- Baras, N y Cañete, A. (2000). Control de enfermedades en vainita (*Phaseolus vulgaris*) e incremento de rendimiento. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1249.pdf>
- Bejarano, C., y Méndez, H. (2004). *Repositorio Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/224/1/03%20REC%2042%20TESIS.pdf>
- Beltrán, M., Brutti, L., Romaniuk, R., Bacigaluppo, S., Salvagiotti, F., Sainz, H., & Galantini, J. (2016). Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura. *Ciencia del suelo*, 34(1), 67-79.
- Cabrera Moreira, S., Pérez Olmos, C., y Plá Rodríguez, E. (2003). Permeabilidad y aireación en vertisoles I: relación con la materia orgánica y otros índices del estado físico. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 24, 48+.
- Cabrera, Y., Santana, Y., y Miranda, E. (2017). Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones semicontroladas. *Revista Científica Avances*, 19 (1).66-74.
- Cameron, K., Loeb, G., Abrahamson, L., White, C., y Smart, L. (2010). *Willowpedia*. Recuperado de <https://blogs.cornell.edu/willow/files/2014/10/Potato-leafhopper-Empoasca-fabae-fact-sheet-24qepzi.pdf>

- Channabasanagowda, N., Biradar, B., Patil, J., Awaknavar, B., Ningalur, & Hunje, R. (2007). Effect of Organic Manures on Growth, Seed Yield and Quality of Wheat. *Agricultural science*, 366-368.
- Capinera, J., (2017). Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Entomología y Nematología. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/a_serpentine_leafminer.htm
- Castaño ,J., Zepeda, José., 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), p. 1-19.
- Castellanos, J., Uvalle, J. y Aguilar, A (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. Segunda Edición. INIFAP- Gto. Chapingo-Edo de México. 1-6 p.
- Coforto, C., Correa, O., Rovea, A., Boxeador, M., Rodríguez, S., Mintigüega, J., Vargas, S. (2012). Influencia de la fertilización inorgánica sobre la actividad microbiana del suelo 18 -21. Retrieved from IPNI website: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F4A4F639EB835CEF85257AC5006D6E33/\\$FILE/18.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F4A4F639EB835CEF85257AC5006D6E33/$FILE/18.pdf)
- Correndo, A. y García, F.(2012) Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico. ResearchGate, Costa Rica
- Cruz, V. (Diciembre de 2013). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de tabasco (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Bogota.
- Cruz, M. (2014). Validación de diferenciales de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para evaluar la respuesta a la inoculación con cepas de *Rhizobium* (tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Cubeiro , D. Viera, M.(1999).) XI Congreso Nacional Agronómico .Recuperado de http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_061.pdf

- Dexter, A. (2004). Calidad física del suelo: Parte I. Teoría, efectos de la textura del suelo, densidad y materia orgánica y efectos en el crecimiento de las raíces. *Science Direct*, 120, 201-214.
- Díaz, M., y Díaz, R. (Diciembre de 2015). Efecto de fertilizantes nitrogenados y lombricomposta en la distribución de materia seca y nodulación en frijol. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Biblioteca, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), México.
- Díaz, G. S., Cabrera, J. A., y Ruiz, M. (2009). Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 30, 40+.
- Díaz, G. S., Ruiz, M., Álvarez, G., & Castillo, A. (2009). Estudio de diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arrocería. *Cultivos Tropicales*, 30, 49+.
- Duque, J., (2017). *Administración financiera*. Relación beneficio /costo. Colombia: ABCFinanzas. Recuperado de <https://www.abcfinanze.com/administracion-financiera/relacion-costo-beneficio>
- Earth Green. (2005). Principios Básicos del Compostaje. Recuperado de <http://www.earthgreen.com.co/aprenda-mas-pyr/74-principios-basicos-del-compostaje>
- EcoBASE. (Marzo de 2008). Manual de Campo del Método de Cultivo Biointensivo. España, 14 -20.
- Espejo, M., y Navas, E. (2017). *Efectos de la aplicación de tres dosis de compost en dos variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el cantón Bolívar provincia del Carchi* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo sede el Ángel-Carchi.
- FAO. (1992). *Manual de Sistemas de Labranzas para América Latina* ,Boletín de suelos.

- FAO (2000). Soluciones para la compactación del suelo. Ed. La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 23 p.
- FAO. (2002). Programa de Fertilizantes de la FAO. Recuperado de Los fertilizantes y su uso: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Farmer, E. y Ryan, C. (1990). Interplant Communication: Airborne Methyl Ácido jasmonicomonate Induces Synthesis of Proteinase Inhibitors in Plant Leaves. PNAS, (87), 7713-7716.
- Félix, A., Sañudo, R., Rojo, E., Martínez, R., y Olalde, V., (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 4, 57+.
- Fernández, M. y Rodríguez, H. (2015). El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar,(3). Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba. pp. 27-34
- Fertilab (2012). Laboratorio de Análisis Agrícolas <https://www.fertilab.com.mx/análisis-foliar>
- Figuroa, J. M. (2011). Efectividad de cepas rizobianas de frijol bajo diferentes regimenes de fosforo. *Revista Colombiana de Biotecnología: Colombian Journal of Biotechnology*, 13, 162+.
- FONAG. (2010). Manual para elaborar y aplicar abonos orgánicos y plaguicidas orgánicos. Recuperado de http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_orgánicos.pdf
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FOCODES). (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Perú. Recuperado de: <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/126.pdf>

- Fuentes, B., Bolan, N., Naidu, R y Mora, M. (2006). Phosphorus in organic waste-soil systems. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 6(2): 64-83.
- GADChaltura (2017). *Datos geográficos anuales de San José de Chaltura*. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-imbabura/san-jose-de-chaltura-180912/>
- García, A., Ramírez , A., y Lacasaña , M. (2002). Prácticas de utilización de plaguicidas en agricultores. *Biblioteca electrónica en línea científica*, 46022.
- García, J. (2014). *Métodos de control más eficientes para la antracnosis (colletotrichum lindemuthianum) en la producción de cultivo de frijol (phaseolus vulgaris l)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad ,Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, La Plata.
- García, I., Sánchez, M., Vidal, M., Betancourt, Y., y Rosa, J. (2010). Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2), 51-56.
- González, Y., Fernández, Y., y Gutiérrez, T. (2013). El cambio climático y sus efectos en la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51.
- González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M., Olivera, Y., y Ramírez, J. F. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*. *Pastos y Forraje*, 4(38), 393-402.
- Gómez Padilla, E. J., Argentel Martínez, L., Ávila Amador, C., Ruiz-Díez, B., Fernández-Pascual, M., Alarcón Barrero, K., López Sánchez, R. (2013). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol caupi a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. *Cultivos Tropicales*, 34, 11+.

- Gómez-Álvarez, R., Lázaro-Jerónimo, G., y León-Nájera, J. A. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rabano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 24 (11)
- Guanopatín, M. (2012). *Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa)*. Tesis Lic. Agr. Cevallos (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias. 93p.
- Hallman, G., y García, J.(2009). Empoasca spp. como plaga del frijol. *Revista Zamorano*.26(1), p. 127-134.
- Hanan, A. M., y Mondragón, J. (2009). Malezas de México ,*Phaseolus vulgaris* L. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-vulgaris/fichas/ficha.htm>
- Hernández, O., Ojeda, D., López, J., y Arras, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades física, químicas y biológica del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, (1)1-10.
- Ibarra, D. (17 de Agosto de 2012). Descripción de la planta de frijol. Recuperado de <http://daniafernandaibarra.blogspot.com/2012/08/descripcion-de-la-planta-de-frijol.html>
- INIAP. (Septiembre de 2010). Programa nacional de leguminosas y granos andinos estación experimental santa catalina. Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/FREJOL_429_PARAGACHI_ANDINO.pdf
- Jácome, R., Peñarrete, W. y Daza, M. (2013). *Fertilización orgánica e inorgánica en frijol (Phaseolus vulgaris l.) En suelo inceptisol con propiedades Ándicas* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.

- Jácome, A. (2015). *Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) En un inceptisol con propiedades andicas en la Microcuenca Centella Dagua – Valle* (Tesis de pregrado) Universidad del Valle, Colombia.
- Jeavons, J., y Cox, C.(2016). El Huerto sustentable. Recuperado de <http://www.growbiointensive.org/SVG%20Spanish.pdf>
- Julon, I.(2016). *Influencia del biol en el crecimiento de cedrelinga catenaeformis ducke, guazuma crinita mart y swietenia macrophylla king en vivero - Distrito de Río Negro* (Tesis de pregrado),Santipo,Perú.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., y Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 24(1), 49-61.
- Libro VI TULSMA (2015). *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*, Quito, Ecuador: Editora Nacional.
- López Falcón, R. (2002). *Degradación del suelo, causas, procesos, evaluación e investigación*. (CIDIAT Ed.). Mérida Venezuela.
- López, J., Diaz, A., Martínez, E., y Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el rendimiento del maíz. *Terra Latinoamericana*, 19 293-299.
- López, M. (2010). Tecnologías generadas por el INIA para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo. *Revista Científica Agronomía Tropical* Vol. 60(4), 2010.
- Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A., y Bejarano, A.(2019). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum, L*) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencias Agrarias*, 9(1), 12-15. Obtenido de <http://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/112/112>

- Mader, P., Fliedbach, A., Dubois, D., Gunts, L., Fried, P., y Niggli, U. (2008). Fertilidad del suelo y biodiversidad en la agricultura orgánica *Asociación Americana para el Avance de la Ciencia*, 296, 5.
- MAG,(2018). Boletín situacional de fréjol tierno y seco, citado de la fuente Website: <http://sipa.agricultura.gob.ec>
- MAGAP. (2014). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Boletín anual de fertilizantes nitrogenados y fosforados, Ecuador.
- Malla, J., y Vásquez, J. (2018). *Evaluación del rendimiento de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) INIAP 484 Centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica más Rhizobium sp* (Tesis de Pregrado).Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Malavolta, E., G.C. Vitti, e S.A. De Oliveira. (1997). Evaluación del estado nutricional das plantas. Principios y aplicaciones 2a edición. Piracicaba. Asociación Brasileira para Pesquisa de potasio y Fosfato, BRA.
- Maila, Á. (Diciembre de 2011). Importancia de los macro y micronutrientes en los cultivos. Recuperado de <http://revistatierraadentro.com/index.php/varios/70-la-fertilizaciòn>
- Mehuys, G. R., Tiessen, K. H. D., Villatoro, M., Sancho, F., y Lobb, D. A. (2009). Erosion por labranza con arado de disco en suelos volcanicos de ladera en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 33, 205+.
- Meléndez, G., Molina, E., CIAT, UCR. (2011). Análisis Foliare, Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V. Recuperado de <https://fuentesdeinformacioniapb.files.wordpress.com/2013/11/análisis-foliar.pdf>
- Melgarejo, M., Ballesteros, M y Bendeck, M. (2002). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y compost derivados. *Revista Colombiana de Química*.26(2).

- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos Protegen el suelo y la alimentación sana, Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos In F. p. I. P. d. Agua (Ed.), (pp. 25). Quito, Ecuador.
- Muñoz , J., Macías, H., Palomo , M., Cano , A., y Rivera , M. (2014). Efecto de la labranza de conservación sobre la humedad y la densidad aparente de un suelo. *14*, 39-44.
- 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),p.227-234.
- Navia, C., Zemanate, Y., Morales, S., Prado, F., y Albán, N. (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa19.pdf>
- Ochoa, E. (2013). Manual de Cultivo de fréjol arbustivo. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3501/1/tesis%20final%20Emilio%20Ochoa%20T..pdf>
- Olivares, M., Hernández, A., Vences, C., Jáquez, J., y Ojeda, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia. 28* (1), 27-37.
- Ortega, L. (2012).El suelo.Edafologia,estructura y uso.Congreso IES Santiago Grisolia. Recuperado de http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t10_suelo.pdf
- Osuna, E., Reyes, L., Padilla, J., y Martínez, M. (2012). Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1396-1397.
- Pacheco, J., Soto, J., y Valenzuela, J. (2016). Densidad poblacional de mosca blanca *Bemisia spp.* (hemiptera: aleyroididae) en el Valle de Guaymas-Empalme, Sonora, México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 18*(3), 9- 13.

- Pedroza, A., y Samaniego, J. (2003). Efecto del Subsoleo, Materia Orgánica y Diferentes Variedades en el Pato sistema del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), pp.272- 227.
- Peralta , E., Murillo , Á., Mazón, N. Pinzón , J., y Villacrés, E. (2013). *Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción* (Tercera ed.): Quito, CE: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, 2013.
- Pia, F.,(2005). *Huerta orgánica biointensiva, 10 años de Experiencias del CIESA. Aplicado a la autoproducción de alimentos y ala producción comercial a pequeña escala (especialmente en cultivos bajos cubierta)*(Primera edición). Holanda
- Pinto, M., Cruz,P., Ramírez, S., Solís, J., y Castillo, L. (2004). Evaluación de alternativas para el manejo integrado de plagas del frijol ejotero en Chapingo, México. *Fitotecnia México*.27 (4), p.385 – 389.
- ProArgentina. (2005). *Maquinaria agrícola*. Córdoba, ARGENTINA: El Cid Editor.
- Prochnow, L., Moraes, M., y Stipp, S. (12 de Mayo de 2009). Simposio de Fertilidad, Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos andinos. Recuperado de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/911FAF872B76432C852579840053ECE7/\\$FILE/Prochnow-SpanishIPNI.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/911FAF872B76432C852579840053ECE7/$FILE/Prochnow-SpanishIPNI.pdf)
- Pupiro, L., Núñez, E., Gómez, E., Báez, J., y León, P. (2004). Efecto del humus de lombriz en el rendimiento y las principales plagas insectiles en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 25 (1), pp. 89-95.
- PYMERURALy PRONAGRO (2011).Serie : producción orgánica de hortalizas de clima templado abonos orgánicos. Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REF04G633.pdf>

- Quiroz, J., (2013). *Influencia de la Labranza y Cultivo de cobertura sobre la Incidencia de plagas en los Cultivos de maíz y frijol en relevo* (Tesis de pregrado).Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.
- Ramírez, J., Fernández, Y., P, G., Salazar, X., Iglesias, J., y Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*.*Pastos y forrajes*, 38, pp, 393-402.
- Ramírez,C., y Castro, A.(2000). El complejo "gallina ciega" (*Coleoptera: Melolonthidae*) en el cultivo de maíz, en El Madronal, municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. *Acta zoológica mexicana*.(79),pp, 17-41.
- Ramírez, R., Ramos, M., y Palacio, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín*, 6-7.
- Rengifo, E. (2014). “*Efecto de cinco (5) dosis de abono organico foliar (biol.), sobre las características agronomicas del pasto Brachiaria (Brachiaria brizantha) cv. Marandu. en el Fundo de Zungarococha*”(Tesis de Pregrado). Universidad Nacional De La Amazonia Peruana Facultad de Agronomía, Perú.
- Reyes, J., Luna, R., Murillo, B., Nieto, A., Hernández, L., Rueda, E., y Preciado, P. (2017). Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de col morada (*Brassica oleracea*).*Interciencia*,42 (9). Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. pp. 610-615
- Rodríguez R, J. C., Marcano C, Á. E., y Montaña, N. (2004, 2004/05//). Caracterización química del composte nutribora y su uso combinado con un fertilizante comercial en el cultivo de tomate. *Interciencia*, 29, 267+.
- Rojas, L., y Chavéz, G.(2002).Efecto de la labranza minima y la convencional en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la región Huetar Norte de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 13(2),p.105-110.

- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor . Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rucks, L., y García, F. (2004). Propiedades físicas del suelo: Los análisis de suelo. Montevideo, Uruguay
- SAGARPA. (2010). Abonos orgánicos. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20orgánicos.pdf>
- Salvagiotti, F., Capurro, J., y Enrico, J. (2009). El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. INTA. Patrones de nodulación de soja en relación con propiedades de suelos bajo tres sistemas de labranza. *Revista de la Facultad de Agronomía*.104 (1), 53-60.
- Sampaio, E. P. (2009). Estudio de las practicas culturales, porosidad del suelo y gestion hidrica en el combate contra la desertificacion. *Informacion Tecnologica*, 20, 101+.
- Tierra muerta. (2008, 2008/07/11/). Consecuencias de la labranza mecanizada y el uso excesivo de agroquímicos .*Epoca*, 68.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo- Semplades (2017), Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida. Quito-Ecuador.
- Sistema de Información Nacional Agropecuaria. (2016).Boletín 14 situacional del fréjol tierno y seco, Ecuador.
- Uribe, H., y Rouanet, J. (2002). Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. *SCIELO*,62(4), p.555-564.
- Valverde, F., Alvarado, S., Raúl, J., y Parra, R. (2011). *Manejo de los nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar* (Tesis de pregrado), Quito, Ecuador.

- Vásquez, A. (2006). *Evaluación de dos densidades de siembra y selección negativa como opciones de manejo del complejo de mosca blanca begomovirus en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) en dos regiones de Nicaragua* (Tesis de Pregrado), Nicaragua.
- Vera, M. (2017). *Biblioteca digital Zamorano*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6195/1/IAD-2017-046.pdf>
- Wander, M., Andrews, N., y McQueen, J. (2016). *Extension*. Recuperado de <http://articles.extension.org/pages/18565/organic-soil-fertility>
- Warnars, L., y Oppenoorth, H. (2014). *El biol: El fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados*. Distrito Sodo Zuria de Etiopía: Quantes.
- Zavala, J. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Ciencia hoy*, 20(117), 52-59.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo inicial de las labranzas en estudio



AGRARPROJEKT S.A.
Urb. El Condado Calle V # 941 y Avda. A
Telfs.: 2490575 / 2492148
Quito Ecuador
E-mail: agrarprojekt@cablemodem.com.ec
www.agrarprojekt.com

Reporte Análisis de Suelo ("Extracto en agua Método Vol. 1:2 - Nutrientes en solución") Método Específico para Cultivos Agrícolas Intensivos con Sistema de Fertirrigación

Cliente: Estefanía Canacuán
Att.:
Cultivo: Fréjol (*Phaseolus sp.*)
Muestras: 2 muestras de suelo

Fecha, toma de muestra: no identificado
Fecha, recibo de muestra: 12/05/2018
Fecha, análisis: 14/05 - 18/05/2018
Fecha, informe: 21/05/2018
Número de reporte: ECanacuán-S-Frejol-12-05-18
Análisis certificado por: Dr. Karl Sponagel

Métodos de Análisis utilizados:

Proceso: Elaboración del extracto según el método Volumen 1:2 (método específico para cultivos hortícolas y frutícolas intensivos / Reglamento de Holanda) → Determinación de macro- y micronutrientes según las normas DIN (Alemania), EPA / US Standard Methods (EE.UU.) e ISO

Análisis: •Nitratos: Método "Dimethylphenol" (DIN 38405 D9-2, ISO 7890-1-2); •Amonio: Método "Indophenol" (EPA 359.1, ISO 7150/1, DIN 38406EF);
•Fosfato: Método "Vanadomolybdophosphoric Acid" (ISO 6878-1, EN 1189); •Potasio y Sodio: Fotómetro de Llama (ISO 9964-3);
•Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre y Molibdeno: Espectrómetro de Absorción Atómica, Llama/Horno de Grafito (DIN 38406);
•Boro: Método "Azomethin" (DIN 38405-D17); •Cloruros: Método "Tiocianato" (EPA 325.1, DIN 38405-D1-2, US Stand. Methods 4500-CI E);
•Bicarbonatos: Método "Titulación Potenciométrica" (US Standard Methods 2320B); •Sulfatos: Método "Turbidimétrico con BaCl2" (DIN 38405-D5-1)

Resultados sobre los niveles nutricionales encontrados a continuación

Empresa: Estefanía Canacuán
Cultivo: Frejol (*Phaseolus sp.*)
Fecha: 12/05/2018



Contenido de macro- y micronutrientes en mg / litro (respectivamente ppm) en la solución del extracto Volumen 1:2

Parámetros	Niveles recomendados de Holanda "Cultivos Agrícolas Intensivos con Sistema de Fertirrigación"			# 1	# 2
	Min	Opt	Max	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado
				Suelo, Fréjol	Suelo, Fréjol
*C.E. (en mS/cm)	0.3	0.5	0.8	0.14	0.10
pH (en H2O)		5.6 - 7.0		7.7	7.7
Nitrato (NO ₃)	48	92	184	30.1	19.7
Amonio (NH ₄)			< 1.8	0.1	0.1
Fosfato (PO ₄)	4	6	10	5.0	2.3
Potasio (K)	18	25	40	12.6	5.8
Magnesio (Mg)	8	12	20	14.4	13.6
Calcio (Ca)	20	40	80	17.4	15.4
Sulfato (SO ₄)	35	70	140	7.7	8.2
Sodio (Na)			< 92	6.2	6.1
Cloruro (Cl ⁻)			< 142	3.3	3.4
Hierro (Fe)	0.280	0.447	0.559	0.528	0.472
Manganeso (Mn)	0.055	0.110	0.165	0.050	0.042
Cobre (Cu)	0.013	0.045	0.057	0.033	0.014
Zinc (Zn)	0.098	0.131	0.164	0.081	0.084
Boro (B)	0.108	0.162	0.270	0.160	0.173

*C.E.: Conductividad Eléctrica en mS/cm

Anexo 2. Análisis de las materias orgánicas compost

	<p>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec Mejía -Ecuador</p>	
---	---	---

REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : Estefanía Canacuan Dirección : Imbabura Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : La Pradera Provincia : Imbabura Cantón : Atuntaqui Parroquia : Antonio Ante Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>No. Muestra Lab. : 1162 Fecha de Muestreo : 05/04/2018 Fecha de Ingreso : 06/04/2018 Fecha de Salida : 18/04/2018</p>
---	---	--

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mS/cm		g/100 ml						mg/l					%					
		C.E	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	pH	C/N	D.A	H	CO	
1162	Compost tesis		0.80	0.43	0.47	3.11	0.55	0.26	56.87	38.3	65.1	31.3	7121.0	252.8	9.34	41.23				

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón. dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	pH : Potenciométrico C.E: Conductimétrico M.O.: Calcinación.

Anexo 3. Análisis de biol de maduración de tres meses.

	<p>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec Mejía -Ecuador</p>	
---	---	---

REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : Estefanía Canacuan Dirección : Imbabura Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : La Pradera Provincia : Imbabura Cantón : Atuntaqui Parroquia : Antonio Ante Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>No. Muestra Lab. : 1163 Fecha de Muestreo : 05/04/2018 Fecha de Ingreso : 06/04/2018 Fecha de Salida : 18/04/2018</p>
---	---	--

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	mS/cm		g/100 ml						mg/l					%				
		C.E	N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	pH	C/N	D.A	H	CO
1163	Biol de cuy		0.10	0.05	0.32	0.23	0.06	0.03	1.7	4.6	3.1	0.7	56.5	8.0	5.76	9.86			

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón. dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	pH : Potenciométrico C.E: Conductimétrico M.O.: Calcinación.



RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LABORATORISTA

Anexo 4. Cálculo de nitrógeno en kg ha⁻¹ en los sistemas de labranza

DATOS DEL TERRENO			TOTAL DISPONIBLES (Kg/Ha)			DATOS PARCELA (Kg/pa)		CUADRO DE AYUDA			
Area	10000	m2	MINERALES	Suelo 1	Suelo 2	Area (m2)	16.2		valores que puedes editar		
Prof	0.2	m	N	72.48	47.52	0.117	0.077		Valores que necesitas aportar		
d.AP	1.2		PO4	12	5.52	0.019	0.009	valor	Valores faltantes para cumplir requerimiento		
kg/totales	2400000		K	34.56	32.64	0.056	0.053	FALTANTE Kg			
Parámetros	mg/L (ppm)		%		Kg/suelo		OPTIMO	APORTES Ha		Apor. Tratamiento	
	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Requerimientos	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado
*C.E. (mS/cm)	0.14	0.10	0.14	0.10	0.14	0.10	0.5	0.36	0.40		
pH (H2O)	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	6	-1.7	-1.7		
NO3	30.1	19.7	0.0000301	0.0000197	72.24	47.28	97	24.76	49.72	0.12033	0.2416
NH4	0.1	0.1	0.0000001	0.0000001	0.24	0.24	0	-0.24	-0.24	-	-
PO4	5	2.3	0.000005	0.0000023	12	5.52	6	-6	0.48	-	-
K	12.6	5.8	0.0000126	0.0000058	30.24	13.92	25	-5.24	11.08	-	0.0179
Mg	14.4	13.6	0.0000144	0.0000136	34.56	32.64	12	-22.56	-20.64	-	-
Ca	17.4	15.4	0.0000174	0.0000154	41.76	36.96	40	-1.76	3.04	-	-
SO4	7.7	8.2	0.0000077	0.0000082	18.48	19.68	70	51.52	50.32	0.08346	0.0815
Na	6.2	6.1	0.0000062	0.0000061	14.88	14.64	0	-14.88	-14.64	-	-
Cl	3.3	3.4	0.0000033	0.0000034	7.92	8.16	0	-7.92	-8.16	-	-
Fe	0.528	0.472	0.000000528	0.000000472	1.2672	1.1328	0.447	-0.8202	-0.69	-	-
Mn	0.05	0.042	0.00000005	0.000000042	0.12	0.1008	0.110	-0.01	0.01	-	-
Cu	0.033	0.014	0.000000033	0.000000014	0.0792	0.0336	0.045	-0.0342	0.01	-	-
Zn	0.081	0.084	0.000000081	0.000000084	0.1944	0.2016	0.131	-0.0634	-0.07	-	-
B	0.16	0.173	0.00000016	0.000000173	0.384	0.4152	0.108	-0.276	-0.3072	-	-

Anexo 5.Cálculo de biol por tratamiento en base al análisis químico

Parámetros	Resultado de análisis en mg/L (ppm)		Gramos de nitrógeno/Lt	Requerimientos óptimo	Aportes en kg/m3	Aporte m3/ha Biol		Aporte Lt/Tratamiento de Biol	
						Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado
pH (H2O)	5.76								
NO3	0.1	g/100ml	1	97	1	24.8	49.7	120.3	241.6
PO4	0.05	g/100ml		6					
K	0.32	g/100ml		25					
Mg	0.06	g/100ml		12					
Ca	0.23	g/100ml		40					
SO4	0.03	g/100ml		70					
Fe	56.5	mg/L		0.447					
Mn	8	mg/L		0.110					
Cu	0.7	mg/L		0.045					
Zn	3.1	mg/L		0.131					
B	4.6	mg/L		0.108					

Anexo 6.Cálculo de compost por tratamiento con base al análisis químico

Parámetros	mg/L (ppm)		g/LT	Requerimientos	APORTES kg/m3	Aporte en m3/ha compost		Aporte Lt/Tratamiento de compost	
	Resultados del análisis quimico		Tranformación	óptimos	Compost	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado	Suelo 1, Labranza Convencional	Suelo 2, Doble Escavado
pH (H2O)	7.2		7.2	6					
N	0.8	g/100ml	8	97	8	3.1	6.2	15.0	30.2
P	0.43	g/100ml	4.3	6	4.3				
K	0.47	g/100ml	4.7	25	4.7				
Mg	0.55	g/100ml	5.5	12	5.5				
Ca	3.11	g/100ml	31.1	40	31.1				
S	0.26	g/100ml	2.6	70	2.6				
Fe	7121	mg/L		0.447					
Mn	252.8	mg/L		0.110					
Cu	31.3	mg/L		0.045					
Zn	65.1	mg/L		0.131					
B	38.3	mg/L		0.108					

Anexo 7. Reporte de análisis foliar de macro y micronutrientes del cultivo de fréjol

 <p>INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693</p>	
--	--	---

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : Estefania Canacuan Dirección : Ibarra Ciudad : Teléfono : 0991036849 Fax :	Nombre : La Pradera Provincia : Imbabura Cantón : Ibarra Parroquia : La Dolorosa De Piorato Ubicación :	Cultivo : FREJOL Fecha de Muestreo : 26/06/2018 Fecha de Ingreso : 20/07/2018 Fecha de Salida : 26/07/2018

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
30145	L1A1	4,17	0,63	2,77	3,49	0,92	0,29		61,1	24,9	23,0	232,4	72,7		
30146	L1A2	4,38	0,55	3,10	3,28	0,89	0,29		34,0	11,7	27,2	205,5	80,0		
30147	L1A3	4,87	0,65	2,63	4,29	1,24	0,35		24,8	17,6	11,9	230,3	141,8		
30148	L2A1	4,34	0,68	2,76	3,85	0,97	0,35		26,8	22,7	48,0	330,6	132,2		
30149	L2A2	4,68	0,66	2,76	4,29	1,15	0,35		18,2	21,9	76,0	310,7	117,7		
30150	L2A3	4,75	0,52	2,63	4,82	1,27	0,33		17,7	11,5	10,6	281,4	143,6		

Anexo 8. Esquema del ADEVA de incidencia de mosca blanca

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	3.9	0.187
Fertilizante	2	8	1.2	0.3501
Labranza:Fertilizante	2	8	1.91	0.2097

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Porcentaje de medias de Fisher de mosca blanca

Labranza	Fertilizante	Medias	Error experimental	Rangos
L2	A3	96.67	9	A
L2	A1	93.33	9	A
L2	A2	90	9	A B
L1	A1	81.67	9	A B
L1	A2	70	9	A B
L1	A3	63.33	9	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Esquema del ADEVA de incidencia de mosca minadora de hoja

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	0.6	0.5185
Fertilizante	2	8	1.31	0.3217
Labranza: Fertilizante	2	8	0.18	0.8392

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11. Porcentaje de medias de Fisher de incidencia de mosca minadora de hoja

Labranza	Fertilizante	Medias	Error experimental	Rangos
L1	A3	100	7.01	A
L1	A2	100	7.01	A
L2	A2	100	7.01	A
L2	A3	95	7.01	A
L1	A1	93.33	7.01	A
L2	A1	85	7.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12. Esquema del ADEVA de incidencia de lorito verde

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	3	0.2254
Fertilidad	2	8	2.33	0.1591
Labranza: Fertilidad	2	8	1	0.4096

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 13. Porcentaje de medias de Fisher de incidencia de lorito verde

Labranza	Fertilizante	Medias	Error experimental	Rangos
L1	A1	100	1.18	A
L2	A1	100	1.18	A
L2	A3	100	1.18	A
L2	A2	98.33	1.18	A
L1	A2	96.67	1.18	A
L1	A3	96.67	1.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Esquema del ADEVA de la incidencia de gallina ciega en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	0.52	0.5471
Fertilizante	2	8	0.94	0.4287
Labranza: Fertilizante	2	8	0.26	0.7743

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 15. Número de gallina ciega por tratamiento

Labranza	Fertilizante	Medias	Error Experimental	Rangos
L2	A2	21.67	3.6	A
L1	A2	21.67	3.6	A
L1	A1	20	3.6	A
L1	A3	18.33	3.6	A
L2	A3	16.67	3.6	A
L2	A1	15	3.6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 16. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de Roya en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	1	0.4226
Fertilizante	2	8	1	0.4096
Labranza: Fertilizante	2	8	1	0.4096

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17. Porcentaje de medias de incidencia de Roya

Labranza	Fertilizante	Medias	Error experimental	Rangos
L1	A3	100	3.04	A
L1	A2	100	3.04	A
L1	A1	100	3.04	A
L2	A2	100	3.04	A
L2	A1	96.67	3.04	A
L2	A3	93.33	3.04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de mancha anillada

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	3.57	0.1994
Fertilizante	2	8	3.25	0.0927
Labranza: Fertilizante	2	8	3.25	0.0927

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Esquema del ADEVA del porcentaje de incidencia de antracnosis en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad del Error	Valor F	Valor P
Labranza	1	2	0.48	0.5586
Fertilizante	2	8	0.16	0.8537
Labranza: Fertilizante	2	8	2.1	0.1853

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 20. Esquema de medias del porcentaje de incidencia de antracnosis

Labranza	Fertilizante	Medias	Error experimental	Rangos
L1	A3	100	3.66	A
L2	A2	100	3.66	A
L2	A1	100	3.66	A
L1	A1	96.67	3.66	A
L2	A3	95	3.66	A
L1	A2	93.33	3.66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)