UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFECTO DE DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FREJOL *(Phaseolus vulgaris)*

TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTOR

CHOCA TENEMPAGUAY ROSALIA LILIBETH

TUTOR

ING. MARTINEZ CARRIEL TAYRON FRANCISCO, MSc.

MILAGRO – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, MARTINEZ CARRIEL TAYRON FRANCISCO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFECTO DE DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris*),** realizado por la estudiante **CHOCA TENEMPAGUAY ROSALIA LILIBETH**; con cédula de identidad N° 120825296-3 de la carrera INGENIERIA AGRONÓMICA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Martinez Carriel Tayron Francisco, M.SC
Tutor

Milagro, 31 de mayo del 2021

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "**EFECTO DE DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris*)**", realizado por la estudiante **CHOCA TENEMPAGUAY ROSALIA LILIBETH**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Macias Hernández David
PRESIDENTE

PhD. Gavilánez Luna Freddy
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Cantos Sánchez Edwin
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Martínez Carriel Tayron
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 31 de mayo del 2020

Dedicatoria

La dedicatoria es opcional. Va dedicado a mi hijo, Guillermo Santiago, por ser mi inspiración y motor principal para haber cumplido esta etapa académica en mi vida

Agradecimiento

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, que me ha dado la sabiduría y conocimiento para lograr culminar mi carrera universitaria, por otra parte, doy gracias a mis padres y a cada una de las personas que aporto con su ayuda durante los 5 años de estudio.

Gracias a todos los docentes que nos acompañaron y ayudaron durante todo el periodo estudiantil, en especial al Ing. Tayron Martínez, por ser mi tutor de tesis de grado.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **CHOCA TENEMPAGUAY ROSALIA LILIEBTH,** en calidad de autora del proyecto realizado, sobre "**EFECTO DE DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris*)**" para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 31 de mayo del 2021

CHOCA TENEMPAGUAY ROSALIA LILIBETH
C.I.1208252963

Índice general

PORTADA……1

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Dedicatoria 4

Agradecimiento 5

Autorización de Autoría Intelectual ..... ¡Error! Marcador no definido.

Índice general 7

Índice de tablas 10

Índice de figuras 11

Resumen 13

Abstract 14

1. Introducción 15

1.1 Antecedentes del problema 15

1.2 Planteamiento y formulación del problema 16

1.2.1 Planteamiento del problema 16

1.2.2 Formulación del problema 16

1.3 Justificación de la investigación 16

1.4 Delimitación de la investigación 17

1.5 Objetivo general 17

1.6 Objetivos específicos 18

1.7 Hipótesis 18

2. Marco teórico 19

2.1 Estado del arte 19

2.2 Bases teóricas **21**

2.2.1 Cultivo de frejol **21**

2.2.1.2 Clasificación taxonómica ***21***

2.2.1.2 Descripción botánica y morfológica ***22***

2.2.1.2 Fase vegetativa ***24***

2.2.1.3 Requerimientos edafoclimaticos ***25***

2.2.1.4 Plagas en el cultivo del cultivo ***26***

2.2.1.5 Enfermedades en el cultivo de frejol ***28***

2.2.2 Sistemas de siembra **29**

2.2.3 Arreglos topológicos **30**

2.2.3.1 Tipos de arreglos topológicos ***31***

2.2.4 Importancia del cultivo de frejol **32**

2.3 Marco legal **33**

3. Materiales y métodos **35**

3.1 Enfoque de la investigación **35**

3.1.1 Tipo de investigación **35**

3.1.2 Diseño de investigación **35**

3.2 Metodología **35**

3.2.1 Variables **35**

3.2.1.1. Variable independiente ***35***

3.2.1.2. Variables dependientes ***35***

3.2.2 Tratamientos **36**

3.2.3 Diseño experimental **36**

3.2.4 Recolección de datos **37**

3.2.4.1. Recursos ***37***

3.2.4.2. Métodos y técnicas *38*

3.2.5 Análisis estadístico **42**

4. Resultados **43**

4.1 Efecto de los arreglos topológicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de frejol **43**

4.1.1 Vainas por planta y granos por vainas **43**

4.1.2 Granos por vainas **43**

4.1.3 Vigor de la planta **44**

4.2 Producción del cultivo de frejol como respuesta a la incidencia de distintas topologías a evaluarse **45**

4.2.1 Peso de 100 granos (g) **45**

4.2.2 Rendimiento en kg **46**

4.3 Utilidad económica generada por los distintos arreglos topológicos **46**

4.3.1 Beneficio/costo **46**

5. Discusión **48**

6. Conclusiones **50**

7. Recomendaciones **51**

4. Bibliografía **52**

5. Anexos **59**

9.2 Análisis de varianza **71**

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos a evaluarse 36

Tabla 2. Unidades experimentales 37

Tabla 3. Escala de vigor 41

Tabla 4. Modelo de análisis de varianza 42

Tabla 5. Promedios de la variable vaina por plantas 43

Tabla 6. Promedios de los variables granos por vainas 44

Tabla 7. Promedio de la variable de vigor de planta 45

Tabla 8. Promedio de la variable peso de 100 granos (g) 45

Tabla 9. Promedio de la variable de rendimiento 46

Tabla 10. Relación beneficio/costo 47

Tabla 11. Datos de la variable vainas por planta 71

Tabla 12. Datos de la variable granos por vainas 72

Tabla 13. Peso de 100 granos (g) 73

Tabla 14. Datos de la variable de rendimiento (kg/ha) 73

Tabla 15. Datos de la variable vigor de planta a los 20 dds 74

Tabla 16. Datos de la variable vigor de planta a los 40 dds 75

Índice de figuras

Figura 1. Terreno utilizado para la siembra del frejol 59

Figura 2. Edición del terreno para realizar los surcos 59

Figura 3. Formación de los cursos 60

Figura 4. Preparación del terreno..... 60

Figura 5. Terminación de los surcos 61

Figura 6. Riego de los surcos..... 61

Figura 7. Semilla de frejol (*Phasseolus vulgaris*) 62

Figura 8. Nematicida utilizado en la pre siembra 62

Figura 9. Selección de semilla antes de la siembra 63

Figura 10. Cubriendo la semilla..... 63

Figura 11. Retirando terrones de los surcos para no obstaculizar el riego 64

Figura 12. Ubicación de las estacas para arcar las parcelas 64

Figura 13. Letreros para identificar los tratamientos 65

Figura 14. Control de malezas en el cultivo de frejol..... 65

Figura 15. Cultivo de frejol establecido 66

Figura 16. Abono foliar aplicado..... 66

Figura 17. Insecticida aplicado..... 67

Figura 18. Aplicación del abono foliar 67

Figura 19. Revisión de parcelas con el tutor 68

Figura 20. Cosecha del frejol 68

Figura 21. Secado del grano 69

Figura 22. Visita del tutor 69

Figura 23. Peso de 100 granos 70

Figura 24. Croquis de campo 70

Figura 25 . Características de las unidades experimentales 71

Resumen

Este ensayo experimental se realizó en el cantón Milagro, provincia del Guayas, en el cual se planteó como objetivo determinar un arreglo topológico para aumentar la productividad, de acuerdo a las diferentes densidades proporcionadas para la siembra del cultivo de frejol *(Phasseolus vulgaris).* Para el desarrollo de este proyecto se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en el cual se evaluaron tres tratamientos y un testigo, cada uno con cinco repeticiones en cuatro bloques. Las densidades de siembra que se evaluaron tuvieron las siguientes medidas 50 cm x 30 cm, 60 cm x 40 cm, 70 cm x 30 cm y el testigo 40 cm x 30 cm. Las variables evaluadas fueron vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos, rendimiento, vigor de planta y la relación beneficio/costo. Los datos obtenidos de las variables antes mencionadas fueron evaluados mediante el análisis de varianza y el test de Tukey ($p < 0.05$). Se pudo determinar que el uso de arreglos topológicos en el cultivo de frejol tuvo un efecto positivo en el rendimiento kg/ha, ya que el tratamiento tres tuvo la mayor producción de granos con un promedio de 1245,6 kg/ha

Palabras claves: beneficio, costo, densidad, hilera, producción, superficie.

Abstract

This experimental trial was carried out in Milagro, Guayas, in which the objective was to determine a topological arrangement to increase productivity, according to the different densities provided for the sowing of the bean crop (Phasseolus vulgaris). For the development of this project, a completely randomized block design was used in which three treatments and a control were evaluated, each with five repetitions in four blocks. The sowing densities that were evaluated had the following measures 50 cm x 30 cm, 60 cm x 40 cm, 70 cm x 30 cm and the control 40 cm x 30 cm. The variables evaluated were pods per plant, grains per pod, weight of 100 grains, yield, plant vigor and the benefit / cost ratio. The data obtained from the aforementioned variables were evaluated using the analysis of variance and the Tukey test ($p < 0.05$). It was possible to determine that the use of topological arrangements in the bean crop had a positive effect on the yield kg / ha, since treatment three had the highest grain production with an average of 1245.6 kg / ha

Keywords: profit, cost, density, row, production, surface.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El frejol común *(Phaseolus vulgaris)* es la leguminosa más importante para consumo directo en el mundo y constituye una fuente importante de proteína en la dieta de muchos países en desarrollo, debido a que es la fuente de proteína más económica, siendo esta quien también genera ingresos menores a los agricultores que se dedican a dicho cultivo (Polanía, Idupulapati y Cajiao, 2012).

La baja producción del frejol se le ha atribuido al uso de sistemas de producción agrícola poco eficientes, debido a que la mayoría de este grano básico, proviene de pequeños agricultores los cuales implementan los sistemas de producción agrícola tradicionales, esto se debe a que cuentan con poco terreno y escasa información acerca de los distintos arreglos topológicos para aumentar la producción del cultivo

Si partimos de la técnica de distribución de las plantaciones, uno de los conceptos básicos que debe tomarse en cuenta es el sistema de competencia, tanto por espacio, agua, nutrientes, como por luminosidad solar, por tal motivo, es que se debe desarrollar un arreglo topológico de acuerdo a las necesidades del cultivo, para que este no se vea afectado por los diferentes factores edafoclimaticos al no tener una buena relación superficie-planta. Dada esta situación la presente investigación, está centrada en la eficiencia de los arreglos topológicos, con la finalidad de obtener resultados favorables al llevar acabo diferentes tipos de arreglos topológicos en el cultivo de frejol *(Phaseolus vulgaris)* y así obtener una agricultura más rentable y sustentable en nuestro país (Garcés, Olmedo, Garcés y Díaz, 2015).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El frejol *(Phaseolus vulgaris)* enfrenta una serie de factores limitantes para su producción, entre los que destacan la alta incidencia de plagas y enfermedades, así como la insuficiencia en componentes tecnológicos de la producción, como son: la fecha y densidad de siembra empleada, el arreglo topológico en que se cultiva, el manejo de la cosecha entre otros, factores por los cuales se abate el rendimiento unitario (Vargas, 2013).

A través del tiempo los agricultores, al igual que los investigadores, han buscado afanosamente elevar los niveles de producción y de calidad del cultivo con el que trabajan. Dentro de esta corriente de investigación llama la atención el aprovechamiento de los recursos superficie-planta, o lo que genéricamente se ha dado por llamar arreglo topológico; así pues, diferentes autores buscan en una tarea permanente, aumentar el rendimiento y mejorar el aprovechamiento del terreno. El mal aprovechamiento del terreno por los agricultores, debido, a las tradicionales formas de siembra, causan un bajo rendimiento y producción del cultivo de Frejol *(Phaseolus vulgaris.),* sin embargo, gracias a la gran demanda que tiene este cultivo en el Ecuador, es que se busca el aprovechamiento en relación superficie-planta

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de diferentes arreglos topológicos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris*)?

1.3 Justificación de la investigación

El uso de arreglos topológicos en el cultivo de frejol *(Phaseolus vulgaris.),* ayuda a que tengan un buen desarrollo la planta, de tal manera que, si se tiene una planta

con buenas características tanto fenotípicas, como genotípicas, la producción de este grano tendrá mayor rentabilidad, ya que al implementar este tipo de arreglos topológicos se aprovecharía más la superficie del terreno (Moran, 2011).

Los agricultores en el Ecuador siguen implementando los mismos diseños de siembra tradicionales, obteniendo así bajos rendimientos en este cultivo, pero con el siguiente trabajo experimental quedara como respaldo y constancia de que los arreglos topológicos dan resultados favorables, no solo en el cultivo de frejol, sino también en los demás cultivos. Gracias a la implementación de sistemas agrícolas tecnificados, siendo estos arreglos topológicos, el cultivo de frejol será mayormente aprovechado, tanto por los productores, como para los consumidores, ya que es un grano con alto mucha aceptabilidad en el Ecuador.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Se realizó en el cantón Milagro, provincia del Guayas, Recinto La Floresta, con las siguientes coordenadas UTM, 17M654488 “E - 9759578 “S
- **Tiempo:** El proyecto tuvo un tiempo de duración de seis meses, desde septiembre del 2020 a febrero del 2021.
- **Población:** Beneficio a los agricultores del Cantón Milagro, provincia del Guayas.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes arreglos topológicos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frejol, en el cantón Milagro, provincia del Guayas

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los arreglos topológicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de frejol.
- Cuantificar la producción del cultivo de frejol como respuesta a la incidencia de distintas topologías a evaluarse.
- Valorar la utilidad económica generada por los distintos arreglos topológicos.

1.7 Hipótesis

Este estudio tuvo como hipótesis la consideración de que al menos uno de los arreglos topológicos evaluados en la investigación mejoraría el desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo, aumentando así su rentabilidad.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Se evaluó el efecto del arreglo topológico en la producción de calabacita en hidroponía a cielo abierto dos arreglos topológicos fueron comparados para estudiar su efecto en la producción de calabacita bajo un sistema de hidroponía a cielo abierto. Igual número de plantas se establecieron en cuatro bancales con tezontle, dos de ellos con cuatro hileras y dos con tres hileras. El agua de riego fue aplicada mediante un sistema de subirrigación a través de tres riegos diarios durante el ciclo del cultivo. No se encontraron diferencias significativas en las variables medidas de rendimiento y cobertura vegetal utilizando el método de la línea de Canfield. Sin embargo, el arreglo de tres hileras mostró ligeramente mayor cobertura en la etapa intermedia del cultivo (Gómez y Pimentel, 2009).

Se analizó el efecto del arreglo topológico del maíz ´H-151´ y frijol arbustivo ´Negro-8025´, la dosis de fertilización y la densidad de población (D) en el rendimiento de grano de maíz (Ym), contenido de proteína (ProtG), P y K. Las parcelas principales fueron tres arreglos de plantación (AP); maíz en monocultivo (CM), dos hileras de maíz intercaladas en dos hileras de frijoles (CCBB) y una hilera de maíz intercaladas en una fila de alubias (CBCB). Las subtramas fueron los tratamientos del diseño factorial 24: 60 y 120 kg de N, 15 y 45 kg de P2O5,10 y 30 kg de K_2O y 35,500 y 40,500 plantas 0.5 ha-1. En el sistema de cultivos intercalados, el rendimiento de maíz fue mayor en ambas plantaciones arreglos que en monocultivo, cuyo rendimiento fue 15 % menor que el arreglo de plantación CBCB. Este resultado fue asociado a la prolificidad de las plantas (mazorcas por planta), el número de granos por fila de mazorca y el peso y tamaño del grano de maíz. Contenido de proteínas También fue mayor en ambos arreglos de siembra

en cultivos intercalados en franjas que en monocultivo: CBCB = 8.64 %, CCBB = 8.35 % y CM = 7.85 %, utilizando las tasas más bajas de nitrógeno, fósforo, potasio y densidad (Albino, Turrent y Cortes, 2016).

Se evaluaron diferentes combinaciones entre distanciamientos entre surco (50 cm, 40 cm, 30 cm,) distanciamiento entre postura (40 cm, 30 cm y 20 cm) y números de granos por postura (2, 3 y 4) dando como resultado 27 tratamientos. El proyecto de investigación que llevo por título “Efecto de densidades de siembra en el rendimiento del frijol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) ICTA Hunapú precoz en el altiplano de Huehuetenango se ejecutó en 5 localidades del departamento siendo Aguacatán, Chiantla, Concepción Huista, San Sebastián H. y Todos Santos Cuchumatán. La investigación estuvo constituida por un área experimental de 432m2. El diseño experimental que se utilizó durante la investigación fue el de bloques al azar trifactorial, con arreglo de parcelas sub subdivididas. El objetivo de la investigación fue determinar que combinación de densidades de siembra sería la mejor para contribuir con el incremento del rendimiento del frijol de grano negro para el altiplano de Huehuetenango. En base a la característica “rendimiento” y “estabilidad” fueron seleccionados siete tratamientos, los cuales fueron sometidos al análisis económico, donde el mejor tratamiento fue el 30cm entre surco, 30 cm entre postura y 3 granos por postura (Rodas, Cabrera y Vasquez, 2018).

Se determinó el efecto de tres arreglos topológicos: a) posturas de tres plantas, distanciadas a 0.30 m, b) posturas de dos plantas, distanciadas a 0.20 m, c) posturas de una planta, distanciadas a 0.10 m; sobre los componentes de rendimiento de las variedades de frijol arbustivo. De acuerdo a los resultados se determinó que los arreglos topológicos afectaron significativamente el número de vainas por planta; el número de granos por vaina únicamente fue afectado

significativamente en la variedad ICTA Altense; el peso de 100 granos fue afectado significativamente en el caso de las variedades ICTA Superchiva ACM e ICTA Altense. El rendimiento de grano no fue afectado en éstas últimas; en la variedad ICTA Hunapú si se determinó un efecto significativo de los arreglos topológicos; el rendimiento fue mayor cuando se manejaron posturas distanciadas a 0.10 m, lo cual se atribuyó a que presenta mayor ramificación. Se recomienda hacer evaluaciones similares en otras localidades y conducir registros económicos para cada uno de los tratamientos; así mismo, evaluar otros arreglos topológicos (incluyendo doble surco) y otras densidades; para la variedad ICTA Hunapú, evaluar en parcelas comerciales, el distanciamiento de 0.10 m entre posturas de una planta (Zanabria, 2015).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cultivo de frejol

La planta de frijol es anual, herbácea, se cultiva esencialmente para obtener las semillas y granos, los cuales tienen un alto grado de proteínas, siendo alrededor del 22 %. Es la leguminosa más cultivada y consumida en Ecuador, sea como grano seco o vaina verde (con alto contenido de humedad cosechado antes de la madurez fisiológica). La preferencia por el color de los granos varía según la provincia, siendo apetecidos en Los Ríos los granos de color rojo, en Guayas los de color blanco, bayo, rojo y canario, y en El Oro los de color amarillo (Garcés *et al., 2015*).

2.2.1.2 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliopphyta

Clase: Magnoliopsida

Sub Clase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Sub Familia: Faboideae

Género: Phaseolus

Especie: vulgari (Rosabal, 2013).

2.2.1.2 Descripción botánica y morfológica

Raíz

En las primeras etapas de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. Pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz (Polón, Miranda y Ramírez, 2014).

Tallos

“El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos; es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular; puede ser erecto, semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad” (Morales, 2016, pp. 141-147).

Hojas

Son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia, y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos. Son de poca duración, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo; son simples, opuestas y cortadas.

A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres foliolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto tamaño, color y pilosidad, esta variación está relacionada, con la variedad y las condiciones ambientales de luz y humedad (Saavedra, Álvarez y Miranda, 2008).

Flor

La flor contiene los órganos sexuales de la planta. Las flores masculinas llamados estambres y las femeninas llamadas pistilos. En los estambres se produce el polen que cuando cae en los pistilos producen la semilla o el grano. El cáliz es un tubo acampanado hacia el ápice que se divide en cinco lóbulos, dos de los cuales se encuentra parcialmente unidos; la corola rosa-purpura a casi blanca, de cinco pétalos desiguales, el más extremo es el más ancho y vistoso, llamado estandarte. La flor de frijol no se abre mientras esta no ha sido polinizada, por lo que se clasifica como una planta autógama (Mestas y Roque, 2010).

Fruto

Es una vaina lineal o encorvada que alcanza un tamaño de 10 a 25 cm. de longitud y de 1.5 a 3.2 cm. de diámetro. Contiene de 6 a 21 granos por vaina. Las vainas pueden ser de color verde o presentar moteados púrpura o rojizo en sutura y valvas. Las valvas están adheridas al pedúnculo formando ángulos de 30 a 90º; son erectos o colgantes, dependiendo del ángulo que formen (Hurtado, Rodríguez y Díaz, 2017).

Semilla

“La semilla es la unidad reproductora de las plantas. Es el producto que se obtiene después de la floración y de otros fenómenos que se dan dentro de la flor. La semilla es de varios colores, dependiendo de la variedad: rojas, negras, blancas, amarillas, entre otras” (Blanco y Leyva, 2013, pág. 51).

Caracteres morfológicos y agronómicos

Los principales caracteres morfológicos y agronómicos que ayudan a definir el hábito de crecimiento del frijol son:

El desarrollo de la parte terminal del tallo, el cual permite calificarlo como determinado e indeterminado.

El número de nudos.

La longitud de los entre nudos y en consecuencia, la altura de la planta.

La aptitud para trepar.

El grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía, el cual es definido como la parte del tallo y/o ramas que sobresalen por encima del follaje del cultivo (Meza, López y Morales, 2015).

2.2.1.2 Fase vegetativa

El desarrollo de la planta de frijol comprende dos fases sucesivas que son: vegetativa y reproductiva.

Fase vegetativa

Se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción.

Fase reproductiva

“Esta fase termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la recolecta; a pesar de ser esta fase predominantemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas” (Sousa y González, 2009, pág.15).

2.2.1.3 Requerimientos edafoclimaticos

Agua

El agua es tan importante que no sorprende que el crecimiento y rendimiento final dependan de su disponibilidad. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables, esta condición, puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo (Arango, 2017).

Temperatura

“El frijol es una leguminosa, la cual tiene la capacidad de adaptarse fácilmente a los diferentes climas, pero la adecuada temperatura en este cultivo es de 16 a 20 ºC, teniendo en cuenta que esta puede variar, según la variedad de frejol” (Castaño, 2017, pág. 12).

Humedad

El frijol no tolera exceso ni deficiencias de humedad; los excesos producen encharcamientos del terreno y por consiguiente producen el marchitamiento de las plantas, en cambio las deficiencias afectan el crecimiento y son causa principal para la baja producción y el brote de enfermedades. En el periodo de floración la humedad relativa debe ser superior al 50 % para favorecer la formación e instalación de las vainas del frijol. Pero se debe tener en cuenta que el alto nivel de humedad en el terreno, causara que la planta presente hojas frondosas al desarrollarse y que esto no permita el ingreso de luz solar a las vainas (Vela, 2010).

Luz

El rendimiento de una planta es la consecuencia de su capacidad fotosintética, lo cual tiene alta correlación con el área foliar. Por tanto, cualquier factor que modifica el área foliar influirá en el rendimiento, pero debemos tener en cuenta que

las plantas florecen cuando pasan de la fase vegetativa a la fase reproductiva y pueden ser afectadas por la longitud del día solar, ya que la luz solar representa una alternativa para el establecimiento de una metodología de regeneración de plantas vía embriogénesis somática (Acosta, Acosta, Amador y Padilla, 2008).

Suelo

El suelo es un componente importante de los sistemas de producción que puede contribuir a mejorar la calidad y productividad agropecuaria y su asociación con el cambio climático. En el cultivo de frejol, el suelo adecuado es el franco limosos, aunque también tolera el franco arcilloso, siempre y cuando los suelos sean, sueltos, profundos, aireados y con un buen drenaje. El pH apto para el cultivo de frejol va entre 5.5 y 7.0, debido a que el frejol es más susceptible a la salinidad de los suelos y del agua (Alonso, 2011).

Fertilización

Incorporar los residuos de las cosechas anteriores, ya que esta materia orgánica mejora la calidad del suelo y reduce la cantidad de fertilizante que necesita aplicar al cultivo. Cuando los suelos son pobres o están “agotados”, una fertilización adecuada proporciona los nutrimentos necesarios para el buen crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo (Guevara, 2010).

2.2.1.4 Plagas en el cultivo del cultivo

El cultivo de frijol es atacado por muchas especies de insectos y ácaros, los daños pueden ocurrir desde la siembra hasta después de la cosecha e inclusive durante el periodo de almacenamiento. Las plagas más importantes del cultivo del frijol son: gusanos cortadores, dentro de ellos tenemos a Feltia experta, Agrotis ipsilon, Spodoptera frugiperda,son insectos que cortan el cuello de las plántulas

recién emergidas. Se les reconoce principalmente porque cuando los tocan se enroscan (Hernández y Vargas, 2013).

Gusanos cortadores (*Agrotis ípsilon*)

Los daños se observan en plantas que han sido cortadas en la base del tallo o por presencia de daños en hojas en plántulas. El nivel crítico para esta plaga (Figura 17) es de una planta cortada por cada 20 plantas muestreadas. Se sugiere tratar la semilla con químicos o hacer aplicaciones al cultivo cuando las larvas estén pequeñas, preferentemente por la tarde (Reyes, 2012).

Gusano picador o barrenador de tallo (*Elasmopalpus lignosellus*)

Ataca principalmente en la germinación de la semilla; perfora el cuello de las plántulas justo debajo de la superficie del suelo y luego barrena hacia la parte superior o inferior del tallo, causándole la muerte; se recomienda riegos como medidas de control (Tosquy, 2013).

Barrenadores de brotes (*Crosidosema aporema*)

Es una plaga importante que ataca durante todo el periodo del cultivo; causa daños en brotes de tallos, flores y vainas; las larvas barrenan los brotes deteniendo el crecimiento de la planta. Barrenador de vainas (Cydia favibora), las larvas perforan las vainas verdes y se alimentan de los granos; estas perforaciones permiten la entrada de la mosca Silba sp, causando pudriciones en los granos dentro de la vaina (Acosta y Sánchez, 2010).

Pulgones

Los pulgones son insectos chupadores. Tanto adultos como ninfas succionan la savia de las hojas, brotes, tallo y flores. Su saliva es tóxica. Las hojas picadas se enrollan y encrespan y finalmente caen de la planta. Este daño hace que las plantas se debiliten y se queden pequeñas. Las plantas severamente afectadas por la plaga

se observan ennegrecidas. Esto se debe al crecimiento del hongo fumagina en una mielecilla excretada por estos insectos (Cuellar y Morales, 2006).

2.2.1.5 Enfermedades en el cultivo de frejol

Las enfermedades son causadas principalmente por hongos, virus y bacterias que son capaces de reducir los rendimientos significativamente la calidad del grano a continuación se describe las de mayor importancia (Hernández y Vargas, 2013).

Antracnosis

La antracnosis puede afectar cualquier órgano aéreo (excepto flores) y en cualquier etapa de desarrollo; aunque los síntomas severos se observan en pecíolos, hojas y vainas. En el follaje, los síntomas se aprecian a lo largo de las nervaduras en el haz de las hojas, consistentes en lesiones de color ladrillo a púrpura. Las lesiones pueden observarse en los cotiledones cuando el inóculo proviene de la semilla o de residuos de cosecha; y al diseminarse la infección, en los pecíolos, tallos, ramas y vainas (Núñez, 2011).

La roya o herrumbre

Los síntomas iniciales consisten en manchas circulares cloróticas o blanquecinas, en las que luego se desarrollan los síntomas típicos que son las pústulas café-rojizas (uremias) que aparecen en las hojas. Bajo una infección severa y condiciones favorables, el patógeno puede desarrollar varias generaciones en un mismo ciclo de cultivo. Una pústula contiene miles de uredosporas, y puede estar rodeada de un borde clorótico o necrótico dependiendo de la raza fisiológica, la variedad y las condiciones ambientales. Una infección severa puede causar reducción en el rendimiento (Cifuentes, 2018).

Mancha angular

Los síntomas pueden aparecer inicialmente en las hojas primarias, y se generalizan en las plantas después de la floración o inicio de la formación de vainas. Cuando las lesiones están bien establecidas en el follaje, son típicamente angulares en ambos lados de las hojas. En ataques severos, las hojas se tornan amarillentas y mueren, resultando en la defoliación prematura de las plantas. En el tallo, ramas y pecíolos, las lesiones son de color café- rojizo, con bordes oscuros y de forma alargada. En las vainas, las manchas son ovaladas y circulares, con centros café-rojizos y ocasionalmente con bordes oscuros (Treviño y Rosas, 2013).

2.2.2 Sistemas de siembra

El rendimiento de grano se incrementa hasta un valor máximo, pero declina al incrementar aún más la densidad. La densidad óptima de siembra debe ser determinada para cada cultivo bajo cada agro ecosistema, con el fin de obtener rendimientos máximos. Este parámetro tiene importancia especial porque normalmente implica costos muy pequeños para los agricultores que adoptan densidades apropiadas de plantas (Casanova, Solarte y Checa, 2012).

Densidad de Siembra

La densidad de siembra es la cantidad (kilogramos o toneladas) de semilla o material vegetativo necesario para sembrar o plantar una superficie de terreno de una hectárea (10,000 m^2). La densidad de siembra es un factor importante que afecta el rendimiento de los cultivos, el rendimiento biológico se incrementa con la densidad hasta un valor máximo, determinado por algún factor ambiental y a densidades mayores tiende a mantenerse constante siempre que no intervengan factores ajenos como el acame (Armendáriz, 2012).

Densidad de Población

La densidad de población es el número de plantas que resultan de la siembra o del trasplante en una superficie de una hectárea.

Arreglo topológico

Es la disposición o la forma que tomará la distribución de plantas sobre el terreno. Se utilizan generalmente en huertos de árboles frutales (Montalvo, 2018).

2.2.3 Arreglos topológicos

El arreglo topológico en la siembra se define como la distribución de las plantas en la superficie sembrada, cantidad y disposición de las mismas en un terreno. La siembra se puede hacer sobre surcos, camas o melgas, dependiendo del cultivo y de su manejo agronómico. En el caso de la siembra sobre surcos, se deben considerar algunos aspectos para poder calcular la Densidad de población (Salinas, 2012).

Acosta (2018), señala que la asociación que incluye 70 mil plantas de frijol más 20 mil plantas de maíz por hectárea fueron los de máxima producción bruta, comparados con el monocultivo de frijol. Además, con la asociación de maíz-frijol se 12 hace un uso más eficiente del suelo, como lo indica el índice "Razón de Superficie equivalente" (RSE).

El aumento en los rendimientos que provocan los mejores arreglos topológicos según indica Gaxiola (2017) quien observó que, al cambiar la separación entre surcos de las variedades de frijol Azufrado y Canario, la primera respondió a la separación entre surcos de 0.95 m con una producción de 1,133 kg/ha, en contraste con los 796 kg/ha que tenían una separación entre surcos de 0.50 m, que es ampliamente usado en la región de "El Guayabo", municipio de Ahorne, Sinaloa. Esto muestra la importancia de conocer el mejor aprovechamiento de la relación

superficie-planta como lo señala Moreno (2015) quien dice que el efecto del arreglo topológico en chile jalapeño en fruto verde fue estadísticamente significativo, ya que con la separación entre surcos de 1.0 m logró una producción de 7.9 t/ha, mientras que con una separación tradicional en la región de 0.80 m la producción fue de 4.3 t/ha.

Nuñez (2018), encontró que en cuanto a la Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT), los arreglos topológicos intercalados fueron superiores a los monocultivos, y que los arreglos utilizados tradicionalmente por los productores pueden ser mejorados mediante pequeñas modificaciones que decidan realizar ellos mismos.

También lmmer (1932), encontró que a medida que la parcela era más pequeña y el número de repeticiones aumentaba, la eficiencia del experimento era mayor.

De La Loma (1966), indicó que se deben tomar en cuenta varios factores para determinar el tamaño y la forma de las parcelas experimentales; entre otros, los de mayor importancia son: a) la extensión superficial del terreno, b) la calidad del terreno, c) el objetivo de la experiencia y d) la clase de planta cultivada. De lo anterior se desprende que la forma y el tamaño de las parcelas de experimentación son las bases para determinar cuál es la mejor separación entre surcos y la mejor distancia entre plantas que se adaptan a determinada región, y que pueden ser utilizados con un amplio margen de éxito.

2.2.3.1 Tipos de arreglos topológicos

Hileras dobles (o doble surco): los espacios entre las hileras son diferentes, lo que crea una calle ancha y una calle estrecha. A la calle estrecha se le dice hilera doble.

Hileras sencillas: la distancia entre las plantas es constante. Entre 2 hileras, las plantas están dispuestas en triangulo. Las líneas son más distantes, así que

hay un mejor uso de los rayos solares y las raíces prospectan más el suelo. Ese dispositivo conviene a parcelas no mecanizadas, pero el amarre es más difícil.

Melgas

Ayuda a economizar agua en el riego, sin embargo, se emplea en cultivos de una gran densidad de siembra, o sea, en los cereales y forrajeras sembradas "al voleo". Los terrenos deben ser llanos y se presta el método para todos los tipos de suelos, siempre que tengan buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad (Rodríguez y Sánchez, 2003).

2.2.4 Importancia del cultivo de frejol

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser un suplemento nutricional en la dieta alimenticia de los habitantes de Centro y Sur América. En América Latina y África, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana (Acosta, 2018).

Existen otros factores que hacen que el frijol tenga un lugar preferencial, uno de los cuales es su composición nutricional; de hecho, es una fuente rica de proteínas y minerales, como el zinc y el hierro. La semilla contiene entre 20% y 25% de proteína, sobresaliendo por su abundancia la faseolina, que posee un alto contenido de aminoácidos esenciales, tales como la lisina y el triptófano, y que hay en el frijol en mayor cantidad que en los cereales. La lisina, por ejemplo, se utiliza para la producción de carnitina, que interviene en el transporte de los ácidos grasos a las células musculares y produce energía (Barreto, 2016)

Para los guatemaltecos, especialmente para aquellos de escasos recursos económicos, el frijol es importante para la dieta, contiene entre el 15 y 27% de proteína. El frijol de color negro es el preferido y es un cultivo practicado por

agricultores de bajos recursos económicos y utilizando principalmente suelos marginales y frecuentemente en asociación con otros cultivos (Bellido, 2016)

2.3 Marco legal

Plan Nacional de Desarrollo Toda una vida (2017-2021)

Objetivo 3. Garantizar los derechos de la naturaleza para actuales y futuras generaciones

3.1 Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.
3.2 Distribuir equitativamente el acceso al patrimonio natural, así como los beneficios y riqueza obtenidos por su aprovechamiento, y promover la gobernanza sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.
3.3 Precautelar el cuidado del patrimonio natural y la vida humana por sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales no renovables.
3.4 Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.
3.5 Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía.
3.6 Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos.
3.7 Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.
3.8 Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.
3.9 Liderar una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza (Plan Nacional de Desarrollo, 2017,. 66).

Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria

Título I
Principios generales

Art 1. Finalidad. - Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropia dos de forma permanente. El régimen de la soberanía alimentaria se constituye por el conjunto de normas conexas, destinadas a establecer en forma soberana las políticas públicas agroalimentarias para fomentar la producción suficiente y la adecuada conservación, intercambio, transformación, comercialización y consumo de alimentos sanos, nutritivos, preferentemente provenientes de la pequeña, la micro, pequeña y mediana producción campesina, de las organizaciones

económicas populares y de la pesca artesanal así como microempresa y artesanía; respetando y protegiendo la agro biodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión, sustentabilidad social y ambiental. El Estado a través de los niveles de gobierno nacional y subnacionales implementará las políticas públicas referentes al régimen de soberanía alimentaria en función del Sistema Nacional de Competencias establecidas en la Constitución de la República y la Ley (Asamblea Nacional del Ecuador, 2011, p.1).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación fue tipo experimental, dado que se evaluó el efecto de diferentes arreglos topológicos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frejol *(Phaseolus vulgaris).*

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental, en el cual se evaluaron cuatro tratamientos, con el objetivo de establecer el distanciamiento de siembra que permita mejorar los rendimientos de frejol en la zona de Milagro. Sus estructuras tienen una fase teórica desde donde se establecieron los tratamientos y una fase práctica, en la cual se evaluaron experimentalmente varios distanciamientos de siembra, atreves del comportamiento agronómico del cultivo.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Arreglos topológicos

3.2.1.2. Variables dependientes

- Vainas por planta
- Granos por vaina
- Peso de 100 gramos
- Rendimiento en kg
- Vigor de la planta
- Relación beneficio/costo

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron en el siguiente ensayo son cuatro, de los cuales tres tratamientos estarán representados por diferentes distancias entre plantas y el cuarto tratamiento fue un testigo, en el cual se realizó una distancia convencional entre planta y planta que es implementada mayoritariamente por los productores.

Tabla 1. Tratamientos a evaluarse

Nº	Tratamientos	Distan. (calle-planta)	(Pl/Sitio)	Plantas/ha
1	Arreglo topológico	(50 cm. x 30 cm.)	(2)	133333
2	Arreglo topológico	(60 cm. x 40 cm.)	(2)	83333
3	Arreglo topológico	(70 cm. x 30 cm.)	(2)	95238
4	Testigo (S. Conv.)	(40 cm x 30 cm)	(2)	166666

Choca, 2021

Los tratamientos se establecieron al momento de la siembra, con los distanciamientos señalados con la respectiva cantidad de semilla por sitio y los datos de cosecha fueron tomados al momento de que la planta llego a su etapa de madurez fisiológica y posterior secado, cuando las semillas alcanzaron un porcentaje de humedad de 12%

3.2.3 Diseño experimental

El desarrollo de este ensayo se realizó bajo una distribución de bloques completos al azar, en el cual se valoró los tratamientos antes indicados, mediante cinco repeticiones de cada uno, generando un total de 20 unidades experimentales.

Según los arreglos topológicos que se evaluaron, las unidades experimentales tuvieron diferentes tamaños, los cuales se indican a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Unidades experimentales

Tratamientos	Ancho (m)	Longitud (m)
T1	4.0m	6
T2	4.8m	6
T3	5.6m	6
TESTIGO	3.2m	6

Choca, 2021

En todas las unidades experimentales se consideró ocho hileras de plantas a los distintos distanciamientos: 160 plantas para las parcelas del tratamiento 1, 3 y 4 y 120 plantas para el tratamiento 2. Estos datos pueden verse en el croquis del experimento detallado en Anexos.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Recursos bibliográficos

Revistas científicas

Artículos científicos

Libros

Sitios web

Tesis

Insumos y herramientas de campo

Las herramientas de campo utilizados para el trabajo experimental se describen a continuación**:**

Semillas de frejol cuarentón

Estacas

Equipos de medición (GPS, calibrador, calculadora, balanza, regla)

Bomba de riego

Bomba de fumigar

Machetes

Piola

Flexómetro

Alambre

Balanza digital

Equipos

Libreta de apuntes

Esferográfico

Cámara fotográfica

Cinta métrica

Láminas de cartulina para identificar los tratamientos

Computadora

Cámara fotográfica

Impresora

Libreta de apuntes

Lápiz

Pen drive

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Manejo del experimento

Preparación de terreno

Se hizo la preparación del suelo, con la ayuda de maquinarias agrícolas, como primer punto se quitó las malezas que se encontraban en el suelo y luego se procedió a remover el terreno. Una vez realizadas estas labores obtuvimos una superficie en favorables condiciones para la siembra.

Siembra

Para la siembra se usó semilla certificada de frejol cuarentón y realizamos los siguientes distanciamientos de acuerdo a cada tratamiento, es decir, en el T1 la distancia fue 50 cm entre calle x 30 cm entre planta, en el T2 la densidad fue de 60 cm entre calle x40 cm entre planta, en el T3 el distanciamiento fue 70 cm entre calle x 20 cm entre planta y por último el testigo que es el T4 tuvo una distancia de siembra convencional con las siguientes medidas 40 cm entre calle x 30 cm entre planta.

Riego

Se realizó el respectivo riego antes de la siembra, antes de cada fertilización y consecuentemente cada 6 días, de acuerdo a las necesidades del cultivo.

Manejo de malezas

Se ejecutó controles químicos pre emergente de pendimentalin en dosis de 250 cc/bombada después de la siembra y luego con la finalidad de controlar las malezas y de esta manera tener un desarrollo óptimo del cultivo

Manejo de plagas y enfermedades

Se efectuó monitorios semanales en el cultivo identificando las poblaciones de insectos. Como hubo presencia de minador de la hoja en el cultivo de frejol, aplicamos, los insecticidas agrícolas Cyromazine y Thiocyclam Hydrogen Oxalatae, 5g de cada dosis en 20 litros de agua.

Fertilización

Se procedió con la fertilización según los requerimientos nutricionales del cultivo y correspondiente en cada etapa fenológica con el objetivo de no tener margen de error en el experimento.

En la primera fertilización se aplicó sulfato de amonio estándar (SAM) en dosis de 10 g/planta, en las próximas fertilizaciones se usó un abono completo (N, P, K) en dosis de 20 g/planta y como fertilización foliar se utilizó Piretrinas naturales en dosis de 50 cc en una bomba de 20 litros.

Cosecha

Se ejerció de manera manual con el arranque, amontonado y trillado mediante golpeteo, para posteriormente realizar el basureo, con el fin de que las semillas queden libres de impurezas.

Variables en estudio

Vainas por planta

Se recolectaron las vainas de las plantas una vez que esta llegó a su etapa de madurez, es decir a la cosecha. Para esta valoración se consideró 10 plantas, las cuales fueron seleccionadas al azar desde la unidad de muestreo (parcela útil) de cada unidad experimental. El resultado se reportó como promedio de estas 10 plantas.

Granos por vaina

Esta variable se obtuvo a partir de 30 vainas seleccionadas aleatoriamente en la unidad de muestreo de cada parcela. El dato se determinó como promedio, considerando la cosecha del cultivo.

Peso de 100 granos

El peso de 100 granos se valoró al momento de la cosecha, seleccionando aleatoriamente desde la unidad de muestreo. Para esta medición se usó una balanza en unidades de gramos, realizando la corrección respectiva por humedad dado que los granos se consideran en estado seco. Esta corrección por humedad se realizó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Peso ajuste} = \frac{P\,(100-H1)}{100-Ho}$$

Donde P es el peso (g) sin corregir, Ho es la humedad inicial y H1 es la humedad final. Ho se obtuvo con un equipo medidor de humedad.

La humedad del grano al momento de procesar los resultados fue de 12%.

Rendimiento en kg

Esta variable se determinó en la cosecha, cuando ya se tenían los granos secos. El reporte se realizó en función del tamaño de la unidad de muestreo de cada unidad experimental, extrapolando a kg/ha. En este caso también se determinó el ajuste por humedad respectivo, siguiendo lo indicado en la anterior variable.

Vigor de planta

De acuerdo a los diferentes tratamientos que se realizaron, se evaluó el vigor de las plantas como resultado de los arreglos topológicos realizado en el sistema de siembra. Esta valoración se determinó en función de una escala estructurada que se indica en la Tabla 3, por cada unidad experimental

Tabla 3. Escala de vigor

Valor	Calificación
1- 3	Poco vigor
4- 7	Medio
8 -10	Vigoroso

Guilcaso, modificado por Choca, 2021

Relación beneficio costo

Con base a los cuatro tratamientos que se establecieron, analizamos la relación beneficio costo, que los arreglos topológicos generan a los productores.

Para el cálculo de la relación Beneficio/costo (B/C) se utilizó la formula respectiva con sus descripciones correspondientes que a continuación se detallan:

$$(B/C) = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

El análisis de la relación B/C toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

B/C > 1 implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

B/C = 1 implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

B/C < 1 implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

3.2.5 Análisis estadístico

La información de cada variable se calculó estadísticamente mediante el análisis de varianza, cuyo modelo, según el experimento a desarrollarse es el que se detalla en la Tabla 4. Para la comparación de medias se aplicó el test de Tukey. Todos estos análisis se realizaron al 5% de probabilidad de error tipo 1, utilizando la versión estudiantil del software Infostat.

Tabla 4. Modelo de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total (n-1)	19
Tratamientos (t-1)	3
Repeticiones (r-1)	4
Error experimental (t-1)(r-1)	12

Choca, 2021

4. Resultados

4.1 Efecto de los arreglos topológicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de frejol

4.1.1 Vainas por planta y granos por vainas

En la tabla 5 se puede observar los promedios que tienen relación con la variable vainas por planta una vez que se seleccionaron 10 plantas para contabilizar sus vainas cuando el cultivo llego a ser cosechado. Al realizar el análisis de varianza se logró detectar que existe significancia estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación presento un valor de 6.3%.

Al realizar la comparación entre las medias de los tratamientos se puede verificar que el T3 (70 cm x 30 cm), presenta el valor más alto con 13.7, siendo superior y diferente estadísticamente a los demás tratamientos. Sin embargo, el T1 (50 cm x 30 cm), T2 (60 cm x 40 cm) y T4 (40 cm x 30 cm), mostraron valores con poca diferencia, siendo estadísticamente significativo.

Tabla 5. Promedios de la variable vaina por plantas

N°	Tratamientos	Vainas/plantas
T1	Arreglo topológico (50 cm x 30 cm)	11.7 b
T2	Arreglo topológico (60 cm x 40 cm)	12.0 b
T3	Arreglo topológico (70 cm x 30 cm)	13.7 a
T4	Testigo absoluto (40 cm x 30 cm)	11.9 b
	CV (%)	6.3

Letras iguales no difieren significativamente (p > 0,05)
Choca, 2021

4.1.2 Granos por vainas

En la tabla 6 con relación a la variable granos por vaina. El coeficiente de variación tuvo un valor de 6.3 %. Se demostró que el T3 (70 cm x 30 cm), tuvo un promedio más alto en producción de granos con una media de 6.34, por otra parte, el T4 (40 cm x 30 cm) obtuvo un bajo valor, por lo cual no fue rentable en producción de granos, debido a que en los resultados solo llego a tener un promedio de 4.36

Tabla 6. Promedios de los variables granos por vainas

N°	Tratamientos	Granos/vainas
T1	Arreglo topológico (50 cm x 30 cm)	5.0 c
T2	Arreglo topológico (60 cm x 40 cm)	5.42 b
T3	Arreglo topológico (70 cm x 30 cm)	6.34 a
T4	Testigo absoluto (40 cm x 30 cm)	4.36 c
	CV (%)	6.74

Letras iguales no difieren significativamente (p > 0,05)
Choca, 2021

4.1.3 Vigor de la planta

En la tabla 7 se señala el análisis estadístico del vigor de plantas de cada unidad experimental en el cual se observan diferencia significativa entre los tratamientos. A los 20 días de haber evaluado el vigor en las unidades experimentales el coeficiente de valor fue 7.05 % y al verificar el análisis comparativo T3 (70 cm x 30 cm) tuvo un valor de 6.46, representando así el as alto vigor, a diferencia del T4 (40 cm x 30 cm) que obtuvo el rango de vigor bajo siendo el puntaje 6.0.

El análisis estadístico del vigor demuestra que a los 40 días, se obtuvo un coeficiente de valor de 5.0 % y al realizar la evaluación de las unidades experimentales el T1 (50 cm x 30 cm) estadísticamente es igual al T2 (60 cm x 40 cm), aunque el T2 (60 cm x 40) y T4 (40 cm x 30 cm), tienen relación en el promedio, por otra parte, el T3 (70 cm x 30 cm), tuvo una calificación de 9.0, siendo este el sobresaliente con el más alto puntaje de vigorosidad dentro de los demás tratamientos, a diferencia del T4 (40 cm x 30 cm) que obtuvo un puntaje de 8.0, representando un rango bajo en la escala de vigor.

Tabla 7. Promedio de la variable de vigor de planta

Nº	Tratamientos	Vigor de la planta 20 dds	40 dds
T1	Arreglo topológico (50 cm x 30 cm)	6.38 b	8.44 ab
T2	Arreglo topológico (60 cm x 40 cm)	6.32 b	8.02 b
T3	Arreglo topológico (70 cm x 30 cm)	6.46 a	9.0 a
T4	Testigo absoluto (40 cm x 30 cm)	6.0 b	8.0 b
	CV (%)	7.05	5.0

Letras iguales no difieren significativamente *(p > 0,05)*
Choca, 2021

4.2 Producción del cultivo de frejol como respuesta a la incidencia de distintas topologías a evaluarse

4.2.1 Peso de 100 granos (g)

En la tabla 8 se indica el peso de 100 granos (g) y el promedio de cada unidad experimental en el cual se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación presento un valor de 2.0 %.

Al analizar el análisis de las medias se observa que el T2 (60 cm x 40 cm) y el T4 (40 cm x 30 cm,) son los tratamientos con más bajo peso de grano, por otra parte, el T3 (70 cm x 30 cm), tiene mayor peso con una media de 30.2 (g), aunque el T1 (50 cm x 30 cm,) tiene cierta similitud en los promedios con el T3.

Tabla 8. Promedio de la variable peso de 100 granos (g)

N°	Tratamientos	Peso de 100 granos
T1	Arreglo topológico (50 cm x 30 cm)	29.0 b
T2	Arreglo topológico (60 cm x 40 cm)	27.0 d
T3	Arreglo topológico (70 cm x 30 cm)	30.2 a
T4	Testigo absoluto (40 cm x 30 cm)	28.0 c
	CV (%)	2.0

Letras iguales no difieren significativamente (P > o.)
Choca, 2021

4.2.2 Rendimiento en kg

En la tabla 9 se presentan las medias de los tratamientos que tienen relación con la variable rendimiento en kg/ha. Al efectuar el análisis de varianza se logró detectar que existió significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 9.07% respectivamente.

Al realizar el análisis comparativo entre las medias de los tratamientos se puede verificar que el T3 (70 cm x 30 cm) presento el valor más alto con 1245.70 kg/ha, siendo superior e igual estadísticamente al T4 (40 cm x 30 cm) con 1196.70 kg/ha respectivamente. Sin embargo, el T1 (50 cm x 30 cm), presentó un rendimiento de 1026.42 kg/ha, siendo significativo e importante, mostrándose similitud estadística con relación al anterior tratamiento. Mientras que el T2 (60 cm x 40 cm) tuvo un valor de 716.00 kg/ha, siendo el más bajo y difiriendo estadísticamente con los demás tratamientos demarcados en el estudio.

Tabla 9. Promedio de la variable de rendimiento

N°	Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)
T1	Arreglo topológico (50 cm x 30 cm)	1026,42 b
T2	Arreglo topológico (60 cm x 40 cm)	716,00 c
T3	Arreglo topológico (70 cm x 30 cm)	1245,70 a
T4	Testigo absoluto (40 cm x 30 cm)	1196,70 a b
	CV (%)	9.07

Letras iguales no difieren significativamente *(p > 0,05)*
Choca, 2021

4.3 Utilidad económica generada por los distintos arreglos topológicos

4.3.1 Beneficio/costo

En la tabla 10 que corresponde a la relación beneficio costo del presente ensayo se puede visualizar que el T3 (70 cm x 30 cm) alcanzó el mayor rendimiento con 1121.04 kg/ha, con un ingreso de $ 2802.6, teniendo un egreso de $ 844.50, al diferir obteniéndose un beneficio de $ 1958.1, efectuando la relación beneficio costo da un valor de 2.31, siendo el más alto y significativo. Sin embargo, el T1 (50

cm x 30 cm) y T4 (40 cm x 30 cm), también presentan valores importantes en relación al rendimiento, ingresos, beneficios producto de la relación beneficio costo se obtiene valores que oscilan entre 1.81 y 1.75 respectivamente. Cabe recalcar que el T2 (60 cm x 40 cm) presentó una deficiente relación beneficio/costo generando pérdidas en la inversión.

Tabla 10. Relación beneficio/costo

Descripción	TRATAMIENTOS			
	T1	**T2**	**T3**	**T4 (testigo)**
Rendimiento kg/ha	1026,4	716	1245,6	1196,7
Ajuste (10%)	102.64	71.60	124.56	119.67
Rendimiento ajustado	923.76	644.4	1121.04	1077.07
Precio ($/kg)	2.50	2.50	2.50	2.50
Ingreso ($)	2309.4	1611.0	2802.6	2692.57
Costo fijo ($)	634.50	634.50	634.50	634.50
Costo variable ($)	185.0	197.0	210.0	344.0
Egresos ($)	819.50	831.50	844.50	978.50
Beneficio ($)	1489.9	779.50	1958.1	1714.07
Relación costo beneficio	**1.81**	**0.93**	**2.31**	**1.75**

Choca, 2021

5. Discusión

De acuerdo al primer objetivo se determinó el efecto de los arreglos topológicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de frejol, siendo estos de gran importancia para los agricultores, debido a que, si implementan esta forma de siembra, van a obtener mejores beneficios y mayor rentabilidad en sus cultivos. El efecto de los arreglos topológicos en el crecimiento y desarrollo del cultivo de frejol se vio reflejado en la vigorosidad de las plantas al ser evaluadas, debido a que el tratamiento 3 con un valor de 9.0 obtuvo mayor promedio de vigor, en contraste con el testigo que obtuvo un valor de 8.0 en la escala de vigor, siendo un puntaje estadísticamente igual al tratamiento 3. Estos resultados concuerdan con Zanabria (2015) en su investigación basada en arreglos topológicos a doble cultivo, obtiene un mayor resultado en la escala de vigor, con un promedio de 10.15 y el testigo tuvo un menor promedio de 8.32, mientras que los demás tratamientos no obtuvieron un efecto significativo en vigor de planta.

Según el segundo objetivo donde cuantifica la producción del cultivo de frejol como respuesta a la incidencia de distintas topologías a evaluarse. Se obtuvieron resultados favorables en la variable granos por vaina. Esto es para determinar su producción. Se demostró que el T3 (70 cm x 30 cm), tuvo un promedio más alto en producción de granos con una media de 6.34, por otra parte, el T4 (40 cm x 30 cm) no obtuvo fue rentable en producción de granos, debido a que en los resultados solo llego a tener un promedio de 4.36. Esto concuerda con Torres (2013) quien menciona en su investigación que las bajas producciones de frejol, pese a que es un grano muy consumido y apetecido en el país, se debe a la falta de conocimiento que tienen los productores sobre el manejo del cultivo, así como sus intenciones

de continuar con el mismo permiten vislumbrar una fortaleza en esta zona del país para esta actividad agrícola

De acuerdo al objetivo tres donde se valora la utilidad económica generada por los distintos arreglos topológicos. Donde el ensayo tuvo un efecto positivo demostrando que el T3 (70 cm x 30 cm) logro el mayor rendimiento con 1121.04 kg/ha, con un ingreso de $ 2802.6, concordando con Agrosavia (2009) dice, que el fríjol común (arbustivo y enredadera) tiene una utilidad económica muy alta en los países latinoamericanos, debido a que es el que se utiliza para el consumo interno y los trabajos de fitomejoramiento han originado gran cantidad de variedades mejoradas, las cuales están destinadas a los mercados de Venezuela, Centroamérica y Japón.

6. Conclusiones

En base a los resultados de esta investigación concluyo lo siguiente:

Se concluye que los arreglos topológicos en la presente investigación al ser analizados estadísticamente obtuvieron resultados significativos y relativos entre sí, demostrando así, que el tratamiento 3 sobresalió en la variable de estudio como lo es vaina por planta que al realizar la comparación presento un valor de 13.7, siendo superior a los demás tratamientos.

Se concluye, que en la variable vigor de la planta se obtuvieron resultados positivos siendo el T3 (70 cm x 30 cm) quien muestra los mejores resultados con un 90% de vigorosidad a los 40 días.

De acuerdo al tercer objetivo el ensayo concluye que la utilidad económica generada por los distintos arreglos topológicos, en la cual se observó un efecto positivo demostrando que el T3 (70 cm x 30 cm) logro el mayor rendimiento con 1121.04 kg/ha, con un ingreso de $ 2802.6. Seguido por el T4 (40 cm x 30 cm) con un rendimiento de 1077.07 kg/ha, teniendo un ingreso de $ 2692.57.y por último tenemos al T2 (60 cm x 40 cm) que obtuvo un rendimiento de 923.76 kg/ha, con un ingreso de $ 2309.4 y al final está el T1 (50 cm x 30 cm) con un rendimiento de 644.4 kg/ha y un ingreso de 1611.0.

7. Recomendaciones

Se recomienda que los arreglos topológicos en la agricultura sean analizados de una manera técnica, ya que son una buena opción al momento se sembrar, evitando así la sobrepoblación de plantas y permitiéndoles que se desarrollen de una manera apropiada.

Recomiendo la implementación de los arreglos topológicos a los agricultores de nuestro país para cultivos de ciclo corto, ya que se puede asociar a otros cultivos y puedan obtener una buena producción. Además, se puede atribuir que aumenta la vigorosidad de las plantas.

Se recomienda implementar estudios de arreglos topológicos en diferentes zonas del país con el fin de recolectar información basada en la economía de varios sectores.

4. Bibliografía

Acosta, E., Acosta, A., Amador, M. y Padilla, J. (2008). Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agric. Téc. Méx,* 34(1), 13-20.

Acosta, A. y Sánchez, T. (2010). Rendimiento y reacción a enfermedades en frijol tipo Flor de Mayo en riego y temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *1*(1), 65-75.

Acosta, G. (2018). Asociaciones e intercalamiento de maíz y frijol bajo temporal en Durango. . México: Agricultura técnica en México, Vol. 8 no.

Agrosavia (2009)*. Importancia económica del frijol en Colombia Obtenido de https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13911*

Albino, R., Turrent, A. y Corté, I. (2016). Rendimiento y proteína del maíz intercalado con frijol en arreglos topológicos, densidades y fertilización. *Acta agrícola y pecuaria,* 2(3), 61-72

Alonso, E. A. (2011). Caracterización bioquímica y fisiológica germinativa de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Tesis de pregrado). Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. Cuba

Armendáriz, E. (2012). *Evaluación agronómica del cultivo de Chia (Salvia Hispánica L) con dos densidades de siembra y tres tipos de fertilizante orgánico, en San Pablo de Atenas, provincia Bolívar* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda.

Arango, E. (2017). *Establecimiento de fríjol calima (Phaseolus vulgaris) en 5.000 m2, en la vereda 15 de mayo del municipio de Mocoa, para comercializar en el medio y alto Putumayo* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle. Putumayo.

Barreto. (2016). *Competencia entre frijol y las malas hierbas.* Mèxico: Agricultura Técnica en Mèxico.

Bellido. (2016). *Período crítico de competencia de malezas en el cultivo del frijol. .* Lima: UNALM.

Blanco, Y. y Leyva, Á. (2013). Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris,* L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Avances en Investigación Agropecuaria*, *17*(3), 51-65.

Castaño, C. (2017). *Implementación de 9.000 m2 de fríjol (Phaseolus vulgaris) variedad cargamanto rojo, para la comercialización en seco en el corregimiento de Herrera Rioblanco Tolima* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle. Yopal.

Casanova, L., Solarte, J. y Checa, O. (2012). Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, *29*(2), 129-140.

Carillo, E. (2016). Evaluación bajo invernadero de la eficiencia de cepas nativas de Rhizobium phaseoli en la fijación de nitrógeno atmosférico. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. .

Centeno, L. (04 de 05 de 2017). *cocina y vino*. Obtenido de cocina y vino: https://www.cocinayvino.com/salud/propiedades-de-la-pomarrosa/

Cifuentes, A. (2018). *Identificación de plaguicidas utilizados en el control de plagas en el cultivo de fréjol (Phasiolus vulgaris L.), en la Comuna San Juan de Urcuquí, Cantón Urcuquí, Provincia de Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo

Cuellar, E. y Morales, J. (2006). La mosca blanca Bemisia tabaci (*Gennadius*) como plaga y vectora de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*, *32*(1), 1-9.

Carcelén, I. y Sánchez. P. (2013). *La variedad de fréjol "Pata de paloma".* Recuperado *de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3929/1/6456.pdf*

Garcés, R., Olmedo, M., Garcés, E. y Díaz, G. (2015). Potencial agronómico de 18 líneas de frejol F6 en Ecuador. *Idesia (Arica)*, *33*(2), 107-118.

Gaxiola, L. (2017). Efecto de diferentes distancias entre surcos sobre la incidencia del hongo Whetzelimia sclerotiorum (Liba). Korf y Dumont Semse, Purdy, causante del moho blanco del frijol. . México: Agricultura Técnica en Mexico.

Gómez, A. y Pimentel, J. (2009). Efecto del arreglo topológico en la producción de calabacita en hidroponía a cielo abierto. *Idesia (Arica)*, *27*(3), 15-18.

Guevara, E. (2010). *Influencia de diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L*) (Tesis de pregrado). Universidad de Granma.

Hernández, M. y Vargas, S. (2013). "Origin, Domestication and Diversification of Common Beans. Advances and Perspectives." *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(2):95–104.

Hurtado, A., Rodríguez, E. y Díaz, Y. (2017). Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). *Agrotecnia de Cuba*, *41*(1), 17-24.

Infap (2011). *Arreglo topológico para optimizar la producción de frijol de temporal en el altiplano de san Luis Potosí.* Recuperado de *http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2012/TECNOLOGIAS%202012/arreglotopol%C3%b3gicofrijol.pdf*

Mestas, R. y Roque, M. (2010). Variabilidad espacial de los atributos físico-hídricos del suelo y de la productividad del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) irrigado bajo un sistema de siembra directa. *Revista de Ciências Agrárias*, *33*(1), 307-313.

Meza, E., López, J. y Morales, M. (2015). Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Revista fitotecnia mexicana*, *38*(1), 17-28.

Morales, D. (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, *37*(1), 142-147.

Morán, G. (2011). *Uso de insecticidas botánicos para el control de plagas en el cultivo del frejol phaseolus vulgaris en la granja Santa Inés* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala. Machala

Montalvo, E. (2018). *Rendimiento de biomasa verde de achicoria (Cichorium intybus L.) sometido a dos sistemas de siembra y tres tipos de abonos orgánicos, en el Sector Chabayan, Cantón Espejo, Provincia del Carchi* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo

Moreno . (2015). Efecto del distanciamiento entre plantas y arreglo topológico sobre el rendimiento de chile jalapeño. México: memorias XV congreso de Fitogenetica.

Navas, J. (15 de 10 de 2015). *el mundo*. Obtenido de el mundo: https://www.elmundo.com/portal/vida/gastronomia/la_pomarrosa_un_fruto_olvidado.php#.Xxmq7_lKjMU

Nuñez, C. (2011). *Efecto de dos cepas de Rhizobium sp. y microorganismos efectivos en el rendimiento de grano seco de frijol (Phaseolus vulgaris l.) cultivar Canario Centenario en Costa central* (Tesis de pregrado). Universidad

Nacional Agraria La Molina. Lima

Pablo, L. (28 de 08 de 2019). *vinetur*. Obtenido de vinetur: https://www.vinetur.com/2019082857834/que-es-el-vinagre.html

Polón, R., Miranda, A. y Ramírez Arrebato, M. (2014). Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *23*(4), 33-36.

Polanía, J., Idupulapati, R y Cajiao, C. (2012). Características Morfo-Fisiológicas de Frijol Común (*Phaseolus Vulgaris* L.) Relacionadas Con La Adaptación a Sequía." *Acta Agronomica* 61(3):197–206.

Pie, Y. (2017). *valuación de dos cepas de micorrizas en el Phaseolus vulgaris (L.) (Frijol común) en suelo anexo al organopónico UNECA de Vista Alegre, en el municipio Holguín* (Tesis de pregrado). Universidad de Holguín.

Reyes, F. (2012). *Determinación del efecto de diferentes soluciones de Microorganismos Eficientes, en la nutrición del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.), en la finca Venga, del municipio de La Sierpe* (Tesis de pregrado). Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez".

Rodas, G., Cabrera, I. y Vásquez, G. (2018). *Efecto de Densidades de siembra en el rendimiento del frijol arbustivo (Phaseolus Vulgaris L.*) ICTA Hunapú Precoz en el altiplano de Huehuetenango (Tesis de pregrado). Programa de investigaciones agropecuarias. Guatemala.

Rosabal, L. (2013). Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, *34*(3), 71-75.

Rodríguez, A. y Sánchez, C. (2003). Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México*, *29*(1), 49-60.

Salinas, N. (2012). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. *Revista fitotecnia mexicana*, *35*(4), 317-323.

Sousa, G. y González, R. (2009). Incidencia de Hemiptera en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). *Centro Agrícola*, *36*(4), 15-18.

Saavedra, L., Álvarez, F., Miranda, R. (2008). Selección de nuevas variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) frente a las principales enfermedades del cultivo en Cuba. *Fitosanidad*, *12*(1), 27-31.

Tosquy, H. (2012). Rendimiento y reacción a enfermedades de genotipos de frijol en condiciones de temporal y humedad residual. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *3*(4), 727-737.

Treviño, C. y Rosas, R. (2013). El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana.* México, 26(1)

Treviño, C. (2016). El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana.* , México. Vol. XXVI Número 1.

Ulloa, A., Rosas, P., Ramírez, J. C. y Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris):* su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *CONACYT* 3(8), 5-9.

Vargas, V. (2013). *Formulación, Caracterización Fitoquímica y Fisicoquímica, y Dosificación de Insecticidas Orgánicos para el control de Mosca Blanca (Bemisia tabaci) en el cultivo de Fréjol (Phaseolus vulgaris, L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato

Vela, P. (2010). *Caracterización física, química y nutricional de la vainita (Phaseolus vulgaris), en diferentes suelos edafoclimáticos, cultivados a campo abierto e invernadero, como un aporte a la Norma INEN.* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito.

Valladolid, A. (2017). El cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú. LIMA - PERÚ: Proyecto TTA (Transferencia de Tecnología Agropecuaria). INIA.

Zanabria, K. (2015). *Efecto del arreglo topológico sobre el rendimiento de variedades de frijol arbustivo; Chimaltenango* (Tesis de pregrado). Universidad

5. Anexos

Figura 1. Terreno utilizado para la siembra del frejol
Choca, 2021

Figura 2. Edición del terreno para realizar los surcos
Choca, 2021

Figura 3. Formación de los cursos
Choca, 2021

Figura 4. Preparación del terreno
Choca, 2021

Figura 5. Terminación de los surcos
Choca, 2021

Figura 6. Riego de los surcos
Choca, 2021

Figura 7. Semilla de frejol (*Phasseolus vulgaris*)
Choca, 2021

Figura 8. Nematicida utilizado en la pre siembra
Choca, 2021

Figura 9. Selección de semilla antes de la siembra
Choca, 2021

Figura 10. Cubriendo la semilla
Choca, 2021

Figura 11. Retirando terrones de los surcos para no obstaculizar el riego
Choca, 2021

Figura 12. Ubicación de las estacas para arcar las parcelas
Choca, 2021

Figura 13. Letreros para identificar los tratamientos
Choca, 2021

Figura 14. Control de malezas en el cultivo de frejol
Choca, 2021

Figura 15. Cultivo de frejol establecido
Choca, 2021

Figura 16. Abono foliar aplicado
Choca, 2021

Figura 17. Insecticida aplicado
Choca, 2021

Figura 18. Aplicación del abono foliar
Choca, 2021

Figura 19. Revisión de parcelas con el tutor
Choca, 2021

Figura 20. Cosecha del frejol
Choca, 2021

Figura 21. Secado del grano
Choca, 2021

Figura 22. Visita del tutor
Choca, 2021

Figura 23. Peso de 100 granos
Choca, 2021

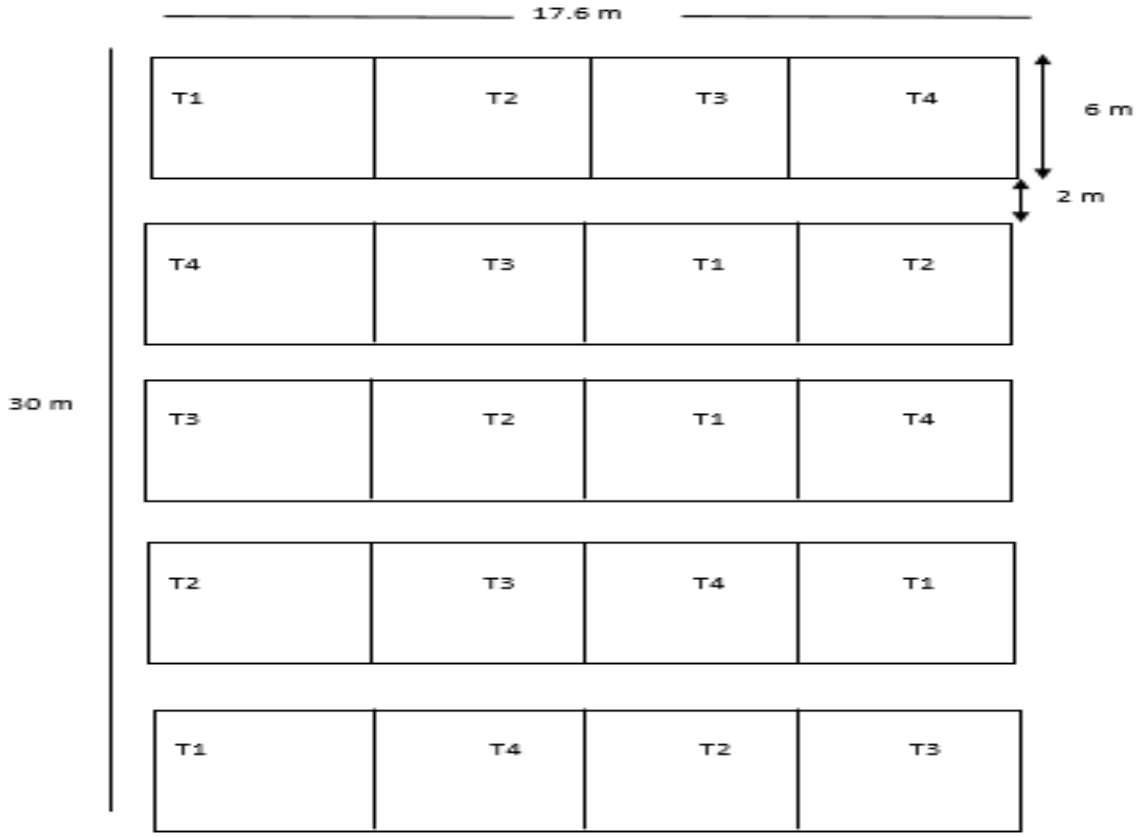

Figura 24. Croquis de campo
Choca, 2021

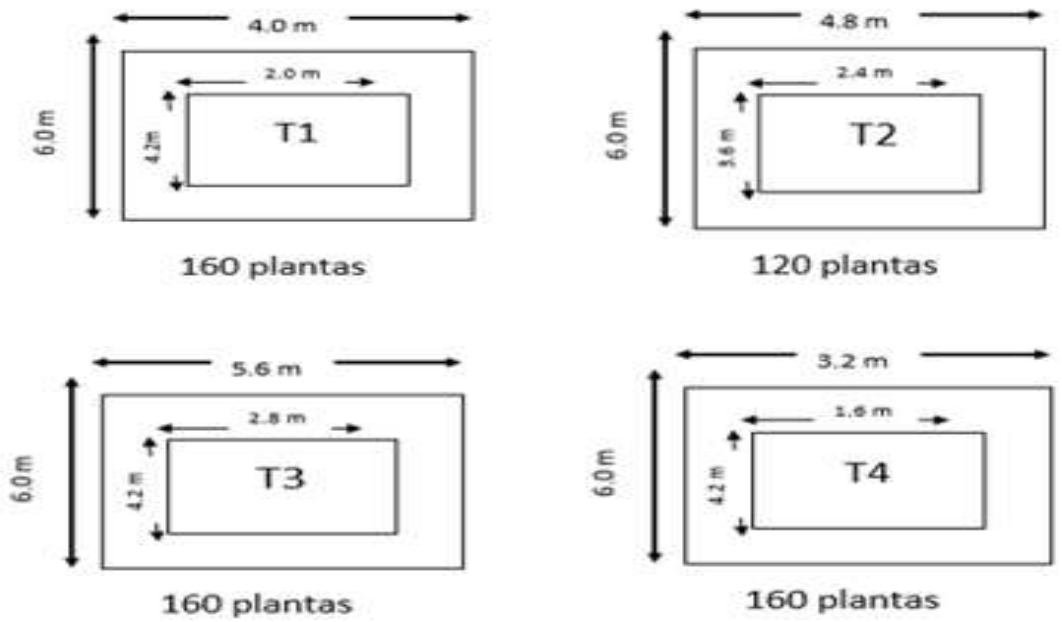

Figura 25 . Características de las unidades experimentales
Choca, 2021

9.2 Análisis de varianza

1A. Datos de la variable vainas por planta

Tabla 11. Datos de la variable vainas por planta

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	12,3	12,7	16,1	12
2	11,6	11,8	14	11,7
3	11,6	11,7	13,9	12,3
4	11,1	11,2	12,3	12
5	11,7	12,4	12	11,6
PROMEDIO	**11,7**	**12**	**13,7**	**11,9**

Crespo, 2021

1B. Análisis estadístico de la variable vainas por planta

Vainas/plantas

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Vainas/plantas	20	0,72	0,56	6,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,68	7	2,67	4,51	0,0112
Tratamientos	12,60	3	4,20	7,09	0,0054
Repeticiones	6,08	4	1,52	2,57	0,0922
Error	7,10	12	0,59		
Total	25,78	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,44473

Error: 0,5920 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T3: A. topológico 70x30	13,66	5	0,34	A		
T2: A. topológico 60x40	11,96	5	0,34		B	
T4: Testigo 40x30	11,92	5	0,34		B	
T1: A. topológico 50x30	11,66	5	0,34		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

2A. Datos de la variable granos por vainas

Tabla 12. Datos de la variable granos por vainas

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	5	6	6,3	4
2	4,5	5,7	6,4	4,3
3	4,7	5,5	6,2	4,4
4	4,3	5,3	6,3	4,6
5	4,6	4,6	6,5	4,5
PROMEDIO	**4,6**	**5,4**	**6,3**	**4,4**

Crespo, 2021

2B. Análisis estadístico de la variable granos por vainas

Granos/vainas

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Granos/vainas	20	0,89	0,83	6,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,12	7	1,73	14,16	0,0001
Tratamientos	11,95	3	3,98	32,57	<0,0001
Repeticiones	0,17	4	0,04	0,35	0,8365
Error	1,47	12	0,12		
Total	13,59	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65652

Error: 0,1223 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T3: A. topológico 70x30	6,34	5	0,16	A		
T2: A. topológico 60x40	5,42	5	0,16		B	
T1: A. topológico 50x30	4,62	5	0,16			C
T4: Testigo 40x30	4,36	5	0,16			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

3A. Datos de la variable peso de 100 granos (g)

Tabla 13. Peso de 100 granos (g)

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	29	27	31	28
2	28	27	30	27,5
3	29	26	30,5	28,5
4	28,5	26,5	29,5	27
5	28,5	26	30	27
PROMEDIO	**28,6**	**26,5**	**30,2**	**27,6**

Choca, 2021

3B. Análisis estadístico de la variable peso de 100 granos (g)

Peso de 100 granos (g)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso de 100 granos (g)	20	0,95	0,91	1,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,46	7	5,64	29,74	<0,0001
Tratamientos	37,04	3	12,35	65,12	<0,0001
Repeticiones	2,43	4	0,61	3,20	0,0527
Error	2,28	12	0,19		
Total	41,74	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,81757

Error: 0,1896 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T3: A. topológico 70x30	30,20	5	0,19	A			
T1: A. topológico 50x30	28,60	5	0,19		B		
T4: Testigo 40x30	27,60	5	0,19			C	
T2: A. topológico 60x40	26,50	5	0,19				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4A. Datos de la variable de rendimiento (kg/ha)

Tabla 14. Datos de la variable de rendimiento (kg/ha)

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	1189	857,3	1505,2	1120
2	974,4	752,3	1286,7	1161,9
3	1046,6	697,1	1244,9	1285,3
4	906,9	655,4	1082,8	1233
5	1015,2	617,9	1108,6	1183,2
PROMEDIO	**1026,4**	**716**	**1245,6**	**1196,7**

Choca, 2021

4B. Análisis estadístico de la variable de rendimiento (kg/ha)

Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	20	0,90	0,84	9,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	960848,87	7	137264,12	15,24	<0,0001
Tratamientos	859219,16	3	286406,39	31,80	<0,0001
Repeticiones	101629,71	4	25407,43	2,82	0,0732
Error	108061,86	12	9005,16		
Total	1068910,73	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=178,18508

Error: 9005,1550 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T3: A. topológico 70x30	1245,64	5	42,44	A		
T4: Testigo 40x30	1196,68	5	42,44	A	B	
T1: A. topológico 50x30	1026,42	5	42,44		B	
T2: A. topológico 60x40	716,00	5	42,44			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

5A. Datos de la variable vigor de planta a los 20 dds

Tabla 15. Datos de la variable vigor de planta a los 20 dds

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	6,7	5,9	7,3	6,5
2	5,7	5,8	7,4	4,9
3	5,2	5,8	6,6	5,8
4	6,8	6,1	7,5	5,3
5	7,5	8	8,5	7,4
PROMEDIO	**6,4**	**6,3**	**7,5**	**6**

Choca, 2021

5B. Análisis estadístico de la variable vigor de planta a los 20 dds

Vigor de palnta 20dds

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Vigor de palnta 20dds	20	0,87	0,79	7,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,40	7	2,34	11,03	0,0002
Tratamientos	6,17	3	2,06	9,69	0,0016
Repeticiones	10,23	4	2,56	12,04	0,0004
Error	2,55	12	0,21		
Total	18,95	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,86524

Error: 0,2123 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T3: A. topológico 70x30	7,46	5	0,21	A	
T1: A. topológico 50x30	6,38	5	0,21		B
T2: A. topológico 60x40	6,32	5	0,21		B
T4: Testigo 40x30	5,98	5	0,21		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

6A. Datos de la variable vigor de planta a los 40 dds

Tabla 16. Datos de la variable vigor de planta a los 40 dds

Repeticiones	T1	T2	T3	T4
1	8,7	6,9	8,9	7,9
2	8,3	8,2	9	7,3
3	8	7,8	8,8	8
4	8,5	8,1	9	7,9
5	8,7	9,1	9,3	8,7
PROMEDIO	**8,4**	**8**	**9**	**8**

Choca, 2021

6B. Análisis estadístico de la variable vigor de planta a los 40 dds

Vigor de planta 40dds

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Vigor de planta 40dds	20	0,72	0,56	4,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,40	7	0,77	4,52	0,0111
Tratamientos	3,46	3	1,15	6,75	0,0064
Repeticiones	1,94	4	0,49	2,84	0,0719
Error	2,05	12	0,17		
Total	7,45	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77609

Error: 0,1708 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T3: A. topológico 70x30	9,00	5	0,18	A		
T1: A. topológico 50x30	8,44	5	0,18	A		B
T2: A. topológico 60x40	8,02	5	0,18			B
T4: Testigo 40x30	7,96	5	0,18			B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)