UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCION DE *Phaseolus vulgaris* L. **Y** *Persea americana* M. **BAJO UN SISTEMA DE ASOCIO EN LA COMUNIDAD SANTA LUCÍA DE COLIMBUELA**

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

AUTOR:

Wilson Jefferson Menacho Chávez

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Ibarra-Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *Phaseolus vulgaris* L. **Y** *Persea americana* M. **BAJO UN SISTEMA DE ASOCIO EN LA COMUNIDAD SANTA LUCÍA DE COLIMBUELA**

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JULIA KARINA PRADO BELTRAN

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD _____

DIRECTOR FIRMA

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
TELMO FERNANDO BASANTES VIZCAINO

Ing. Fernando Basantes Vizcaino, PhD _____

ASESOR 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	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Menacho Chávez Wilson Jefferson

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la producción de *Phaseolus vulgaris* L. y *Persea americana* M. bajo un sistema de asocio en la comunidad Santa Lucía de Colimbuela
AUTOR:	Wilson Jefferson Menacho Chávez
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	3 de agosto del 2024
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

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 9 días del mes de junio de 2026

EL AUTOR:


Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
WILSON JEFFERSON
MENACHO CHAVEZ

.....

Wilson Jefferson Menacho Chávez

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Menacho Chávez Wilson Jefferson

Ibarra, a los 9 días del mes de junio de 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JULIA KARINA PRADO BELTRAN

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 9 días del mes de junio del 2026

Wilson Jefferson Menacho Chávez: EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *Phaseolus vulgaris* L. Y *Persea americana* M. BAJO UN SISTEMA DE ASOCIO EN LA COMUNIDAD SANTA LUCÍA DE COLIMBUELA

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 9 días del mes de junio del 2026, 77 páginas.

DIRECTORA: Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la produccion de *Phaseolus vulgaris* L. **y** *Persea americana* M. bajo un sistema de asocio en la comunidad santa lucía de Colimbuela.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el comportamiento agronómico de los cultivos bajo sistemas de asocio con respecto al manejo convencional.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida profesional. A la Universidad Técnica del Norte y, en especial, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, por la formación académica y humana recibida a lo largo de mis años de estudio, así como a todos los docentes que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional.

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y motivación constante, que fueron fundamentales para alcanzar este logro.

A mi directora de tesis, Dra. Julia Prado, por su valiosa orientación, paciencia, compromiso y profesionalismo durante el desarrollo y culminación de este proyecto.

A mi asesor, Msc. Fernando Basantes, por sus conocimientos, acompañamiento y disposición para guiarme en cada etapa del trabajo investigativo.

A mis compañeros y amigos, quienes hicieron de mi vida universitaria una experiencia única, llena de aprendizajes, alegrías y gratos recuerdos. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este objetivo.

Wilson Jefferson Menacho Chávez

DEDICATORIA

Una etapa importante de mi vida llega a su culminación, y con profundo amor y gratitud dedico este trabajo a quienes han sido mi mayor fortaleza e inspiración.

A mis queridos padres, José Juan Menacho y María Valentina Chávez, quienes con su esfuerzo, sacrificio, amor incondicional y ejemplo de vida hicieron posible este logro. Gracias por creer en mí, por apoyarme en cada paso y por enseñarme que con perseverancia y humildad los sueños se pueden alcanzar. Ustedes son y serán siempre mi mayor orgullo.

A mi hermana, Cinthia Marisol Menacho, por su cariño, comprensión y apoyo constante, por estar presente en los momentos difíciles y por compartir conmigo cada alegría de este camino.

A mi compañera de vida, Blanca Anrango, por su amor, paciencia, confianza y fortaleza. Gracias por caminar a mi lado, impulsarme a no rendirme y creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro también es tuyo.

Y, de manera muy especial, a mi bebé Lían Ismael Menacho, el amor de mi vida y la mayor motivación para seguir adelante. Tú eres mi razón para superarme cada día, para luchar por un futuro mejor y para ser un ejemplo de perseverancia y responsabilidad. Todo este esfuerzo es para ti, con la promesa de brindarte siempre lo mejor de mí.

A todos ustedes, que forman parte de mi historia y de mi corazón, dedico este logro con infinito amor y gratitud.

Wilson Jefferson Menacho Chávez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS IX
ÍNDICE DE FIGURAS XII
ÍNDICE DE TABLAS XIII
ÍNDICE DE ANEXOS XIV
RESUMEN XV
CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3
1.3 JUSTIFICACIÓN 3
1.4 OBJETIVOS 4
1.4.1 Objetivo general 4
1.4.2 Objetivos específicos 4
1.5 HIPÓTESIS 4
CAPITULO II 5
MARCO TEÓRICO 5
2.1 Cultivos convencionales en Imbabura y sus tipos de siembra 5
2.1.1 Generalidades del fréjol (Phaseolus vulgaris) 5
2.1.2 Generalidades del aguacate (Persea americana) 6
2.2 Cultivo en callejones 7
2.2.1 Interacción planta-planta (Fréjol-Aguacate) en el sistema de callejones agrícolas 7
2.3 Preparación del suelo para el cultivo de frejol 8
2.3.1 Siembra de frejol 8
2.3.2 Fertilización del fréjol 8
2.3.3 Fertilización del aguacate 9
2.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS EN ESTUDIO 10
2.4.1 Plagas del fréjol 10
2.4.2 Enfermedades del fréjol 10
2.4.3 Plagas del aguacate 10
2.4.4 Enfermedades del aguacate 10

2.5 ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN CULTIVOS DE FRÉJOL Y AGUACATE MEDIANTE DISEÑO AGROFORESTAL10
2.5.1 Controladores entomológicos....11
2.6 MARCO LEGAL....11
CAPITULO III....13
MARCO METODOLÓGICO....13
3.1 Descripción del área de estudio....13
3.2 MATERIALES, EQUIPOS, INSUMOS Y HERRAMIENTAS....14
3.3 MÉTODOS....14
3.3.1 Factor en estudio....15
3.3.2 Diseño experimental....15
3.3.3 Análisis estadístico....17
3.3.4 Variables a evaluarse....17
3.3.5 Variables agronómicas para frejol....17
3.3.6 Variables agronómicas para aguacate....20
3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO....21
3.4.1 Poda de aguacates....21
3.4.2 Preparación del terreno....21
3.4.3 Establecimiento de parcelas....22
3.4.4 Siembra de fréjol en hileras....22
3.4.5 Labores culturales en aguacate y en fréjol....23
3.4.6 Monitoreo....23
3.4.7 Control fitosanitario....24
3.4.8 Cosecha....25
CAPÍTULO IV....26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN....26
4.1 Caracteres agronómicos evaluados en el cultivo de fréjol.....26
4.1.1 Porcentaje de germinación del fréjol....26
4.1.2 Altura del fréjol....27
4.1.3 Incidencia en fréjol....29
4.1.4 Severidad en fréjol....31
4.1.5 Peso del grano ha^{-1} de fréjol....33
4.1.6 Peso de la vaina kg ha^{-1}....35

4.1.7 Incidencia en aguacate 36
4.1.8 Severidad en aguacate 38
4.1.9 Rendimiento Ton/Ha de aguacates 39
4.1.10 Rendimiento por categorías de aguacates 40
4.1.11 Entomofauna en el área de estudio 42
4.1.12 Análisis económico de la producción de fréjol 46
4.1.13 Análisis económico de la producción de aguacate 47
CAPÍTULO V 49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
5.1 CONCLUSIONES 49
5.2 RECOMENDACIONES 50
REFERENCIAS 51
ANEXOS 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ubicación geográfica del área de estudio.* 13
Figura 2 *Esquema del diseño experimental.* 15
Figura 3 *Esquemas visuales de las unidades experimentales.* 17
Figura 4 *Medición de la altura del frejol.* 18
Figura 5 *Peso de vainas de una planta.* 18
Figura 6 *Peso de semillas de una planta.* 19
Figura 7 *Insectos capturados por la trampa cromática amarilla.* 19
Figura 8 *Frutos cuajados del aguacate.* 20
Figura 9 *Poda de mantenimiento.* 21
Figura 10 *Labores culturales iniciales antes de la siembra.* 21
Figura 11 *Establecimiento de parcelas con sus respectivas hileras.* 22
Figura 12 *Siembra manual de fréjol.* 22
Figura 13 *Control de malezas en el cultivo de fréjol.* 23
Figura 14 *Conteo de frutos de aguacate.* 23
Figura 15 *Aplicación foliar del extracto de higuerilla en aguacate y fréjol.* 24
Figura 16 *Recolección de semillas de higuerilla.* 24
Figura 17 *Cosecha de fréjol.* 25
Figura 18 *Análisis de varianza del porcentaje de germinación.* 27
Figura 19 *Altura del fréjol en función de los días después de la siembra y el efecto de los callejones.* 29
Figura 20 *Análisis de varianza de la severidad en el fréjol.* 33
Figura 21 *Rendimiento del grano de frejol* ha^{-1} 34
Figura 22 *Peso de la vaina kg* ha^{-1}. 35
Figura 24 *Severidad en aguacate.* 39
Figura 25 *Rendimiento del aguacate por categorías* 41
Figura 26 *Dinámica Poblacional de insectos del cultivo en asocio de aguacate con 3 hileras de fréjol* 43
Figura 27 *Dinámica poblacional de insectos del monocultivo de fréjol de 3 hileras* 44
F**igura 28** *Dinámica Poblacional de insectos del cultivo en asocio de aguacate con 5 hileras de fréjol* 44
Figura 29 *Dinámica poblacional de insectos del monocultivo de fréjol de 5 hileras* 45
Figura 30 *Dinámica poblacional de insectos en cultivo de aguacate* 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Dosis de fertilización recomendada para el cultivo de fréjol.*.....9
Tabla 2 *Dosis de fertilización recomendada para el cultivo de aguacate.*.....9
Tabla 3 *Condiciones climáticas y ubicación de la comunidad Santa Lucía de Colimbuela* ..14
Tabla 4 *Implementos necesarios durante el proceso experimental de la tesis* 14
Tabla 5 *Factor y niveles en estudio* 15
Tabla 6 *Características del experimento* 16
Tabla 7 *Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación del cultivo de fréjol*26
Tabla 8 *Análisis de varianza de la variable altura del fréjol* 28
Tabla 9 *Análisis de varianza de la variable incidencia en el cultivo de fréjol* 30
Tabla 10 *Análisis de varianza de la incidencia en el fréjol* 31
Tabla 11 *Análisis de varianza de la variable severidad en el cultivo de fréjol* 32
Tabla 12 *Análisis de varianza de la variable incidencia en el cultivo de aguacate* 36
Tabla 13 *Promedio de la incidencia en aguacate* 37
Tabla 14 *Valores de incidencia al transcurso de días* 37
Tabla 15 *Análisis de varianza de la variable severidad en el cultivo de aguacate* 38
Tabla 16 *Medias del rendimiento del aguacate (Ton/Ha)* 40
Tabla 17 *Análisis de varianza de la variable rendimiento por categorías en el cultivo de aguacate* 41
Tabla 18 *Análisis de varianza de la variable entomofauna en el cultivo de fréjol* 42
Tabla 19 *Análisis económico del cultivo de fréjol en kg ha^{-1}* 47
Tabla 20 *Análisis económico del cultivo de aguacate en kg ha^{-1}* 48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 *Costo de producción por hectárea (USDha^{-1}) para el cultivo de fréjol en la comunidad Colimbuela, parroquia Imantag, cantón Cotacachi.* 60
Anexo 2 *Costo de producción por hectárea (USDha^{-1}) para el cultivo de aguacate en la comunidad Colimbuela, parroquia Imantag, cantón Cotacachi.* 61

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCION DE *Phaseolus vulgaris* L. **Y** *Persea americana* M. **BAJO UN SISTEMA DE ASOCIO EN LA COMUNIDAD SANTA LUCÍA DE COLIMBUELA**

Autor: Wilson Jefferson Menacho Chávez

Universidad Técnica del Norte

Correo: wjmenachoc@utn.edu.ec

RESUMEN

La intensificación del monocultivo en plantaciones de aguacate ha generado problemas ambientales como la degradación del suelo e incremento en el uso de agroquímicos. Por tal razón, esta investigación se enfoca en la implementación del cultivo de fréjol en callejones en plantaciones de aguacate con el objetivo de evaluar el efecto del asocio en el comportamiento agronómico y rendimiento en ambos cultivos. Para la investigación, se implementó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos: aguacate sin fréjol (N1), aguacate con fréjol en densidad baja (N2) y aguacate con fréjol en densidad alta (N3). Los resultados mostraron que el sistema de callejones favoreció el crecimiento del fréjol, con diferencias más notables a partir de los 45 días, y máximas a los 60 días (42,21 cm vs. 20,26 cm del testigo). Además, la presencia de callejones redujo significativamente la incidencia y severidad de enfermedades, con una disminución del 50%. En términos de rendimiento, el tratamiento con fréjol en densidad alta y sin sombra alcanzó el valor más alto con 6373,49 kg/ha, mientras que el rendimiento más bajo se registró en condiciones de sombra media con densidad baja (252,21 kg/ha). Así mismo, el peso de grano por planta fue mayor en el tratamiento con densidad alta y sombra baja (2900,80 g/planta), lo que evidencia el potencial productivo del fréjol bajo condiciones óptimas de luz y densidad. Se concluye que el sistema de asocio representa una alternativa agroecológica sostenible, que mejora la productividad del fréjol, reduce enfermedades y optimiza el manejo de plagas, sin comprometer la producción del aguacate ni la biodiversidad del sistema.

Palabras clave: Sistema agroforestal, callejones, asociación de cultivos, plagas.

EVALUATION OF THE PRODUCTION OF *Phaseolus vulgaris* L. AND *Persea Americana* M. UNDER A PARTNERSHIP SYSTEM IN THE SANTA LUCÍA DE COLIMBUELA COMMUNITY

Author: Wilson Jefferson Menacho Chávez

Universidad Técnica del Norte

E-mail: wjmenachoc@utn.edu.ec

ABSTRACT

The intensification of monoculture in avocado plantations has generated environmental problems such as soil degradation and increased use of agrochemicals. Therefore, this research focuses on the implementation of bean intercropping in avocado plantations to evaluate the effect of this intercropping system on the agronomic performance and yield of both crops. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was implemented with three treatments: avocado without beans (N1), avocado with beans at low density (N2), and avocado with beans at high density (N3). The results showed that the alley system favored bean growth, with the most noticeable differences starting at 45 days, and reaching their maximum at 60 days (42.21 cm vs. 20.26 cm in the control). Furthermore, the presence of alleys significantly reduced the incidence and severity of diseases, with a 50% decrease. In terms of yield, the treatment with high-density beans and no shade achieved the highest value at 6373.49 kg/ha, while the lowest yield was recorded under medium shade with low density (252.21 kg/ha). Likewise, the grain weight per plant was greater in the high-density, low-shade treatment (2900.80 g/plant), demonstrating the productive potential of beans under optimal light and density conditions. It is concluded that the intercropping system represents a sustainable agroecological alternative that improves bean productivity, reduces disease, and optimizes pest management without compromising avocado production or the biodiversity of the system.

Keywords: Agroforestry system, alleyways, crop association, pest.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad, el monocultivo se ha convertido en una práctica ampliamente adoptada a nivel mundial, impulsada por la necesidad de satisfacer la demanda alimentaria de poblaciones en constante crecimiento. Esta tendencia ha llevado a la transformación de diversos agroecosistemas en áreas de monocultivo, lo que ha generado un aumento en la productividad alimentaria gracias al uso intensivo de insumos. Sin embargo, este incremento se produce a expensas de la pérdida de biodiversidad local, como consecuencia surgen preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo (Nath, 2016).

Diaz, (2021) argumenta que, en la actualidad existe un creciente interés respecto al abandono o reemplazo de variedades locales por mejoradas, lo cual implica la disminución de la reserva genética. En Peñaherrera - Cotacachi, se han realizado ensayos para determinar el impacto del monocultivo frente a un sistema agroforestal, los cuales registran que esta práctica puede causar efectos irreversibles en la fertilidad del suelo debido a la degradación del suelo y la pérdida de retención de humedad (Cevallos, 2016). Además, Sanchez & Chicaiza (2011) mencionan que se ha observado una pérdida de biodiversidad, principalmente debido al uso intensivo de químicos, lo que ha llevado a la necesidad de arrendar otras tierras para continuar con los cultivos.

Este es el caso del aguacate (*Persea americana*), un cultivo que comúnmente se siembra como monocultivo, lo cual lo hace notablemente vulnerable a las plagas. La gestión de estos huertos se basa principalmente en el uso intensivo de productos agroquímicos. Esto genera graves preocupaciones sobre la contaminación ambiental del agua y el suelo que derivan problemas de salud pública (De la Vega & Merino, 2021). Es así que Llomitoa (2020) recomienda promover el uso de fertilizantes de fuente orgánica para producir alimentos y de esa manera a futuro, evitar enfermedades provocadas por productos químicos.

La agricultura de monocultivo tiene consecuencias ambientales desfavorables, como la reducción de la biodiversidad, la dependencia de recursos no renovables y la degradación del suelo. En respuesta, se ha estudiado y puesto en práctica el cultivo intercalado, que promueve la diversidad biológica y el equilibrio de los ecosistemas (Leclère et al., 2020). Esto se alinea

con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 de las Naciones Unidas, que prioriza la conservación de la biodiversidad.

Xu et al. (2019) mencionan que el sistema de cultivo de callejones es una técnica de cultivo intercalado común que implica prácticas agroforestales. En este sistema, los árboles se siembran en filas, formando callejones para el cultivo de plantas agrícolas. Esta estrategia es rentable para la agricultura, ya que genera ingresos inmediatos y garantiza productos a mediano y largo plazo. En la comunidad Santa Lucía de Colimbuela, se han implementado estas prácticas con productos como frutales y hortalizas, lo que ha permitido aprovechar al máximo el suelo cultivable y obtener mejores ingresos. Sin embargo, en el caso del cultivo de fréjol, todavía se siguen realizando prácticas de monocultivo.

Investigaciones en todo el mundo han puesto en práctica técnicas de cultivo intercalado. En Brasil, un estudio analizó el desarrollo, la productividad y los niveles de macronutrientes en las hojas del sorgo forrajero cuando se cultiva entre hileras de Gliricidia (*Gliricidia sepium*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*), con y sin fertilización mineral (Da Costa et al., 2019). Los resultados mostraron que los cultivos de callejón aumentaron la masa seca de hojas en un 28% en comparación con los cultivos individuales, mientras que los cultivos dobles registraron un aumento del 66%.

En Egipto, un estudio evaluó el efecto del cultivo combinado de leucaena y cúrcuma en sistemas agroforestales de callejones, junto con la aplicación de compost orgánico, sobre el crecimiento, la productividad y las cualidades de la cúrcuma. Los resultados mostraron que el índice de área foliar estuvo estrechamente relacionado con las características de crecimiento vegetativo y rendimiento, especialmente con el número de macollos por planta, el número de rizomas por planta y el rendimiento de rizomas, con niveles de asociación del (99, 96 y 97) %, respectivamente (Soliman et al., 2023).

En la provincia de Morona Santiago, Ecuador, se implementó el cultivo de callejones entre la gliricidia-flemingia y la naranjilla para evaluar el comportamiento de la naranjilla y los cambios químicos y biológicos en el suelo. Esto se debió a que, en suelos modificados, la producción agrícola está limitada por la baja fertilidad, acidez, toxicidad por aluminio y deficiencias nutricionales. La implementación de sistemas agroforestales podría superar estas limitaciones (Vargas et al., 2018).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El monocultivo, una práctica agrícola común que implica cultivar la misma especie cada año, puede generar entornos insostenibles al aumentar la presión de enfermedades y agotar nutrientes esenciales, lo que afecta negativamente las propiedades físicas y químicas del suelo. Esta práctica ha sido objeto de críticas por sus impactos ambientales, siendo uno de los principales la degradación del suelo debido a la falta de rotación de cultivos (Salaheen & Biswas, 2019) . Dicho por Cabrera & Lalbay (2020), en los sistemas de monocultivo, con el paso del tiempo es posible observar un incremento de plagas y enfermedades específicas de un cultivo, ya que al existir un mismo hospedero favorece la proliferación de plagas como pulgones, mosca blanca, trips, gusano cogollero y diversos áfidos asociados al suelo y a la parte folar.

Por otro lado, los cultivos de aguacate se manejan comúnmente como monocultivos, lo que implica la eliminación de toda la vegetación del área. Esto conlleva a la reducción del número de especies de plantas que sirven como hábitat y fuentes de alimentación para los organismos benéficos del suelo, lo que a su vez afecta el control biológico (Jones, 2000).

En la provincia de Imbabura, el aumento del monocultivo y la proliferación de plagas y enfermedades han llevado a un mayor uso indebido de pesticidas y productos químicos agrícolas debido a la falta de conocimiento sobre medidas de control adecuadas o recomendaciones técnicas. Según el Gobierno Provincial de Imbabura “GPI” (2021), los agricultores comentan que antes, en un cultivo de fréjol, utilizaban tres aplicaciones de agroquímicos; sin embargo, después de cinco años, están utilizando hasta cinco tratamientos. Esto aumenta los costos de producción y reduce los ingresos. En tan solo 5 años, ha habido un incremento del 66.6% en cuanto al uso de pesticidas y otros productos químicos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Como bien lo menciona Flores (2012), el uso de callejones dentro de la producción agrícola implica el uso de la agrobiodiversidad, ya sean plantas con frutos comestibles como el manzano, peras, cerezos, ciruelos, aguacates, etc, o maderables como el aliso, álamo, sauce. Dentro de este marco, los sistemas agroforestales representan una alternativa amigable de producción, caracterizados por el cultivo simultáneo de especies, leguminosas y no leguminosas en asociación con cultivos convencionales (Casanova et al., 2023a). Este sistema implica un incremento de ingresos y permite ofrecer variedad de productos al mercado.

Por otro lado, las ventajas de este método de producción abarcan la protección del suelo mediante la capa de residuos vegetales, la reutilización de nutrientes, la fijación biológica del nitrógeno atmosférico y el incremento de la capacidad de retención de nutrientes del suelo (Da Costa et al., 2019). En opinión de Casanova et al. (2023b), estos sistemas pueden contribuir al control de malezas y fomentar la diversidad funcional.

Este tipo de cultivo proporciona un hábitat para los organismos que desempeñan un papel fundamental en la facilitación del ciclo de nutrientes, la regulación de la materia orgánica del suelo, la captura de carbono y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, aprovechan sus beneficios ecológicos como amortiguadores de fenómenos meteorológicos extremos y disminuyen la erosión del suelo. Estos servicios son esenciales para el equilibrio de los ecosistemas naturales y representan un recurso valioso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (Jones, 2000).

Para abordar los problemas mencionados anteriormente, se evaluará la producción de fréjol en callejones de cultivo de aguacate en la parroquia Imantag como una alternativa sostenible al monocultivo. Considerando que el fréjol y el aguacate se encuentran dentro de los cultivos principales de esta provincia, se pretende evaluar la asociación del cultivo de fréjol en callejones de cultivo de aguacate en la parroquia.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la produccion de *Phaseolus vulgaris* L. **y** *Persea americana* M. bajo un sistema de asocio en la comunidad santa lucía de Colimbuela.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el comportamiento agronómico de los cultivos bajo sistemas de asocio con respecto al manejo convencional.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5 HIPÓTESIS

- Ho: La utilización del cultivo de fréjol en callejones dentro del cultivo de aguacate no influye en el comportamiento agronómico de los dos cultivos.
- Ha: La utilización del cultivo de fréjol en callejones dentro del cultivo de aguacate influye en el comportamiento agronómico de los dos cultivos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivos convencionales en Imbabura y sus tipos de siembra

El GPI (2021), reporta que, en la provincia de Imbabura, los cultivos predominantes son el maíz suave, el fréjol, la caña de azúcar, el aguacate, y otros cultivos, con aproximadamente un 50% cultivados de manera tradicional, un 40% semi-tecnificado, y un 10% tecnificado. El fréjol es una de las leguminosas más consumidas a nivel nacional, ya sea en forma de grano seco o tierno. El grano tierno posee alto contenido de humedad el cual es recolectada antes de alcanzar la madurez fisiológica (Granda & Adelmo, 2020). En la comunidad de Santa Lucía de Colimbuela, se cultiva en grandes cantidades los productos antes mencionados, siendo uno de los más relevantes el fréjol, ya sea de tipo arbustiva o de palo, este producto lo cultivan para el mercado local, o para consumo del hogar.

2.1.1 Generalidades del fréjol (Phaseolus vulgaris)

El fréjol, conocido científicamente como *Phaseolus vulgaris*, es una planta de gran importancia agrícola y nutricional originaria de América Central y del Sur. Este cultivo, uno de los más antiguos y difundidos en el mundo, es valorado por su alto contenido proteico y su capacidad para mejorar la seguridad alimentaria (Jones, 2000). Las plantas son anuales y pueden tener tallos erectos o trepadores, adaptándose a diversas condiciones de crecimiento. Sus hojas son trifoliadas y sus flores pueden variar en color, incluyendo blanco, rosa y púrpura. Nutricionalmente, el fréjol es una excelente fuente de proteínas, fibra, vitaminas (como B1 y B6) y minerales (como hierro, magnesio y potasio) (Serrano & Goñi, 2004).

- **Fisiología del fréjol**

La germinación del fréjol ocurre típicamente entre 7 y 14 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones del suelo y la temperatura. La planta crece mejor en suelos bien drenados con un pH entre 6 - 7.5 y temperaturas que varían entre 18°C y 24°C (Jones, 2000). La fotosíntesis en el fréjol es crucial para la producción de energía, con una tasa óptima bajo buenas condiciones de iluminación y temperaturas moderadas. Además, el fréjol forma nódulos en las raíces en asociación con bacterias del género *Rhizobium*, permitiendo la fijación de nitrógeno atmosférico que enriquece el suelo y mejora su fertilidad para futuros cultivos (Serrano & Goñi, 2004).

- **Labores culturales del fréjol**

La preparación del suelo para el fréjol incluye labranza para asegurar buen drenaje, eliminación de malezas y la incorporación de materia orgánica para mejorar la estructura y fertilidad del suelo. La siembra se realiza en hileras con espaciamiento de 30-60 cm entre hileras y 10-15 cm entre plantas, ajustando la densidad según la variedad y condiciones del cultivo.

El riego debe ser frecuente pero moderado, especialmente durante germinación y floración, con el riego por goteo siendo ideal para mantener humedad constante sin encharcamientos. El control de malezas se realiza mediante deshierbe manual o mecánico en las etapas iniciales del crecimiento (Jones, 2000)

Además de la fijación de nitrógeno, la fertilización incluye la adición de fósforo, potasio y otros micronutrientes según análisis del suelo. El manejo integrado de plagas y enfermedades es crucial para la salud del cultivo. La cosecha se lleva a cabo cuando las vainas están maduras, entre 60 y 90 días después de la siembra, asegurando recogerlas antes de que se sequen completamente para evitar la pérdida de semillas (Guamán et al., 2004).

2.1.2 Generalidades del aguacate (Persea americana)

El aguacate (*Persea americana*) es un árbol originario de América Central y del Sur, reconocido por sus frutos ricos en grasas saludables, especialmente ácido oleico, y su alto contenido de vitaminas y minerales. Es un cultivo de gran importancia económica y nutricional en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo (Dorantes et al., 2004). Los aguacates pueden crecer en una variedad de climas, pero prosperan en regiones con temperaturas moderadas y suelos bien drenados. El árbol puede alcanzar hasta 15-20 metros de altura y tiene hojas grandes y brillantes. Los frutos, conocidos como aguacates o palta, son valorados por su textura cremosa y sabor suave (Sotomayor et al., 2019).

- **Fisiología del aguacate**

La germinación de las semillas de aguacate puede tardar entre 3 y 6 semanas, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad. Los aguacates prefieren suelos con buen drenaje y pH entre 6 y 7.5. La planta tiene un crecimiento óptimo en climas con temperaturas medias de 20-25°C y no tolera heladas (Dorantes et al., 2004). El árbol realiza la fotosíntesis a un ritmo eficiente bajo condiciones de buena luz solar y temperaturas estables. Los aguacates también requieren polinización cruzada, y la floración ocurre en primavera, con los frutos madurando

generalmente entre 6 y 18 meses, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo (Sotomayor et al., 2019).

- **Labores culturales del aguacate**

La preparación del suelo para el cultivo de aguacates incluye la labranza para mejorar la aireación y el drenaje, así como la incorporación de materia orgánica para enriquecer el suelo. La siembra de aguacates se realiza con un espaciamiento recomendado de 6-8 metros entre árboles para permitir un desarrollo adecuado (Dorantes et al., 2004).

El riego es crucial para el crecimiento del aguacate, requiriendo un suministro constante de agua, especialmente durante los períodos secos. Los aguacates son sensibles a los encharcamientos, por lo que el riego debe ser gestionado cuidadosamente para evitar problemas de raíces. El control de malezas y la fertilización son importantes para mantener la salud del árbol y el rendimiento del cultivo. La fertilización debe incluir nitrógeno, fósforo y potasio, así como micronutrientes, basado en análisis del suelo (Sotomayor et al., 2019).

El manejo integrado de plagas y enfermedades es fundamental, ya que el aguacate puede ser susceptible a diversas enfermedades como la enfermedad de la podredumbre de la raíz y plagas como la mosca de la fruta (Dorantes et al., 2004). La poda se realiza para dar forma al árbol y mejorar la circulación del aire y la exposición a la luz, lo que favorece una mejor producción de frutos. La cosecha de aguacates se efectúa cuando los frutos alcanzan el tamaño adecuado y presentan una coloración madura, pero aún duros, ya que continúan madurando después de la cosecha (Sotomayor et al., 2019).

2.2 Cultivo en callejones

El método de cultivo en callejones implica sembrar cultivos entre filas de árboles que están ampliamente espaciados. La configuración de árboles y cultivos en estos callejones se planifica considerando tanto los objetivos de producción como los beneficios ambientales, y puede variar significativamente. La elección inicial, y posiblemente la más crucial, al diseñar esta práctica agrícola es seleccionar las especies arbóreas adecuadas (Garrett et al., 2022).

2.2.1 Interacción planta-planta (Fréjol-Aguacate) en el sistema de callejones agrícolas

La interacción planta-planta entre fréjol y aguacate en un sistema de callejones agrícolas puede ofrecer varios beneficios y desafíos que afectan tanto el rendimiento de los cultivos como la salud del suelo y el ecosistema agrícola en general.

Según (Cedano et al., 2000), menciona que el fréjol fija nitrógeno atmosférico, enriqueciendo el suelo para el aguacate, también que la cobertura del suelo del fréjol reduce la proliferación de malezas, beneficiando al aguacate. Hoddle & Van Driesche (2009), señalan que la diversidad de cultivos atrae insectos beneficiosos y reduce plagas específicas, por otra parte, el sistema de callejones optimiza el uso de recursos solares, hídricos y nutrientes.

En cuanto a los desafíos, Cedano et al. (2000), establecen que el fréjol y aguacate pueden competir por nutrientes, agua y luz si no se maneja adecuadamente la densidad y espaciamiento. Hoddle & Van Driesche (2009), también indican que la proximidad entre cultivos puede facilitar la transferencia de enfermedades y plagas, requiriendo un manejo integrado, por lo que se requiere de planificación y manejo cuidadosos para sincronizar labores agrícolas y evitar daños.

2.3 Preparación del suelo para el cultivo de frejol

En suelos sueltos es suficiente con 2 pasadas de un tractor.

Los surcos se realizan con maquinaria y en algunas ocasiones cuando existe riesgo se realiza con animales tales como caballo o yunta.

2.3.1 Siembra de frejol

Cantidad: 90 a 110kg/ha para granos grandes.

Sistema: Monocultivo

Distancia entre surcos: 60 a 70 cm

Distancias entre sitios: 25 a 30 cm

Numero de semillas por sitio: 3 a 4

Hileras por surco: 1 (Peralta, Murillo, et al., 2013)

2.3.2 Fertilización del fréjol

Cuando el contenido de la materia orgánica es menor al 3%, aplicar 3 ton/ha de abono orgánico. Además, la aplicación de quelatos de Zinc en el frejol tiene buena respuesta a una concentración de 2kg/ha durante la floración y llenado de vainas. También recomiendan la aplicación de Metalosate k (250cc) para la floración y engrose de la vaina. Para la fertilización es aconsejable aplicar anualmente las cantidades que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1

Dosis de fertilización recomendada para el cultivo de fréjol.

Análisis de suelo	**Kg/ha**			
	N	P_2O_5	K_2O	S
Bajo	20-40	60-80	40-60	15-20
Medio	10-20	20-60	20-40	10-15
Alto	0-10	20-40	0-20	0-10

Información obtenida de Peralta et al. (2013).

2.3.3 Fertilización del aguacate

La fertilización tiene que ser equilibrada, incorporando los nutrientes esenciales para lograr un crecimiento y una producción comercial adecuados. Su uso debe basarse en los resultados de los análisis de suelo, de hojas y en la cantidad de nutrientes que se obtienen al cosechar cada temporada. Para el cuidado del cultivo, es aconsejable aplicar anualmente las cantidades que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2

Dosis de fertilización recomendada para el cultivo de aguacate.

Análisis de suelo	**Kg/ha**				
	N	P_2O_5	K_2O	Mg	Zn
Bajo	150-200	100-150	150-250	100-150	20
Medio	80-150	60-100	80-150	60-100	10
Alto	40-80	30-60	40-80	30-60	0

Información obtenida de León (2000).

2.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS EN ESTUDIO

2.4.1 Plagas del fréjol

Trozadores (*Agrotys* sp.), mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), lorito verde o mosquilla (*Empoasca kraemeri*), barredor de tallo y vainas (*Epinotia aporema*), arañita roja (*Tetranychus sp*), trips (Thysanoptera: Thripidae), gorgojo (*Acanthoscelides obtectus*) (Peralta, Murillo, et al., 2013).

2.4.2 Enfermedades del fréjol

Roya (*Uromyces appendiculatus*), Angracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (Phaeoisariopsis griseola), bacteriosis comun (*Xanthomonas campestris)*, mancha de aceite (*Pseudomonas syringae*), mustia hilachosa (*Thanatephorua cucumeris*), mildiu polvoso (*Erysiphe polygoní*), Ascoquita (*Phoma exigua*), virus del mosaico común, pudriciones de raíz (Peralta, Mazón, et al., 2013)

2.4.3 Plagas del aguacate

Trips (*Scirtothrips perseae*), ácaro cristalino del aguacate (*Oligonychus perseae*), polilla del aguacate (*Stenoma catenifer*), picudo del aguacate (*Conotrachelus aguacatae*), escarabajos de la corteza (familia *Scolytidae*) (Ministerio de Agricultura y Ganadería “MAG,” 2024).

2.4.4 Enfermedades del aguacate

Pudrición de raíz (*Phytophthora cinnamomi*), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), mancha de sol (*Sphaceloma perseae*), oídio (*Oidium mangiferae*), pudrición de la corona (*Rosellinia necatrix*), mancha negra (*Cercospora purpurea*) (Tamayo, 2007).

2.5 ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN CULTIVOS DE FRÉJOL Y AGUACATE MEDIANTE DISEÑO AGROFORESTAL

El diseño agroforestal puede ser una herramienta efectiva para el manejo de plagas y enfermedades en cultivos de fréjol y aguacate. Al integrar diferentes especies vegetales, se puede reducir la incidencia de plagas al atraer enemigos naturales y crear hábitats que beneficien a depredadores y parásitos. Para el fréjol, esto ayuda a controlar plagas como la mosca blanca y el trips, mientras que en el aguacate puede reducir problemas causados por la mosca de la fruta y hongos (Altieri & Nicholls, 2022).

Además, el diseño agroforestal puede disminuir la propagación de enfermedades al mejorar la ventilación y reducir la humedad, condiciones que favorecen el desarrollo de patógenos. Implementar prácticas como la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y el control biológico, junto con un monitoreo regular y la aplicación selectiva de pesticidas, asegura un manejo sostenible y efectivo (Hoddle & Van Driesche, 2009).

2.5.1 Controladores entomológicos

Un método ampliamente utilizado para monitorear la entomofauna, implica el empleo de dispositivos diseñados para capturar insectos. Estos dispositivos incluyen trampas que atraen insectos mediante el uso de colores, olores y formas específicas, como las trampas de bandeja, las trampas adhesivas y las trampas de embudo. Este tipo de trampas se conocen como trampas de atracción, en contraste con las trampas de intercepción, como las trampas de luz, las trampas de suelo y las trampas mecánicas que capturan insectos al cruzar su área de influencia (Ikemoto et al., 2021).

- **Manejo de hábitat**

Se utiliza trampas cromáticas como dispositivos que atraigan insectos utilizando colores. Una vez que el insecto se posa sobre el pegamento de la trampa, queda impregnado y eventualmente muere. Estas trampas son empleadas para estudiar las poblaciones de insectos o determinar la necesidad de controlar una plaga. Varios factores afectan el éxito de captura de las plagas en las trampas cromáticas, como la distribución espacial de los hospederos, la ubicación y altura de las trampas, así como el color utilizado (Serra et al., 2023).

2.6 MARCO LEGAL

El marco legal que respalda este estudio se fundamenta en la Constitución del Ecuador, que promueve la sostenibilidad y cuidado del suelo, que son principios clave para sistemas diversificados como el intercalado de fréjol y aguacate. La Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria orienta a la diversificación productiva y al uso de prácticas agroecológicas, coherentes con el manejo integrado y el diseño agroforestal. El Código Orgánico del Ambiente refuerza la gestión responsable de los recursos naturales y la reducción de impactos, respaldando el control de plagas mediante cultivos intercalados y callejones. En conjunto, estas normativas sustentan la eficacia agronómica y ambiental del estudio.

La presente investigación se encuentra alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas, contribuyendo principalmente a los siguientes:

ODS 2: Hambre Cero, ya que promueve prácticas agrícolas sostenibles que permiten mejorar la productividad del cultivo de fréjol en asociación con aguacate, fortaleciendo la seguridad alimentaria y el desarrollo rural.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables, al fomentar el uso eficiente de los recursos naturales mediante sistemas de producción diversificados, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo una agricultura responsable.

ODS 13: Acción por el Clima, debido a que el sistema de cultivo en callejones contribuye a la mitigación de los efectos del cambio climático, favoreciendo la conservación del suelo y el equilibrio ecológico.

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres, al impulsar el manejo sostenible de los recursos naturales, promoviendo la conservación de la biodiversidad y la protección de los ecosistemas agrícolas.

CAPITULO III

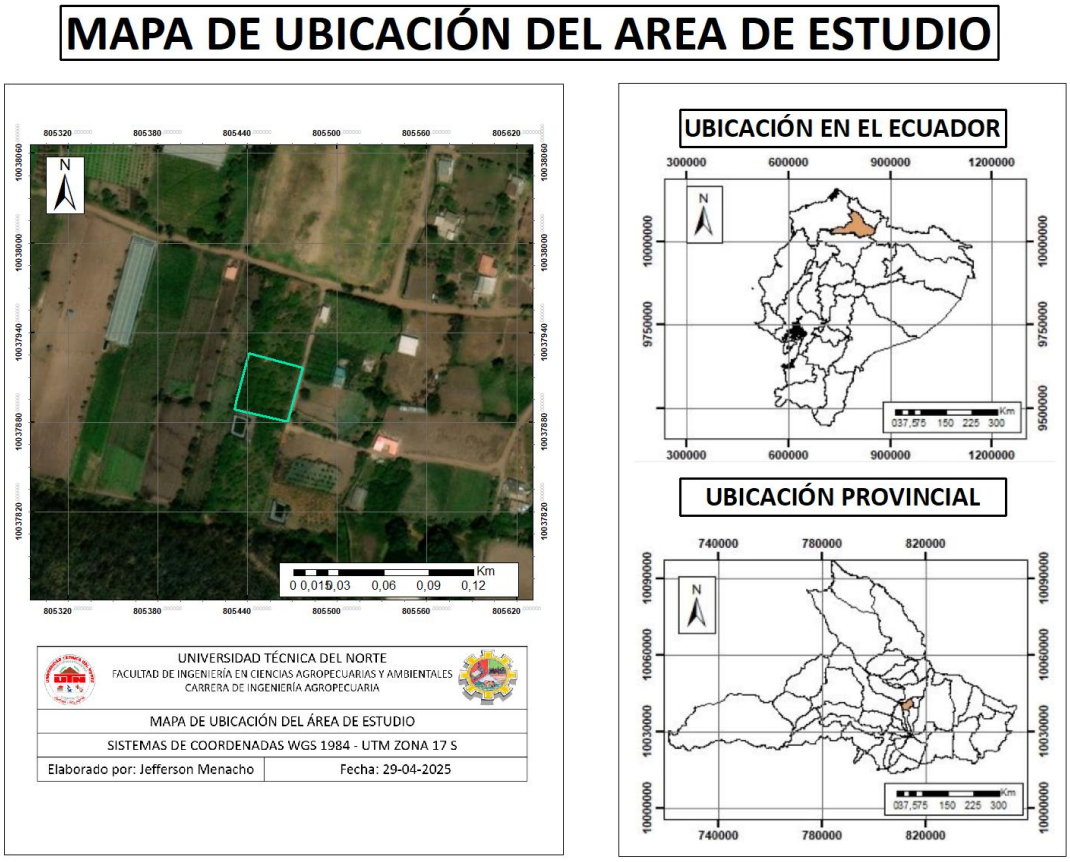
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación experimental, se llevó a cabo en la comunidad de Santa Lucía de Colimbuela, ubicada en la Parroquia Imantag, cantón Cotacachi provincia de Imbabura. En la Figura 1 se observa la ubicación geográfica del área de estudio.

Figura 1

Ubicación geográfica del área de estudio.



El área de estudio se localiza en un sector caracterizado por su alta vocación agro productiva, donde se desarrolla una amplia variedad de cultivos agrícolas y actividades pecuarias. La población local se dedica principalmente a la agricultura y a la crianza de animales, contribuyendo al desarrollo económico y productivo de la zona, cuyas condiciones climáticas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3

Condiciones climáticas y ubicación de la comunidad Santa Lucía de Colimbuela

Precipitación promedio	**750 mm/año**
Temperatura promedio	17ºC
Humedad relativa	76.8 %
Latitud Norte	0°18'3.9"
Latitud Oeste	78°15.857'
Altitud	2470 msnm

Nota: Datos obtenidos de (GAD Cotacachi, 2023).

3.2 MATERIALES, EQUIPOS, INSUMOS Y HERRAMIENTAS

Para la siguiente investigación experimental se hizo necesario el uso de implementos, mismos con los que se llevó a cabo la obtención de los resultados que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Implementos necesarios durante el proceso experimental de la tesis

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Metro	Ordenador	Semilla	Palas
Calculadora	Cámara fotográfica	Biofertilizantes	Azadones
Libreta de campo	Microscopio	Bioestimulantes	Podadora
	Estereoscopio	Trampas entomológicas	Motocultor

3.3 MÉTODOS

En este diseño experimental se busca explorar el uso de callejones con cultivos de fréjol como una alternativa para promover la diversidad en los agroecosistemas. La inclusión de estos callejones no solo tiene como objetivo evaluar el papel de los artrópodos en el ecosistema, sino también abordar el problema del monocultivo, que puede tener efectos negativos en la salud del suelo y la biodiversidad.

3.3.1 Factor en estudio

El factor en estudio fue el sistema de producción con sus respectivos niveles, en la Tabla 5 se muestran los niveles en el cual la densidad baja hace referencia a la presencia de 3 hileras de fréjol y la densidad alta a la presencia de cinco hileras de fréjol.

Tabla 5

Factor y niveles en estudio

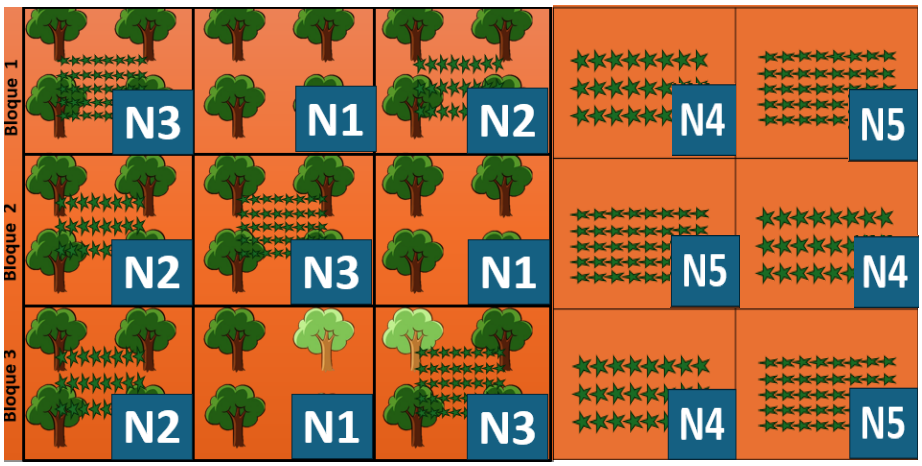
Factor	**Niveles**	**Codificación**
Sistema de producción	Aguacate sin fréjol	Ag+N1
	Aguacate con fréjol con densidad baja	Ag+FrN2
	Aguacate con fréjol con densidad alta	Ag+FrN3
	Fréjol monocultivo densidad baja	FrN2
	Fréjol monocultivo densidad alta	FrN3

3.3.2 Diseño experimental

Se tomó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con tres bloques y cinco tratamientos como se muestra en la figura 2, en donde en cada bloque se encuentran los 5 tratamientos colocados al azar, tanto en el cultivo en asocio como en el monocultivo (testigo).

Figura 2

Esquema del diseño experimental.



- **Características del experimento**

A continuación, se describen las características del experimento que incluye a los tratamientos, unidades experimentales y las variables que se evaluaron tanto en el cultivo de aguacate como en el cultivo de fréjol (Tabla 6).

Tabla 6

Características del experimento

Características	Valor
Bloques	3
Sistema de producción	3
Número de unidades experimentales	9
Área total del ensayo	900m^2

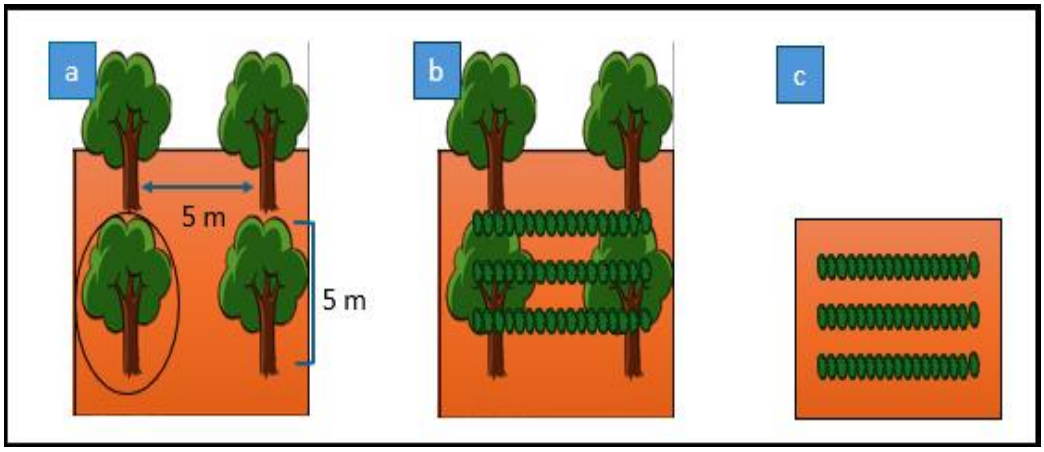
- **Características de la unidad experimental**

La unidad experimental, como unidad básica posee un área de 100 m^2, dentro del cual se abarcan plantas de aguacate, sembradas a una distancia homogénea tanto vertical como horizontalmente.

Las características que comprende la primera unidad experimental son: largo (10 m), ancho (10 m), número de árboles (4), distancia entre árboles (5 m), distancia entre filas (5 m), edad de árboles (10 años aproximadamente), como se visualiza en la Figura 3a. Las primeras características que comprende la segunda unidad experimental son similares a la primera, con la diferencia de que se incluyen las densidades de fréjol (tres hileras y cinco hileras) como se visualiza en la Figura 3b. Las características que comprende la tercera unidad experimental (testigo) son: largo (5 m), ancho (5 m), donde también se incluyen las densidades de fréjol como se observa en la Figura 3c.

Figura 3

Esquemas visuales de las unidades experimentales.



3.3.3 Análisis estadístico

El análisis de los datos se lo realizó bajo el esquema de análisis de varianza con pruebas de medias LSD Fisher (α=0.05) si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante el programa estadístico INFOSTAT versión 2020.

3.3.4 Variables a evaluarse

Las variables cuantitativas que se presentan a continuación son las más significativas y están relacionadas con los propósitos de la investigación. Se llevó a cabo ADEVAS para cada una de ellas.

3.3.5 Variables agronómicas para frejol

- ***Porcentaje de germinación:*** Se midió desde la siembra hasta la aparición de las primeras hojas verdaderas (7-14 días). El porcentaje se calculó dividiendo el número de semillas germinadas por el total de semillas sembradas, multiplicado por 100. La unidad de medida fue el porcentaje (%) para obtener precisión (Baye et al., 2020).
- ***Altura:*** Se midió desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta en intervalos de cada 15 días durante todo el ciclo de crecimiento. Los datos obtenidos de altura se registraron en centímetros (cm) utilizando una regla o cinta métrica (Figura 4), según el Sistema Internacional de Unidades (SI) (Llomitoa, 2020).

Figura 4

Medición de la altura del frejol.



- ***Peso de vainas:*** Se midió al final del ciclo de crecimiento, pesando las vainas cosechadas de fréjol (Figura 5) tomando en cuenta la distribución de cada tratamiento para una correcta recepción de datos. La medición se realizó en gramos (g) utilizando una balanza digital gramera de precisión, según el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se calculó el peso promedio por unidad experimental.

Figura 5

Peso de vainas de una planta.



- ***Peso de semillas:*** Una vez obtenido el peso de las vainas, se procedió a desgranar el producto en su totalidad, pesando todas las semillas cosechadas de cada planta de fréjol (Figura 6). La medición se realizó en gramos (g) utilizando una balanza de precisión, según el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se calculó el peso promedio de las semillas por planta.

Figura 6

Peso de semillas de una planta.



- ***Dinámica poblacional de insectos presentes en los sistemas de producción****:* Esta variable implicó contar la cantidad de insectos capturados por cada trampa colocada estratégicamente en cada unidad experimental (Figura 7), proporcionando datos valiosos sobre la densidad poblacional de insectos y permitiendo evaluar el nivel de infestación y la eficacia de las medidas de control (Guerra et al., 2023).

Figura 7

Insectos capturados por la trampa cromática amarilla.



- ***Incidencia:*** Este método fue aplicado para el gusano masticador, en donde el número de plantas afectadas se dividió para el total de plantas existentes, para finalmente multiplicarlo por cien como se muestra en la ecuación 1, y obtener los datos (Somarriba & Reyes, 2022).

$$\% \, I = \frac{\text{\# de plantas afectadas}}{\text{\# Total de plantas}} x100 \qquad 1$$

- ***Severidad***: Similar a la actividad anterior, el número de hojas afectadas se dividió para el total de hojas evaluadas y esto multiplicado por cien, como muestra la ecuación 2 (Somarriba & Reyes, 2022).

$$\% S = \frac{\text{\# de hojas afectadas}}{\text{\# Total de hojas evaluadas}} x100 \qquad 2$$

3.3.6 Variables agronómicas para aguacate

- ***Rendimiento en categorías:*** Se tomaron los frutos en su punto de cosecha, para posterior a eso evaluar su peso y tamaño, para ello se hizo uso de una balanza digital gramera. Los valores utilizados para la determinar el calibre del aguacate fueron: Calibre 1 (> 330 g), calibre 2 (300 – 330) g y calibre 3 (265 – 300) g (León, 2000).
- ***Número de frutos cuajados:*** Se contaron la cantidad de frutos que han alcanzado la etapa de cuajado (Figura 8), es decir, aquellos que han sido polinizados con éxito y están en proceso de desarrollo, lo que indicó el potencial de cosecha y la salud del árbol.

Figura 8

Frutos cuajados del aguacate.



- ***Dinámica poblacional de insectos presentes en los sistemas de producción:*** Esta variable implicó contar la cantidad de insectos capturados por cada trampa colocada estratégicamente en cada unidad experimental, proporcionando datos valiosos sobre la densidad poblacional de insectos y permitiendo evaluar el nivel de infestación y la eficacia de las medidas de control.
- ***Incidencia:*** Este método fue aplicado para el gusano masticador, en donde el número de plantas afectadas se dividió para el total de plantas existentes, para finalmente multiplicarlo por cien como se muestra en la ecuación 1.

- ***Severidad***: Similar a la actividad anterior, el número de hojas afectadas se dividió para el total de hojas evaluadas y esto multiplicado por cien, como muestra la ecuación 2.

3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Poda de aguacates

Se realizó poda de formación inicial para fortalecer ramas principales y poda de mantenimiento durante la producción (Figura 9), adaptada a árboles de 8 años en el huerto. Se usó herramientas adecuadas como podadoras y sierras de poda.

Figura 9

Poda de mantenimiento.



3.4.2 Preparación del terreno

Se incorporó materia orgánica y fertilizantes al suelo en la parcela de cultivo (Figura 10a). Se realizó el arado y nivelación para mejorar el drenaje y aireación con el uso de motocultores (Figura 10b), rastras y herramientas manuales.

Figura 10

Labores culturales iniciales antes de la siembra.



3.4.3 Establecimiento de parcelas

Se realizó las respectivas mediciones que formaban el área total experimental, así como también la ubicación y división de los bloques destinados a los diferentes sistemas de producción (Figura 11).

Figura 11

Establecimiento de parcelas con sus respectivas hileras.



3.4.4 Siembra de fréjol en hileras

Se sembró fréjol en hileras espaciadas según prácticas agronómicas estándar, considerando la distancia óptima entre plantas y filas para maximizar el uso del espacio y facilitar el manejo. Se utilizó herramientas adecuadas para la siembra (Figura 12). La distancia de siembra entre planta fue de 0.4m y entre hileras de 0.6m (Instituto Nacional de Innovación Agraria “INIA”, 2013). Se monitoreó el establecimiento inicial para asegurar un crecimiento uniforme y saludable.

Figura 12

Siembra manual de fréjol.



3.4.5 Labores culturales en aguacate y en fréjol

Se llevó a cabo las labores culturales necesarias en los cultivos de aguacate y fréjol, incluyendo el control de malezas (Figura 13), la fertilización, el monitoreo de plagas y enfermedades, y la poda adecuada para promover un crecimiento óptimo de las plantas.

Figura 13

Control de malezas en el cultivo de fréjol.



3.4.6 Monitoreo

Se realizó monitoreo continuo del crecimiento y desarrollo de fréjol y aguacate (Figura 14), registrando variables como altura, número de frutos cuajados, entre otros. Los datos se analizaron periódicamente para evaluar el progreso del cultivo y se realizó ajustes según fue necesario para optimizar el rendimiento y la salud de las plantas.

Figura 14

Conteo de frutos de aguacate.



3.4.7 Control fitosanitario

Fue necesario realizar aplicaciones de biofertilizantes óptimos como el Tricomix (8g/200L) y el extracto de higuerilla para el crecimiento, desarrollo, y control de enfermedades en los cultivos de aguacate (Figura 15a) y fréjol (Figura 15b), con la finalidad de obtener mejores resultados, y por ende una cosecha satisfactoria.

Figura 15

Aplicación foliar del extracto de higuerilla en aguacate y fréjol.



- **Preparación del extracto de higuerilla**

Para iniciar se recolectó la semilla seca de la higuerilla (Figura 16), se continuó con la molienda en un molino manual y se pesó 50g del producto para luego diluir en 1L de agua. La mezcla se dejó en reposo por 24 horas, se filtró dos veces el macerado con la ayuda de una tela fina y por último se colocó en un atomizador para ser aplicado en la experimentación (Santillán, 2020).

Figura 16

Recolección de semillas de higuerilla.



- **Dosis de aplicación del extracto en el cultivo**

500 ml por unidad experimental

7500 ml en total

3.4.8 Cosecha

Una vez alcanzado el momento óptimo de maduración, se procedió a la cosecha de los cultivos de fréjol (Figura 17a) y aguacate (Figura 17b). Se recolectaron todas las vainas de fréjol y los frutos de aguacate, y se registraron los rendimientos obtenidos. Posteriormente, se realizó un análisis de calidad de los productos cosechados, evaluando aspectos como tamaño, peso y color según los estándares establecidos.

Figura 17

Cosecha de fréjol.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de las variables agronómicas y costos de producción evaluados en el estudio de producción de fréjol bajo un sistema de callejones.

4.1 Caracteres agronómicos evaluados en el cultivo de fréjol.

4.1.1 Porcentaje de germinación del fréjol

El análisis de varianza no mostró una interacción entre callejones y densidad (F=0.01; gl=1, 6; p=0.9233). De la misma manera, la densidad no presentó diferencias significativas (F=0.85; gl=1,6; p=0.3931) independientemente de los callejones. A diferencia del tipo de callejones, en donde si muestra una diferencia significativa (F=35.46; gl=1,6; p=0.0010) independiente de la densidad (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación del cultivo de fréjol

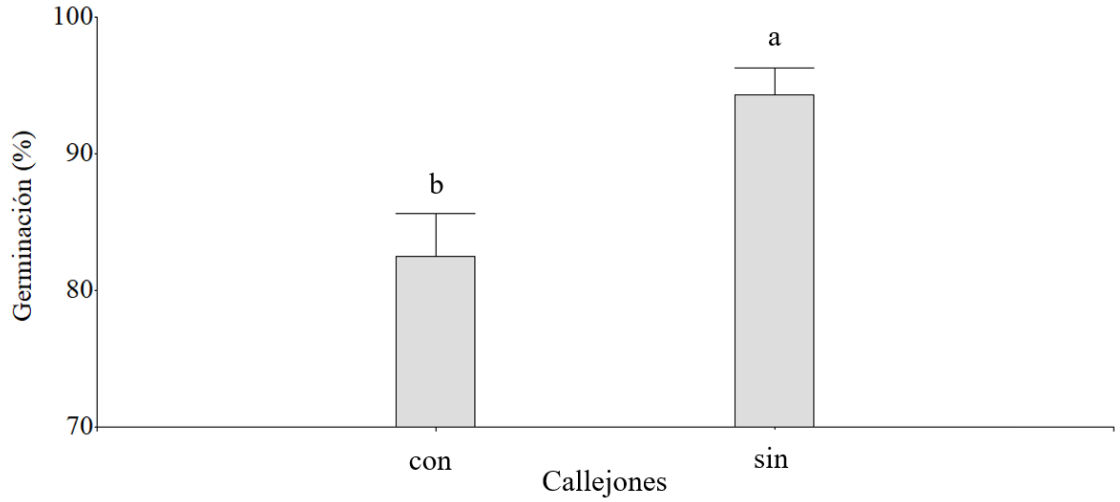
Fuentes de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Callejones	1	6	35.46	0.0010
Densidad	1	6	0.85	0.3931
Callejones: Densidad	1	6	0.01	0.9233

GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher (α=0.05), los tratamientos sin callejones presentaron un 12.6% más de germinación con respecto al sistema de siembra con callejones (Figura 18). Por otro lado, la densidad no influye en el porcentaje de germinación, ya que los valores de germinación fueron entre 87 y 89 %.

Figura 18

Análisis de varianza del porcentaje de germinación.



El porcentaje de germinación obtenido en el presente estudio (82,4 % en callejones y 94,3 % en ausencia de callejones) se mantiene dentro de los rangos reportados (80-95) % para cultivos anuales establecidos en sistemas de cultivo en callejones (Maqueira et al., 2021). Estudios recientes realizados en sistemas agroforestales con cultivos como soja y sorgo indican valores de establecimiento inicial (germinación) superiores al 80 %, aun cuando se modifica la densidad de siembra y el arreglo espacial del cultivo entre hileras arbóreas (Mantino et al., 2023; Xu et al., 2019). Estos resultados sugieren que, la germinación tiende a mantenerse relativamente estable frente a cambios en la densidad inicial del cultivo, lo que coincide con lo observado en el presente trabajo, donde el número de hileras de fréjol no produjo reducciones drásticas en el porcentaje de germinación con respecto a la densidad (Zhang et al., 2023).

Por otro lado, la inclusión de callejones puede reducir la germinación debido a cambios ambientales o competencia por luz, ya que las plantas de fréjol, al estar bajo un sistema de asocio con árboles de aguacate, buscan luz para los procesos fotosintéticos, esto debe considerarse al establecer arreglos espaciales en sistemas agroforestales o intercalados (López & Rocha, 2007; Saakshi et al., 2025).

4.1.2 Altura del fréjol

El análisis de varianza mostró que no existe interacción entre días después de la siembra (dds) × callejón × densidad (F=0.75; gl=1,838; p= 0.5890), indicando que la combinación simultánea de estos tres factores no influyó de manera conjunta sobre la altura del cultivo. De igual forma, la interacción entre callejón y densidad no fue significativa (F=8.31; gl=1,838; p=0.0540), así

como tampoco la interacción entre dds y densidad (F=1.58; gl=5, 838; p=0.1634), lo que evidencia que la densidad no modificó el comportamiento de la altura en función del tiempo ni del sistema de siembra. En contraste, se registró una interacción altamente significativa entre dds y callejón (F=109.33; gl=5, 838; p < 0.0001), lo que demuestra que el efecto de los días después de la siembra sobre la altura del cultivo dependió directamente del uso de callejones. Por último, la densidad no presentó diferencias significativas sobre la altura de planta (F=0.69; gl=1, 838; p=0.4055), independientemente del tiempo de evaluación y del sistema de siembra (Tabla 8).

Tabla 8

Análisis de varianza de la variable altura del fréjol

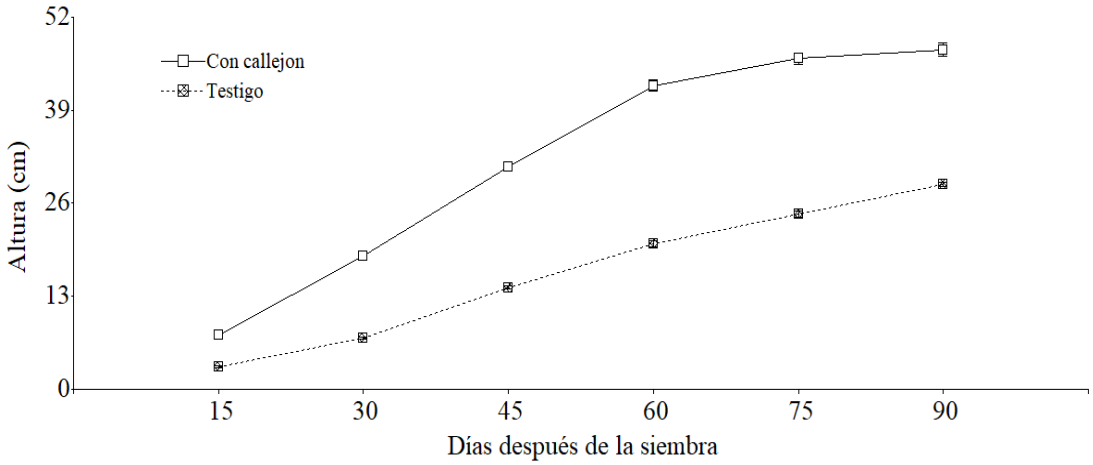
Fuentes de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
dds	5	838	2171.47	< 0.0001
Callejón	1	838	3536.92	<0.0001
Densidad	1	838	0.69	0.4055
dds: Callejón	5	838	109.33	<0.0001
dds: Densidad	5	838	1.58	0.1634
Callejón: Densidad	1	838	8.31	0.0540
dds: Callejón: Densidad	5	838	0.75	0.5890

dds: días después de la siembra, GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher (α=0.05), las plantas con callejones crecieron más en todas las fechas, con diferencias más notables a partir de los 45 días, y máximas a los 60 días (42.21 cm vs. 20.26 cm del testigo) como se puede verificar en la Figura 19. Este resultado sugiere que los callejones mejoran el crecimiento vegetativo, posiblemente por mejor luz, menor competencia y un microclima favorable. Aunque las diferencias continuaron hasta los 90 días (47.11 cm vs. 28.62 cm), la mayor significancia estadística se observó a los 60 días. Esto destaca la relevancia de considerar tanto el tiempo como el sistema de manejo al evaluar la altura de las plantas.

Figura 19

Altura del fréjol en función de los días después de la siembra y el efecto de los callejones.



Los resultados obtenidos en esta investigación fueron diferentes al estudio realizado por Cevallos (2016), los cuales señalan que la altura tanto de los tratamientos en callejones, así como del testigo no tuvieron significancia estadística, los resultados de los tratamientos variaron entre 0.47 y 0.49 cm a los 90 días de siembra. Sin embargo, se logró evidenciar que los datos numéricos de la altura fueron similares en los dos experimentos. Así también Ronner et al. (2021) al realizar experimentos de cultivo en asocio bajo distintas sombras por medio de la poda del cultivo del banano, exponen que el sistema de monocultivo a los 60 días, llegó a duplicar en tamaño en comparación al sistema en asocio con sombra alta. Cabe recalcar que los resultados podrían ser similares a un cultivo de fréjol en asocio, por ejemplo Bone & Martínez (2020) establecen que, a los 45 días, el cultivo de fréjol en asocio con cultivo de café presentó una altura de 60 cm, es decir que los datos fueron superiores a los datos de la presente investigación tanto en callejones como en monocultivo.

4.1.3 Incidencia en fréjol

El análisis de varianza no evidenció una interacción entre dds, callejones y densidad (F = 0.03; gl=5, 46; p=0.9996), lo que indica que la incidencia no estuvo influenciada simultáneamente por estos tres factores. A continuación, la interacción entre callejones y densidad sí presentó diferencias significativas (F=8.21; gl=1, 46; p=0.0063), lo que demuestra que el efecto de la densidad sobre la incidencia depende del sistema de callejones utilizado. En contraste, no se observaron interacciones significativas entre dds y densidad (F=0.09; gl=5, 46; p=0.9928) ni

entre dds y callejones (F = 0.58; gl = 5, 46; p = 0.7167), lo que sugiere que el tiempo después de la siembra actuó de forma independiente frente a estos factores. En cuanto a los efectos principales, en la Tabla 9 se observa que la densidad presentó un efecto significativo sobre la incidencia (F=10.32; gl=1, 46; p=0.0024), al igual que el factor callejones (F=123.19; gl=1, 46; p < 0.0001). Por el contrario, el factor dds no mostró diferencias significativas (F=0.71; gl=5, 46; p=0.6181).

Tabla 9

Análisis de varianza de la variable incidencia en el cultivo de fréjol

Fuentes de variación	**GL FV**	**GL E. E**	**Valor F**	**Valor P**
dds	5	46	0.71	< 0.6181
Callejones	1	46	123.19	<0.0001
Densidad	1	46	10.32	0.0024
dds: Callejones	5	46	0.58	0.7167
dds: Densidad	5	46	0.09	0.9928
Callejones: Densidad	1	46	8.21	0.0063
dds: Callejones: Densidad	5	46	0.03	0.9996

dds: días después de la siembra, GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher (α=0.05), las mayores incidencias se registraron en los tratamientos sin callejones y con alta densidad (91.28%), mientras que las menores se observaron en los tratamientos con callejones y alta densidad (42.99%) como muestra la Tabla 10.

Tabla 10

Análisis de varianza de la incidencia en el fréjol

Callejones	Densidad	Incidencia		
sin	N3	91.28	± 1.72	a
sin	N2	86.64	± 1.72	b
con	N2	58.17	± 5.03	c
con	N3	42.99	± 5.03	d

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

Estos resultados sugieren que el diseño del sistema de cultivo, particularmente la inclusión de callejones, puede reducir la incidencia al mejorar la ventilación, reducir la humedad relativa y limitar la propagación de patógenos al área foliar (Lindao et al., 2018).

Ogecha et al. (2019), presentan hallazgos distintos a los obtenidos en esta investigación, evaluaron la incidencia y la severidad de plagas de insectos en el frejol común en distintos distritos y zonas agroecológicas, algunas de las plagas analizadas fueron la cigarra verde, mosca blanca, el trips, spodopteros, entre otros. La incidencia de los spodopteros fue de 2.9%, este valor viene a estar por debajo de los resultados de la presente investigación en donde se obtuvo una incidencia de 91.28% en el testigo y 42.99% en el tratamiento con callejones.

Por el contrario Diaz (2021), presenta resultados similares, al mostrar valores de porcentaje de incidencia del 80% en gusano masticador, mosca blanca y lorito verde. El hecho de presentar valores altos de incidencia puede generar pérdidas en cuanto al rendimiento (Alves et al., 2018), sin embargo, esto puede ser tratado de manera inmediata, además, la presencia del masticador en poblaciones mínimas no representa pérdidas de producción al existir un equilibrio, asimismo, al afectar únicamente en la etapa vegetativa causa daños a las hojas primarias las cuales posteriormente serian reemplazadas por las hojas verdaderas eliminándose las que fueron dañadas (Diaz, 2021).

4.1.4 Severidad en fréjol

El análisis de varianza indicó que no existió interacción triple entre dds, callejones y densidad ($F = 0.01$; $gl = 5,46$; $p > 0.9999$), lo que evidencia que el efecto conjunto de estos tres factores

no influyó significativamente sobre la severidad. De igual manera, la interacción entre callejones y densidad no fue significativa (F=1.38; gl=1,46; p=0.2462), ni tampoco la interacción entre dds y densidad (F=1.18; gl=5,46; p=0.3358), ni entre dds y callejones (F = 0.32; gl=5,46; p=0.8977). De forma individual, la densidad no presentó efecto significativo sobre la severidad (F=0.13; gl=1,46; p=0.7161). En contraste, la presencia de callejones sí influyó significativamente en la severidad del cultivo (F=96.42; gl=1,46; p < 0.0001), al igual que los días después de la siembra (dds), que mostraron un efecto significativo (F=21.57; gl=5,46; p < 0.0501) como muestra la Tabla 11.

Tabla 11

Análisis de varianza de la variable severidad en el cultivo de fréjol

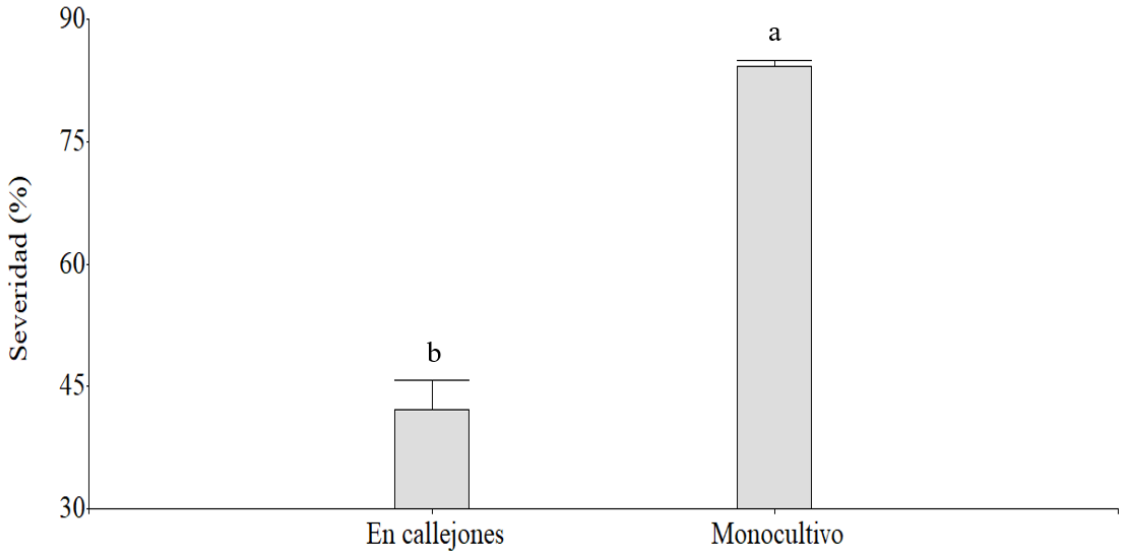
Fuentes de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
dds	5	46	21.57	<0.0501
Callejones	1	46	96.42	<0.0001
Densidad	1	46	0.13	0.7161
dds: Callejones	5	46	0.32	0.8977
dds: Densidad	5	46	1.18	0.3358
Callejones: Densidad	1	46	1.38	0.2462
dds: Callejones: Densidad	5	46	0.01	>0.9999

dds: días después de la siembra, GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), la presencia de callejones redujo significativamente la severidad frente al gusano masticador (*Spodoptera frugiperda*), registrándose valores promedio de 42.09% frente a 84.29% en su ausencia (Figura 20). No se encontraron interacciones significativas entre los factores evaluados.

Figura 20

Análisis de varianza de la severidad en el fréjol.



Estos resultados resaltan la importancia del diseño del sistema agrícola, donde la inclusión de callejones favorece un microclima más equilibrado y una menor propagación de patógenos, contribuyendo así a la mitigación de la severidad en el cultivo de fréjol (Xu et al., 2019).

En cuanto a la severidad, Harrison et al. (2022) en su investigación muestran resultados de hasta un máximo del 10% de severidad en *Spodoptera frugiperda* en cultivos de fréjol en asocio con maíz, estando este valor por debajo en comparación al dato de la presente investigación. (Hailu et al., 2018) investigaron si el cultivo intercalado de maíz con leguminosas comestibles también puede reducir la abundancia del gusano masticador, mencionan que obtuvieron un 75 % de severidad en cultivos intercalados entre leguminosas y maíz, siendo esté valor superior al sistema en callejones y similar al del sistema en monocultivo presentados en esta investigación.

4.1.5 Peso del grano ha^{-1} de fréjol

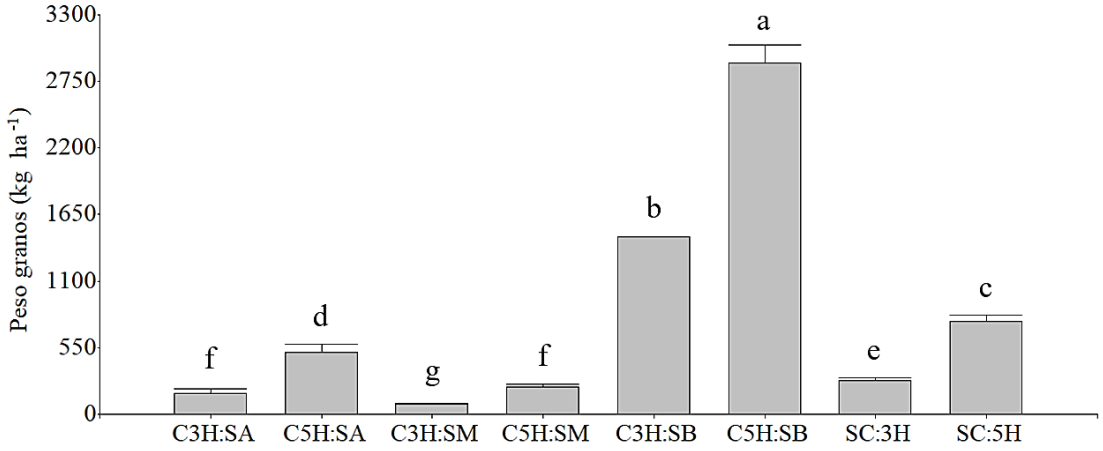
El análisis estadístico mostró un efecto altamente significativo del factor combinado Densidad × Sombra sobre el peso de grano por hectárea ($F=459.60$; $gl=7,14$; $p<0.0001$), confirmando que el rendimiento depende de esta interacción.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$), el tratamiento N3Baja (C5H:SB) registró los valores más altos (2887 kg ha^{-1}), consolidándose como el de mejor rendimiento. Le siguió N2Baja (C3H:SB) con rendimientos intermedios (1452 kg ha^{-1}). Los rendimientos más

bajos correspondieron a N2Alta (C3H:SA) y N2Media-Alta (C3H:SM), con valores inferiores a 160 kg ha^{-1} (Figura 21).

Figura 21

Rendimiento del grano de frejol ha^{-1}.



Estos resultados evidencian que la combinación de densidad alta y sombra baja optimiza el rendimiento porque proporciona suficiente radiación para sostener tasas fotosintéticas elevadas durante el llenado de grano, así también la mayor densidad mejora la eficiencia del uso del suelo. Por el contrario, la sombra excesiva reduce la energía disponible para la formación de carbohidratos, limita el llenado de grano y genera plantas con menor eficiencia fisiológica (Saakshi et al., 2025). Esto explica la marcada caída en rendimiento en densidades medias o bajas cuando la sombra aumenta, destacando la importancia de manejar adecuadamente ambos factores para sostener la productividad del cultivo.

Investigaciones previas de un cultivo intercalado entre el frejol y el banano donde de manera similar a este estudio evalúan el rendimiento del frejol en condiciones de poda (1101 kg ha^{-1}) y sin poda (1050 kg ha^{-1}) del banano. Estos autores destacan que el monocultivo de frejol obtuvo mayor rendimiento (1676 kg ha^{-1}) en comparación al de los tratamientos (Ronner et al., 2021).

Además (Nkhata et al., 2021) presentan valores de (1165 y de 990) kg ha^{-1} en monocultivo e intercalado (maíz-fréjol) respectivamente. Los impactos significativos de la interacción entre el lugar, el año, el tipo de planta y el método de cultivo en las características agronómicas del frijol común examinadas indican que los factores ambientales, el tipo de planta y el método de

cultivo influyeron en el rendimiento de las variedades de frijol común analizadas (Santalla et al., 2001).

Al contrario de lo antes mencionado, pero similares a los resultados expuestos en la presente investigación, Yimer et al. (2022), muestran rendimientos de 2100 kg ha^{-1} en cultivos en asocio y de 1300 kg ha^{-1} en monocultivos. Así también, (Garcés et al., 2015) expusieron valores de 2606.7 kg ha^{-1}. Estos datos representan una tendencia similar, donde el testigo tuvo un rendimiento menor a los tratamientos con cultivo en callejones.

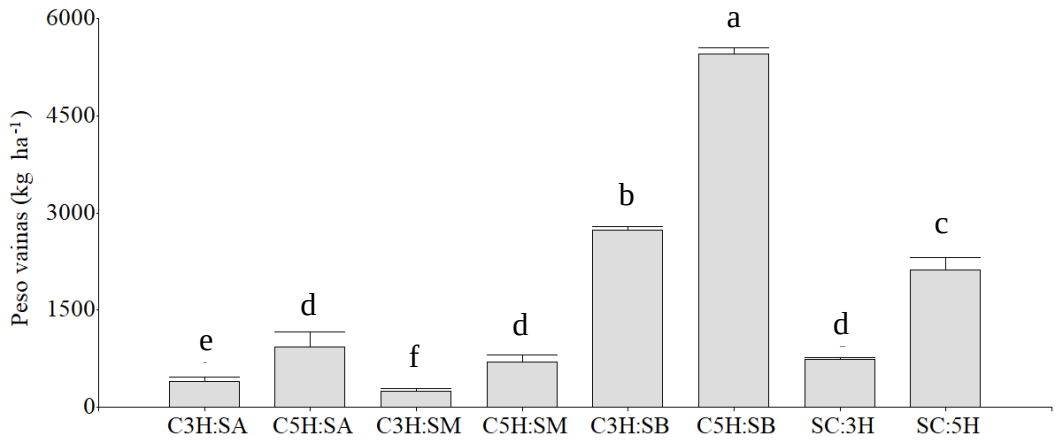
4.1.6 Peso de la vaina kg ha^{-1}

El análisis estadístico mostró un efecto altamente significativo del factor combinado Densidad × Sombra sobre el peso de vainas por hectárea ($F = 460.23$; $gl = 7,14$; $p < 0.0001$), evidenciando que la productividad del cultivo depende fuertemente de esta interacción.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$), el tratamiento N3 Baja (C5H:SB) obtuvo el mayor rendimiento (5419 kg ha^{-1}), superando ampliamente al resto y ubicándose en el grupo estadístico más alto. Seguido por N2 Baja (C3H:SB) con rendimientos medios (2698 kg ha^{-1}), mientras que los niveles sin sombra y densidad alta o media-alta presentaron valores considerablemente menores. Los tratamientos N2 Alta (C3H:SA) y N2Media-Alta (C3H:SM) registraron los rendimientos más bajos, por debajo de 400 kg ha^{-1} (Figura 22).

Figura 22

Peso de la vaina kg ha^{-1}.



Esto sugiere que una alta densidad de fréjol combinada con baja sombra de aguacate optimiza la producción al maximizar la fotosíntesis y reducir pérdidas hídricas. La leve sombra observada en las técnicas más efectivas posiblemente a una mejor retención de la humedad en el suelo y una mayor eficiencia en la absorción del agua por las plantas. Es en este sentido que

(Morales et al., 2015) señalan que una reducción en la humedad del suelo en la fase reproductiva, disminuye de manera notable el rendimiento de vainas. En cambio, la sombra excesiva limita la radiación, disminuye el rendimiento y desvía recursos hacia el mantenimiento (Ronner et al., 2021; Saakshi et al., 2025). Así también Fornos & Meza (2001), mencionan que el rendimiento puede ser afectado por la competencia de nutrientes además de la densidad del cultivo.

Investigaciones similares realizaron experimentos con distintas variedades donde determinaron el peso de vainas en kg ha^{-1}, el rendimiento fluctúa de acuerdo a la variedad utilizada, es así que obtienen valores numéricos que oscilan entre (4410 – 18689) kg ha^{-1} (Matute, 2013), siendo este primero un valor equivalente al resultado obtenido en el tratamiento C5H:SB. Por otro lado (Habte et al., 2016), en un sistema intercalado de frijol con maíz con densidad de 66.000 plantas (fréjol)ha^{-1}, reportaron 734 kg ha^{-1} en rendimiento de vainas, siendo similares a los obtenidos en los tratamientos (C5H:SM) y (SC:3H).

4.1.7 Incidencia en aguacate

El análisis de varianza indicó que no existió interacción entre los días después de la siembra (dds) y la densidad sobre la incidencia en aguacate (F=0.00; gl=10,34; p>0.9999), lo que sugiere que el efecto del tiempo fue similar en todas las densidades evaluadas. De manera individual, la densidad no presentó un efecto significativo sobre la incidencia (F=2.13; gl=2,34; p=0,1350), indicando que las diferencias en el número de plantas por unidad de área no influyeron de forma determinante en esta variable. Asimismo, los dds tampoco mostraron efecto significativo (F=0.00; gl=5,34; p>0.9999), evidenciando que la incidencia se mantuvo estable a lo largo del periodo de evaluación (Tabla 12). En conjunto, estos resultados muestran que la incidencia en aguacate no fue afectada ni por el tiempo ni por la densidad de siembra en las condiciones del estudio.

Tabla 12

Análisis de varianza de la variable incidencia en el cultivo de aguacate

	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
dds	5	34	0.00	>0.9999
Densidad	2	34	2.13	0.1350
dds: Densidad	10	34	0.00	>0.9999

dds: días después de la siembra, GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher (α=0.05), el tratamiento con densidades N1 y N2 mostraron mayor incidencia (33.33%) en comparación con N3 (25.00%), estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 13). De igual manera, los valores de incidencia para todos los niveles de dds fueron idénticos (30.56%) y sin diferencias entre ellos (Tabla 14).

Tabla 13

Promedio de la incidencia en aguacate

Densidad	Incidencia
N1	33.33± 2.86
N2	33.33± 2.86
N3	25.00± 4.95

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

Tabla 14

Valores de incidencia al transcurso de días

dds	Variable	Media	E.E.
15	Incidencia	30,56	5,56
30	Incidencia	30,56	5,56
45	Incidencia	30,56	5,56
60	Incidencia	30,56	5,56
75	Incidencia	30,56	5,56
90	Incidencia	30,56	5,56

Esto indica que la incidencia de enfermedades fue homogénea a lo largo de las evaluaciones y no estuvo determinada por los factores evaluados, lo cual puede deberse a condiciones ambientales constantes o a un manejo fitosanitario efectivo y uniforme en todas las unidades experimentales.

Las plagas y enfermedades que afectan el cultivo de aguacate son diversas, en el presente estudio se analizó la incidencia específicamente del gusano masticador que al igual que otras plagas perjudican la producción del aguacate. Un estudio de dinámica espacial y temporal

describe la incidencia del trips en un 90% en el cultivo evaluado (Ávila et al., 2003). Así también, otro estudio se enfocó en determinar la incidencia del chinche con un porcentaje de 35.6% (Waite, 2000). La cochinilla (*Planococcus citri*) también representa una amenaza para varios cultivos, como el aguacate la cual provoca deformaciones y caída de las hojas. La presencia de esta plaga lo describen en una investigación que se basó en identificar enfermedades y plagas en el cultivo intercalado del aguacate con mango (Poerwanto et al., 2024).

4.1.8 Severidad en aguacate

El análisis de varianza mostró que no existió interacción entre los días después de la siembra (dds) y la densidad (F=0.16; gl=10,34; p=0.9981), lo que indica que el efecto del tiempo fue similar en todas las densidades evaluadas. De forma independiente, la densidad sí presentó un efecto altamente significativo sobre la variable analizada (F=8.00; gl=2,34; p=0.0014), evidenciando que los diferentes niveles de densidad influyeron de manera directa en el comportamiento del cultivo. Por el contrario, los dds no mostraron diferencias significativas (F=0.09; gl=5,34; p=0.9931) como muestra la Tabla 15, lo que sugiere que la variable se mantuvo relativamente constante a lo largo del periodo de evaluación.

Tabla 15

Análisis de varianza de la variable severidad en el cultivo de aguacate

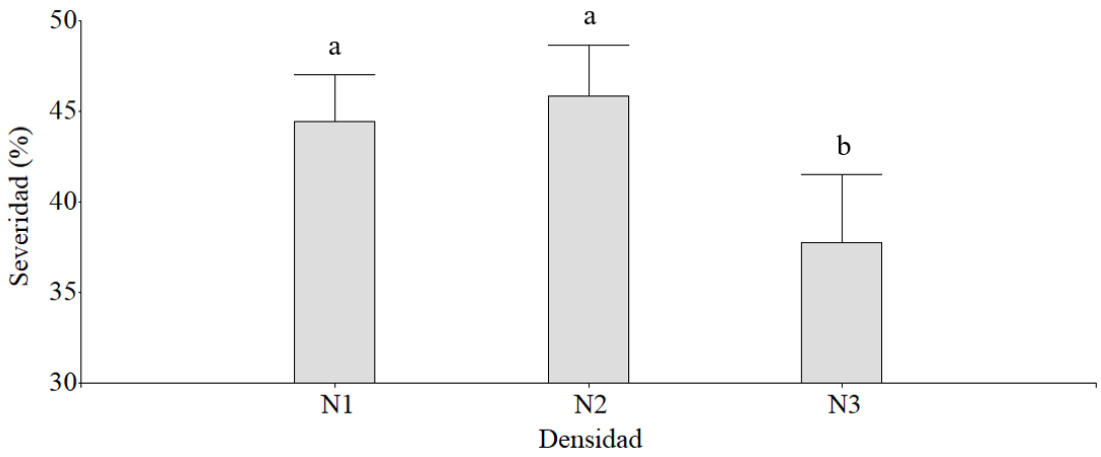
	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
dds	5	34	0.09	>0.9931
Densidad	2	34	8.00	0.0014
dds: Densidad	10	34	0.16	>0.9981

dds: días después de la siembra, GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$), las densidades N1 y N2 presentaron mayores valores de severidad (44.44% y 45.83%, respectivamente), en tanto que N3 mostró una severidad significativamente menor (37.78%) como se indica en la Figura 24. Por otro lado, las medias para los diferentes niveles de dds fueron similares, sin diferencias estadísticas entre ellas, lo que sugiere que el tiempo transcurrido desde la siembra no afectó la progresión de la enfermedad.

Figura 23

Severidad en aguacate.



Estos resultados resaltan la influencia de la densidad de siembra en la severidad, posiblemente por variaciones en microclima o circulación de aire. El rendimiento del cultivo de aguacate puede ser afectado por el estrés abiótico, plagas, enfermedades y ácaros (Defáz, 2024). En este contexto, varios estudios han identificado la presencia de plagas como: lepidópteros, trips cochinillas y pulgones, pero las predominantes en los huertos monitoreados fueron la chicharrita (*Penthimiola bella*) y el acaro de la persea (*Oligonychus perseae*). Aunque estas plagas fueron dominantes, la severidad en términos de daños fue baja y nada más un 13% presentó una severidad moderada. Además, se detectaron enrolladores de hojas en el 19% de los huertos, sin embargo, la incidencia y severidad fueron bajas (Ouaznati et al., 2025).

4.1.9 Rendimiento Ton/Ha de aguacates

El análisis de varianza indicó que la densidad no presentó un efecto significativo sobre el rendimiento expresado en toneladas por hectárea ($F = 0.41$; $gl = 2,4$; $p = 0.6869$). Este resultado sugiere que las diferencias entre los niveles de densidad evaluados no influyeron de manera estadísticamente detectable en el rendimiento del cultivo.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$), las medias ajustadas sugieren un mayor rendimiento en N2 (14.14 tn/ha) y N3 (13.51 tn/ha) en comparación con N1 (8.41 $tnha^{-1}$) (Tabla 16), estas diferencias no fueron significativas.

Tabla 16

Medias del rendimiento del aguacate (Ton/Ha)

NIVEL	Rendimiento/Ha
N2	14.14± 2.95
N3	13.51± 6.72
N1	8.41± 4.21

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

Esto indica que, bajo las condiciones del ensayo, la variación en la densidad de siembra no afectó significativamente la productividad por superficie. Es posible que otros factores agronómicos o ambientales tengan una influencia más determinante sobre esta variable. Por tanto, para incrementar el rendimiento por hectárea, sería recomendable considerar estrategias integrales de manejo que incluyan otros elementos además de la densidad de plantación (Sseruwagi et al., 2025).

Aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, el valor perteneciente al N2 es similar a los hallazgos reportados por (Emire et al., 2021), en el que obtiene un rendimiento de 14.37 tn ha^{-1} en la variedad Fuerte, así también mencionan que el rendimiento varía de acuerdo a la variedad del aguacate indicando rendimientos de (12.26 y 12.86) tn ha^{-1} en las variedades Pikerton y Hass respectivamente. En otras investigaciones señalan resultados de 24.9 tn ha^{-1} (Sangerman et al., 2014), siendo superiores a los presentados en este estudio. A pesar de que se han presentado datos similares y superiores a esta investigación, otros autores indican rendimientos que están por debajo, exponiendo valores de 4.8 tn ha^{-1} en la variedad Fuerte (Bedoya et al., 2025).

4.1.10 Rendimiento por categorías de aguacates

El análisis de varianza mostró que no existió interacción significativa entre la densidad y las categorías de aguacate (F=0.11; gl=4,16; p=0.9773), lo que indica que el efecto de las categorías sobre el peso de los frutos fue independiente de la densidad evaluada. De manera individual, la categoría presentó un efecto altamente significativo sobre el peso de los aguacates (F=16.20; gl=2,16; p=0.0001), evidenciando diferencias claras entre los grupos de clasificación del fruto. Por el contrario, la densidad no influyó significativamente en el peso de los aguacates

(F=0.41; gl=2,16; p=0.6719) (Tabla 17), lo que sugiere que el peso del fruto estuvo determinado principalmente por la categoría y no por el número de plantas de fréjol establecidas.

Tabla 17

Análisis de varianza de la variable rendimiento por categorías en el cultivo de aguacate

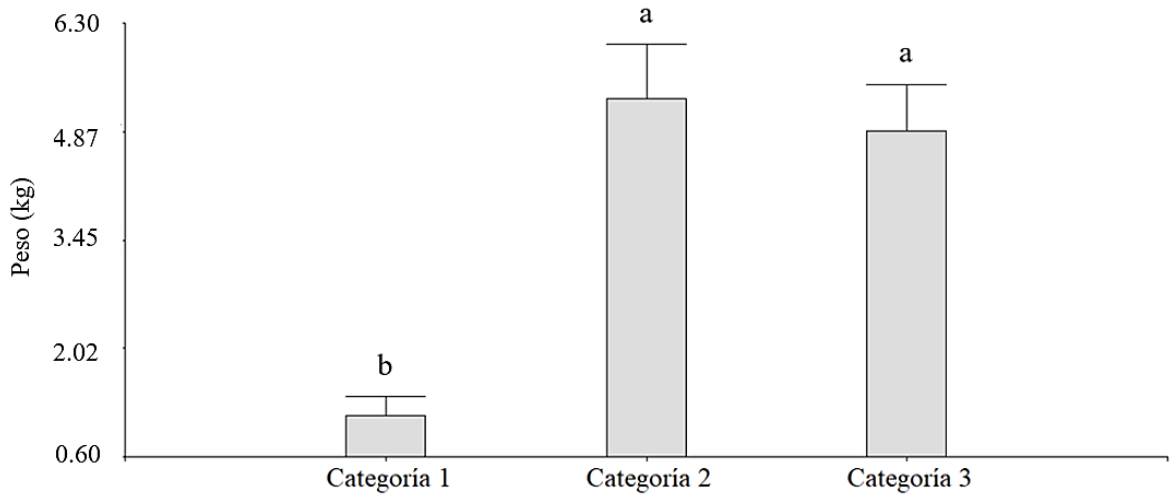
	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Nivel	2	16	0.00	>0.9999
Categorías	2	16	2.13	0.1350
Nivel: Categorías	4	16	0.00	>0.9999

GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental.

Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher (α = 0.05), las categorías 2 y 3 presentaron los mayores pesos promedio, con 5.30 kg y 4.88 kg respectivamente, agrupadas estadísticamente en la misma letra ("a"), indicando que no difieren entre sí. Por el contrario, la categoría 1 tuvo un peso significativamente menor (1.14 kg), formando un grupo distinto ("b") (Figura 25). Esto sugiere que la categoría del fruto influye de manera significativa en el peso final, independientemente del nivel de densidad utilizado en el sistema de cultivo.

Figura 24

Rendimiento del aguacate por categorías



Algunos autores como Bedoya et al. (2025), exponen valores de (1.92, 5.76 y 6.96) kg en Categorías 1, 2 y 3 respectivamente, siendo estos valores similares a los presentados en esta

investigación, por otro lado, el mismo autor en un experimento distinto muestra valores de (5.47, 9.85, 21.9) kg en Categoría 1, 2 y 3 respectivamente, estando estos valores por encima de los expuestos en esta experimentación. Así también otro de los estudios no presenta categorías 1 y 2, ya que registra valores de la categoría 3 con un valor de7.16 kg (Berducido, 2022).

Los fotoasimilados tiene un fuerte impacto sobre el tamaño del aguacate, ya que la falta de carbohidratos afecta su tamaño potencial. En este contexto, mientras menor cantidad de frutos contenga el árbol de aguacate, mayor será el tamaño del fruto debido a que existe menor competencia por nutrientes. Cuando hay menos competencia durante el crecimiento de la planta, esta puede desarrollarse mejor. Como resultado, acumula más materia seca, lo que se traduce en mayores rendimientos y frutos de mayor tamaño (Jaque et al., 2007).

4.1.11 Entomofauna en el área de estudio

El análisis de varianza mostró una interacción altamente significativa entre tratamiento y orden de insectos ($F=3.99$; $gl=60,158$; $p < 0.0001$), lo que indica que la respuesta de los distintos órdenes de insectos dependió del tratamiento aplicado. De la misma manera, el factor orden de insectos presentó diferencias altamente significativas ($F=153.86$; $gl=15,158$; $p < 0.0001$), evidenciando que la abundancia de insectos varió entre los diferentes órdenes evaluados. Asimismo, el factor tratamiento también mostró un efecto altamente significativo ($F=9,23$; $gl=4,158$; $p < 0.0001$), lo que demuestra que los distintos manejos implementados influyeron en la dinámica poblacional de insectos capturados en el sistema de cultivo (Tabla 18).

Tabla 18

Análisis de varianza de la variable entomofauna en el cultivo de fréjol

	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	158	9.23	<0.0001
Orden	15	158	153.86	<0.0001
Tratamiento: Orden	60	158	3.99	<0.0001

GL FV: grados de libertad de la fuente de variación, GL E. E: grados de libertad del error experimental.

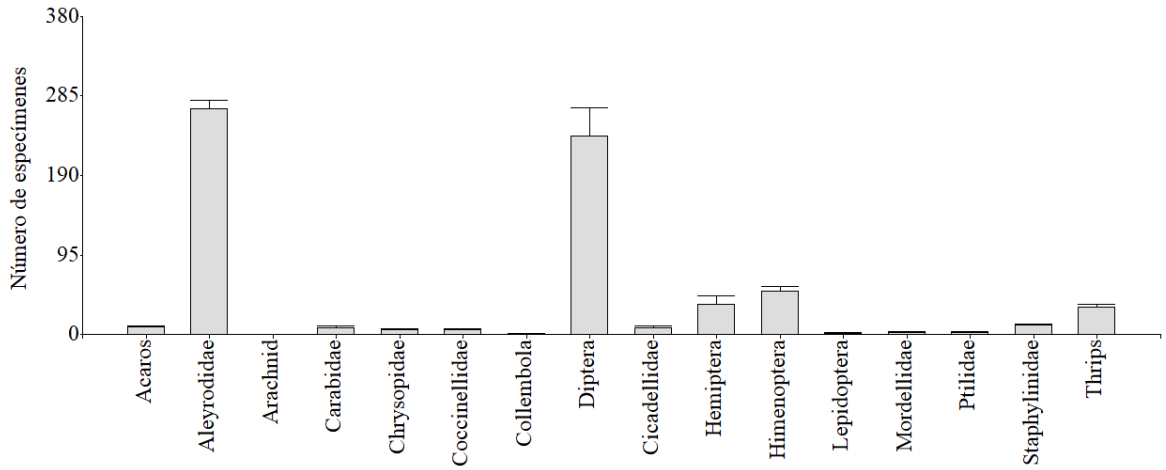
Con respecto a las pruebas de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$), los tratamientos FrN3 y FrN2 registraron las mayores capturas totales de insectos, sin diferencias estadísticas entre ellos, mientras que los tratamientos asociados con aguacate presentaron menores valores. Diptera y

Aleyrodidae fueron los órdenes más abundantes, seguidos por Thrips, Hemiptera e Hymenoptera. La interacción Tratamiento × Orden evidenció que las mayores poblaciones de Diptera y Aleyrodidae se concentraron principalmente en los tratamientos FrN3 y FrN2.

En la Figura 26 correspondiente al cultivo de aguacate en asocio con 3 hileras de fréjol, se evidencia el indudable predominio de Aleyrodidae y Diptera, lo cual indica la presencia de condiciones favorables para su desarrollo, posiblemente debidas a la disponibilidad de alimento y un microclima adecuado. En cambio, otros grupos como Arachnida, Chrysopidae y Coccinellidae quedan limitados a muy pocos individuos, indicando bajo número de enemigos naturales, lo que podría favorecer la proliferación de esas plagas características.

Figura 25

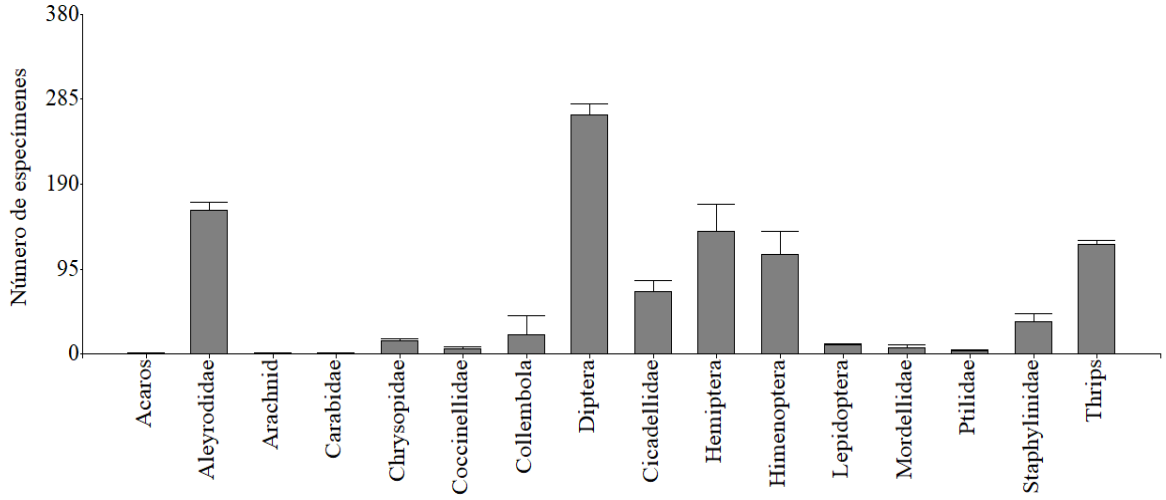
Dinámica Poblacional de insectos del cultivo en asocio de aguacate con 3 hileras de fréjol



Por otro lado, en la Figura 27 correspondiente al monocultivo de 3 hileras de fréjol, se detecta una elevada presencia de Diptera, seguida de la de Aleyrodidae, Hemiptera y Thysanoptera (Thrips), lo que sugiere condiciones favorables a los grupos de fitófagos. En cambio, enemigos naturales como Chrysopidae, Coccinellidae, etc., tienen poblaciones bajas, lo que indica que el control biológico es escaso y pueden existir riesgos de incremento de plagas.

Figura 26

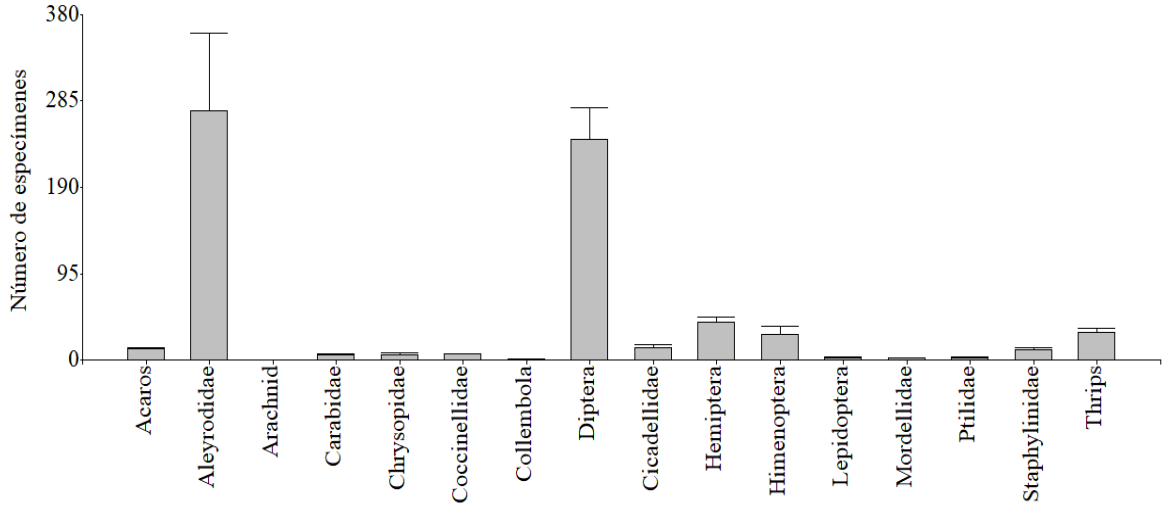
Dinámica poblacional de insectos del monocultivo de fréjol de 3 hileras



En la Figura 28 correspondiente al cultivo de aguacate en asocio con 5 hileras de fréjol existe también un predominio de Aleyrodidae y Diptera. En contraste, enemigos naturales como Chrysopidae y Coccinellidae presentan bajas poblaciones.

Figura 27

Dinámica Poblacional de insectos del cultivo en asocio de aguacate con 5 hileras de fréjol

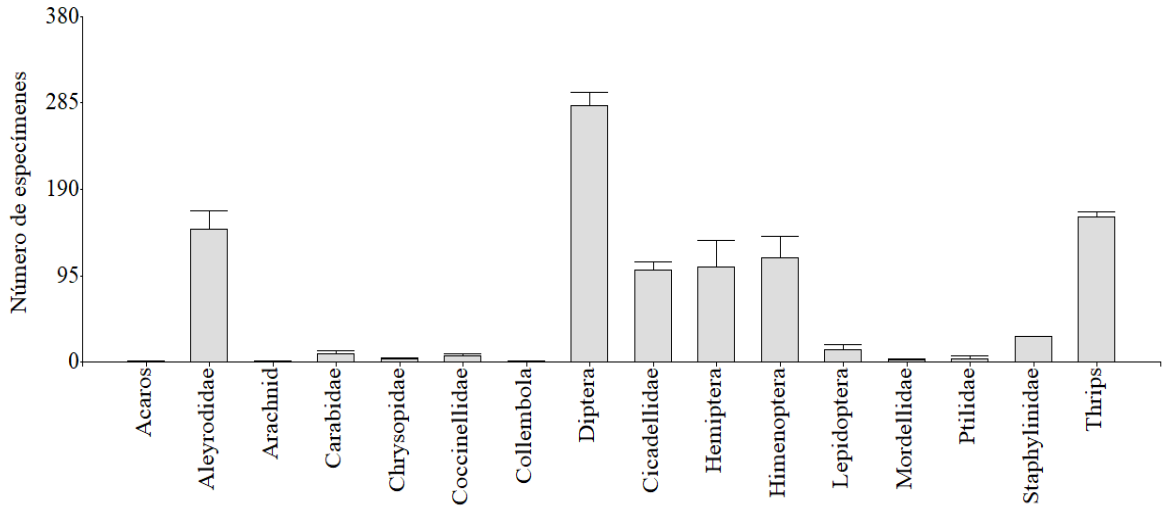


Por otra parte en la Figura 29 correspondiente al monocultivo de 5 hileras de fréjol, predomina la presencia del grupo de Diptera, seguidos por Aleyrodidae o, también conocidos como moscas blancas, y Thysanoptera (Thrips), lo que daría la impresión de tiempos favorables para los insectos fitófagos, en cambio, enemigos naturales, como pueden causar Chrysopidae o

Coccinellidae presentan puntuaciones bajas, lo que daría la sensación de que existen pocos enemigos de control biológico o que existan desequilibrios en el sistema.

Figura 28

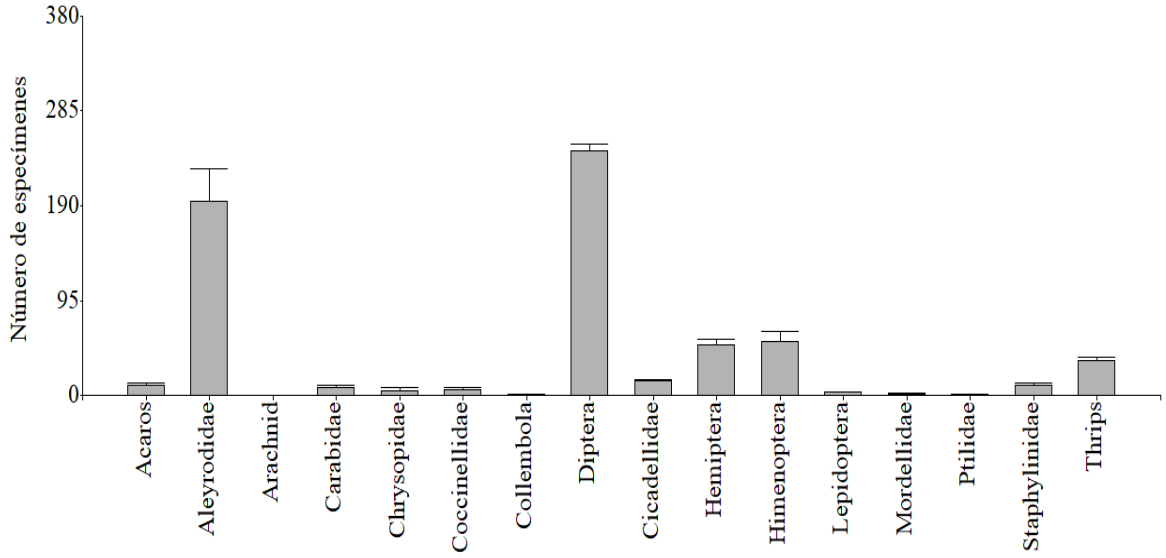
Dinámica poblacional de insectos del monocultivo de fréjol de 5 hileras



Finalmente, en la figura 30 correspondiente al cultivo de aguacate, se puede observar un predominio de Diptera y Aleyrodida, lo que indica condiciones de presencia de insectos fitófagos asociados al dosel del cultivo. Por otro lado, los enemigos naturales como Chrysopidae y Coccinellidae muestran bajas poblaciones, que implican un control biológico escaso y posible riesgo de aumento de plagas.

Figura 29

Dinámica poblacional de insectos en cultivo de aguacate



Las diferencias altamente significativas observadas en la dinámica poblacional de insectos indican que el sistema de manejo del cultivo de fréjol influye de manera determinante en la abundancia y composición de la entomofauna asociada. Los tratamientos FrN3 y FrN2, correspondientes a fréjol sin asociación, registraron las mayores capturas de insectos, mientras que los tratamientos establecidos en callejones de aguacate presentaron valores significativamente menores. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Li et al. (2023), quienes señalan que la estructura del sistema de cultivo modifica la actividad y distribución de insectos capturados mediante trampas cromáticas, especialmente en leguminosas como el fréjol. La predominancia de Diptera y Aleyrodidae coincide con lo descrito por Halerimana et al. (2024), quienes identifican a la mosca blanca (Bemisia tabaci) y otros insectos voladores como los grupos más abundantes en el cultivo de fréjol, debido a su alta movilidad y afinidad por el color amarillo. Sin embargo, la menor abundancia registrada en los tratamientos asociados con aguacate sugiere que la sombra parcial y las modificaciones microclimáticas generadas por los callejones agroforestales podrían limitar la actividad de vuelo y la atracción visual de estos insectos, reduciendo así las capturas en las trampas.

4.1.12 Análisis económico de la producción de fréjol

El análisis económico del cultivo de fréjol evidenció diferencias en los costos de producción, rendimiento y rentabilidad entre los tratamientos evaluados. El mayor costo de producción correspondió al tratamiento N3, con 1314.94 USD ha^{-1}, mientras que N2 presentó un costo ligeramente menor de 1253.34 USD ha^{-1}, diferencia atribuida principalmente al mayor costo de semilla, costales e interés de capital en N3. En cuanto al rendimiento, N3 alcanzó 2234.6 kg ha^{-1}, superando ampliamente a N2, que registró 927.3 kg ha^{-1}. Este comportamiento se reflejó directamente en los ingresos económicos, que fueron de 1787.68 USD ha^{-1} para N3 y de 741.84 USD ha^{-1} para N2. Como resultado, N2 presentó una utilidad negativa de –511.50 USD ha^{-1} y una relación beneficio/costo de 0.59, lo que indica inviabilidad económica. Por el contrario, N3 obtuvo una utilidad positiva de 472.74 USD ha^{-1} y una relación beneficio/costo de 1.36, evidenciando que este tratamiento fue económicamente rentable con un 35.95% como muestra la Tabla 19.

Tabla 19

Análisis económico del cultivo de fréjol en kg ha^{-1}

Tratamiento	Costos de producción (USD)	Rendimiento (kg)	Ingresos (USD)	Utilidad	Relación B/C	Rentabilidad (%)
N2	1253.34	927.3	741.84	-511.5	0.59	-40.81
N3	1314.94	2234.6	1787.68	472.74	1.36	35.95

Aun que en unos de los tratamientos existe una rentabilidad del 35.95%, otros autores presentan rentabilidades superiores de acuerdo a los tratamientos, siendo el valor mínimo de 138.23% de rentabilidad y el valor máximo de 296.02% (Mendoza, 2023). Por otra parte, con valores similares a los de la presente investigación Ugalde et al. (2011), exponen datos de relación B/C de 1.20 y 1.80. Así también un estudio enfocado en caracterizar el sistema de producción del frejol rosado desde el punto de vista técnico y económico describe la relación B/C de 1.43 y una rentabilidad del 43% (Borja et al., 2018). Los tratamientos tanto de los autores mencionados como los tratamientos de la presente investigación (N3) son rentables, esto significa que se recupera el monto invertido y además genera ganancias a los productores.

4.1.13 Análisis económico de la producción de aguacate

El análisis económico de la producción de aguacate mostró diferencias en el rendimiento, ingresos y rentabilidad entre los tratamientos evaluados, pese a presentar costos de producción similares. Los costos oscilaron entre 3637.26 y 3687.86 USD ha⁻¹, siendo N2 el tratamiento con la mayor inversión y N1 el de menor costo. En cuanto al rendimiento, N2 registró el valor más alto con 14 135.6 kg ha⁻¹, seguido de N3 con 13 509.7 kg ha⁻¹, mientras que N1 presentó el menor rendimiento con 8413.6 kg ha⁻¹. Este comportamiento se reflejó directamente en los ingresos, donde N2 alcanzó 7067.8 USD ha⁻¹, superando a N3 (6754.85 USD ha⁻¹) y N1 (4206.8 USD ha⁻¹). Respecto a la utilidad económica, N2 obtuvo el mayor valor con 3379.94 USD ha⁻¹, seguido de N3 con 3072.71 USD ha⁻¹, mientras que N1 presentó la menor utilidad (569.54 USD ha⁻¹). Finalmente, la relación beneficio/costo fue mayor en N2 (1.92), evidenciando que este tratamiento fue el más rentable con un 91.65% para la producción de aguacate como muestra la tabla 20.

Tabla 20

Análisis económico del cultivo de aguacate en kg ha^{-1}

Tratamiento	Costos de producción (USD)	Rendimiento (kg)	Ingresos (USD)	Utilidad	Relación B/C	Rentabilidad (%)
N1	3637.26	8413.6	4206.8	569.54	1.16	15.66
N2	3687.86	14135.6	7067.8	3379.94	1.92	91.65
N3	3682.14	13509.7	6754.85	3072.71	1.83	83.45

Algunos autores como Vásquez & García (2021),, realizaron experimentos para evaluar la rentabilidad en el cultivo de aguacate en períodos anuales en la provincia del Oro, la investigación se llevó a cabo por 6 años, en los cuales arrojaron ganancias a partir del cuarto año, presentando datos de rentabilidad entre 56% en el cuarto año hasta 122% en el sexto año. Por otra parte (Franco et al., 2018), presenta valores de entre 14% hasta 158% de rentabilidad, siendo este primero similar al obtenido en el N1 en la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten llegar a las siguientes conclusiones:

El sistema de producción de fréjol bajo callejones con aguacate influyó significativamente en el comportamiento agronómico del cultivo, reduciendo el porcentaje de germinación en comparación con el sistema sin callejones. No obstante, este efecto no se estableció en función de la densidad de siembra.

La altura del fréjol fue significativamente mayor en los tratamientos con callejones, especialmente a partir de los 45 días posteriores a la siembra, lo que evidencia que este sistema genera un microclima favorable para el crecimiento vegetativo del cultivo.

La incidencia y la severidad en cuanto al gusano masticador presente en el fréjol disminuyeron de manera significativa con la inclusión de callejones, particularmente en combinación con densidades altas; de manera complementaria, la dinámica poblacional de insectos evidenció mayores capturas en los sistemas de fréjol en monocultivo y menores poblaciones en los tratamientos intercalados con aguacate, lo que demuestra que el arreglo espacial del sistema contribuye a un manejo fitosanitario más eficiente y a una mayor estabilidad ecológica.

El rendimiento de grano y de vainas del fréjol estuvo determinado por la interacción entre densidad y nivel de sombra, siendo la combinación de alta densidad y baja sombra la que permitió alcanzar los mayores rendimientos (5419 kg ha^{-1}) en el sistema intercalado.

En el cultivo de aguacate, la densidad del fréjol no influyó significativamente en el rendimiento por hectárea; sin embargo, se observó que los tratamientos en callejones con cultivo de fréjol de tres y cinco hileras presentaron una diferencia de 6 Ton con respecto al cultivo de aguacates sin hileras de fréjol, así como una menor severidad de gusano masticador en densidades altas, lo que indica un efecto positivo del sistema intercalado sobre el microclima del cultivo perenne.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento en callejones de aguacates con 5 hileras de fréjol resultó rentable en un 36 % para el cultivo de fréjol, mientras que el cultivo en callejones con 3 hileras de fréjol no resultó viable económicamente. En el cultivo de aguacate, el cultivo en callejones con 3 hileras de fréjol presentó la mayor rentabilidad (91.65 %), lo que confirma

que el sistema de callejones fréjol–aguacate es una alternativa productiva y económicamente factible cuando se maneja adecuadamente la densidad.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el sistema de callejones fréjol–aguacate, ya que favorece el crecimiento del cultivo, reduce la incidencia de plagas y enfermedades y mejora la estabilidad del agroecosistema.

Para disminuir la reducción en la germinación del fréjol en sistemas con callejones, se sugiere mejorar las prácticas de siembra, mediante una adecuada preparación del suelo y el uso de semilla de calidad.

Se recomienda emplear densidades altas de siembra combinadas con niveles bajos de sombra, ya que esta interacción permitió obtener los mayores rendimientos en el cultivo de fréjol.

Es aconsejable realizar podas periódicas en los árboles de aguacate para regular la sombra y favorecer la entrada de luz al cultivo intercalado.

Se sugiere priorizar el tratamiento N3 de (callejones con 5 hileras de fréjol) para el fréjol y el tratamiento N2 de (callejones con 3 hileras de fréjol) para el aguacate, considerando su mayor rentabilidad económica dentro del sistema productivo.

Se recomienda realizar futuros ensayos con otras variedades de fréjol y en períodos más prolongados, ya que los cambios productivos y fisiológicos en el cultivo de aguacate requieren un mayor tiempo de monitoreo para ser evaluados con mayor precisión.

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2022). *Agroecología, policrisis global y la transformación de los sistemas alimentarios*.

Alves, L., Resende, W., Teixeira, C., De Sousa, A., Ribeiro, P., Gonçalves, F., Alves, L., de Carvalho, W., Teixeira Silva, C. L., de Sousa Almeida, A. C., Ribeiro da Cunha, P. C., & Gonçalves de Jesus, F. (2018). Resistance of common bean (Phaseolus vulgaris) cultivars to Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, *44*(1), 12–18. https://doi.org/10.25100/SOCOLEN.V44I1.6531

Ávila, G., Téliz, D., Mora, G., Vaquera, H., & Tijerina, L. (2003). *Spatial and Temporal Dynamic of Scab (Sphaceloma perseae Jenk.) on Avocado (Persea americana Mill)*. *21*(2), 152–160. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221209

Baye, E., Ebirahim, Z., Kasahun, N., Wasyihun, N., Siyum, K., Yachiso, D., Tiruneh, Z., & Fekadu, B. (2020). Effects of Planting Depth on Germination and Growth of Faba Bean (Vicia faba L.) at Fitche, Oromia National Regional State, Central Ethiopia. *American Journal of Agriculture and Forestry*, *8*(3), 58. https://doi.org/10.11648/J.AJAF.20200803.11

Bedoya, E., Julca, A., Bedoya, E., & Julca, A. (2025). Comportamiento del cultivo de aguacate (Persea americana Mill.) en "fincas tipo" en Moquegua, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *27*, e27681. https://doi.org/10.18271/RIA.2025.681

Berducido, R. (2022). *EFECTO DE DOS FUENTES Y TRES DOSIS DE ZINC EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AGUACATE VARIEDAD HASS EN SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA*. https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiwevg/Tesis/2022/06/17/Berducido-Raul.pdf

Bone, J., & Martínez, L. (2020). *"Producción de tres variedades de fréjol Phaseolus vulgaris L. en asociación con el cultivo de Café."*. Ecuador : La Maná : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6923

Borja, M., Osuna, E., Arellano, S., García, R., & Martínez, M. (2018). COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN CONDICIONES DE TEMPORAL CON TECNOLOGÍA TRADICIONAL Y RECOMENDADA. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *41*(4), 443–450. https://doi.org/10.35196/RFM.2018.4.443-450

Casanova, F., Lara, L., Dzib, B., Caamal, J., Ramírez, P., Cetzal, W., & Estrada, H. (2023). Alley cropping agroforestry systems change weed community composition and reduce

dominant weed species associated with corn in southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *350*, 108471. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2023.108471

Cedano, J., De la Rosa, D., Sánchez, A., & Oviedo, F. (2000). Fraccionamiento de nitrógeno en frijol (phaseolus vulgaris l.) en el valle de san juan. *Agronomía Mesoamericana*, *11*(1), 151–154. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711122

Cevallos, S. (2016). *Comportamiento agronómico del fréjol (phaseolus vulgaris L.) variedad rojo del valle, en monocultivo y en sistemas agroforestales en la parroquia Peñaherrera - cantón Cotacachi*. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5339

Da Costa, R., Dos Santos, J., Sousa, L., De Sousa, G., Rodrigues, L., Da Silva, J., & Dos Santos, A. (2019). Leguminous Alley Cropping Improves the Production, Nutrition, and Yield of Forage Sorghum. *Agronomy 2019, Vol. 9, Page 636*, *9*(10), 636. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9100636

De la Vega, A., & Merino, L. (2021). Socio-Environmental Impacts of the Avocado Boom in the Meseta Purépecha, Michoacán, Mexico. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 7247*, *13*(13), 7247. https://doi.org/10.3390/SU13137247

Defáz, C. (2024). *EVALUACIÓN DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (Persea americana Mill), CANTÓN ANTONIO ANTE, IMBABURA*. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/16294/2/03%20AGP%20435%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Diaz, M. (2021). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE FRÉJOL MIXTURIADO (Phaseolus vulgaris L.) MIXTURIADO BAJO UN SISTEMA AGROECOLÓGICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL, LA PRADERA.*

Dorantes, L., Parada, L., & Ortiz, A. (2004). *AVOCADO Post-harvest Operations*.

Emire, A., Demise, S., & Giri, T. (2021). GROWTH AND YIELD PERFORMANCE OF AVOCADO (PERSEA AMERICANA) FRUIT TREE VARIETIES AT MIDLAND AGROECOLOGY OF GUJI ZONE, SOUTHERN ETHIOPIA. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH AND REVIEW (IJARR)*, *6*(9), 7–15. https://ijarr.org/index.php/ijarr/article/view/606

Flores, A. (2012). *Análisis de tecnologías agroforestales (cultivo en callejones y multiestratos) con higuerilla, maíz y calabaza en Zaachila, Oaxaca*. Universidad Autónoma Chapingo. http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/571

Fornos, D., & Meza, J. (2001). *Comparación del efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) establecido en callejones de madero negro (Gliricidia sepium) y convencional*.

Franco, M., Leos, J., Salas, J., Acosta, M., & García, A. (2018). Analysis of costs and competitiveness in avocado production in Michoacán, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *9*(2), 391–403. https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V9I2.1080

GAD Cotacachi. (2023). *GAD Municipal Santa Ana de Cotacachi*. https://cotacachi.gob.ec/

Garcés, F., Olmedo, I., Garcés, R., & Díaz, T. (2015). Potencial agronómico de 18 líneas de fréjol F6 en Ecuador. *Idesia (Arica)*, *33*(2), 107–118. https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000200013

Garrett, H., Wolz, K., Walter, D., Godsey, L., & McGraw, R. (2022). Alley Cropping Practices. In *North American Agroforestry: Third Edition* (pp. 163–204). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/9780891183785.ch7

GPI. (2021). *Diagnóstico y Propuestas de Estrategias Sostenibles para mejorar las Unidades Productivas Agropecuarias Familiares Campesinas de Imbabura.*

Granda, V., & Adelmo, R. (2020). *COMPORTAMIENTO MORFO-AGROPODUCTIVO DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRÉJOL COMÚN (PHASEOLUS VULGARIS) EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA GRANJA SANTA INÉS*.

Guamán, R., Andrade, C., & Alava, J. (2004). *Guía para el cultivo de fréjol en el Litoral ecuatoriano*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1996

Guerra, A., López, S., Rodríguez, I., Hernández, H., Solares, E., Vargas, G., & Atencio, R. (2023). EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF COLOR STICKY TRAPS IN SAMPLING TIME FOR THE CAPTURE OF Aeneolamia spp. (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) AND ARTHROPODS PRESENT IN SUGAR CANE IN PANAMA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *26*. https://doi.org/10.56369/tsaes.4848

Habte, A., Kassa, M., & Sisay, A. (2016). Maize (Zea mays L.) -Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Intercropping Response to Population Density of Component Crop in Wolaita Zone Southern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, *6*(15), 69–74. https://iiste.org/Journals/index.php/JNSR/article/view/32225

Hailu, G., Niassy, S., Zeyaur, K. R., Ochatum, N., & Subramanian, S. (2018). Maize–legume intercropping and push–pull for management of fall armyworm, stemborers, and striga in Uganda. *Agronomy Journal*, *110*(6), 2513–2522. https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0110

Halerimana, C., Kyamanywa, S., & Otim, M. (2024). The Effect of Spray Regimes on the Population Dynamics of Selected Field Pests and Their Effect on Grain Yield and Yield Components of Common Bean in Uganda. *Insects* , *15*(12), 976. https://doi.org/10.3390/INSECTS15120976/S1

Harrison, R., Banda, J., Chipabika, G., Chisonga, C., Katema, C., Mabote, D., Nyirenda, S., & Tembo, H. (2022). Low Impact of Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Across Smallholder Fields in Malawi and Zambia. *Journal of Economic Entomology*, *115*(6), 1783. https://doi.org/10.1093/JEE/TOAC113

Hoddle, M. S., & Van Driesche, R. G. (2009). Biological Control of Insect Pests. *Encyclopedia of Insects*, 91–101. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00033-3

Ikemoto, M., Kuramitsu, K., Sueyoshi, M., Seguchi, S., & Yokoi, T. (2021). Relative trapping efficiencies of different types of attraction traps for three insect orders in an agricultural field. *Applied Entomology and Zoology*, *56*(3), 393–405. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13355-021-00748-4

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2013). *CAUPÍ INIA 432 - VAINA VERDE*. http://www.inia.gob.pe

Jaque, R., Olaeta, J., & Undurraga, P. (2007). *EFFECT OF SIZE AND HEIGHT OF FRUIT WITHIN THE TREE ON CONTENT OF OIL IN HASS AND FUERTE AVOCADOS (Persea americana Mill.)*. https://www.academia.edu/69703518/EFFECT_OF_SIZE_AND_HEIGHT_OF_FRUIT_WITHIN_THE_TREE_ON_CONTENT_OF_OIL_IN_HASS_AND_FUERTE_AVOCADOS_Persea_americana_Mill_

Jones, A. (2000). *PHASEOLUS BEAN: Post-harvest Operations Organisation: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) www*. www.cgiar.org/ciat

Leclère, D., Obersteiner, M., Barrett, M., Butchart, S. H. M., Chaudhary, A., De Palma, A., DeClerck, F. A. J., Di Marco, M., Doelman, J. C., Dürauer, M., Freeman, R., Harfoot, M., Hasegawa, T., Hellweg, S., Hilbers, J. P., Hill, S. L. L., Humpenöder, F., Jennings, N., Krisztin, T., … Young, L. (2020). Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature 2020 585:7826*, *585*(7826), 551–556. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y

León, J. (2000). *MANUAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE (Persea am ericana) PARA LOS VALLES IN TERANDINO S DEL ■JÚki ECUADOR*.

https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/8d1c0794-a45f-4186-b5ff-821f6f27c421/content

Li, Y., Mbata, G., & Simmons, A. (2023). Population Dynamics of Insect Pests and Beneficials on Different Snap Bean Cultivars. *Insects*, *14*(3), 230. https://doi.org/10.3390/INSECTS14030230

Lindao, V., Jave, Retuerto, M., Ramos, E., & Jinez, P. (2018). Efecto De La Humedad Relativa Y La Temperatura En La Aplicacion De Insecticidas Organofosforados Y Carbamatos E Impacto En La Colinesterasa De Agro Productores De Tomate (Solanum Lycopersicum L.) En La Localidad De "San Luis, Chimborazo, Ecuador. *European Scientific Journal, ESJ*, *14*(24), 204. https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n24p204

Llomitoa, A. (2020). *"Producción de Frejol canario de mata (Phaseolus vulgaris) con tres diferentes dosis de fertilizantes orgánicos en el Recinto Pilancón."* Ecuador : La Maná : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6925

López, M., & Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales*.

Mantino, A., Pecchioni, G., Tozzini, C., Mele, M., & Ragaglini, G. (2023). Agronomic performance of soybean and sorghum in a short rotation poplar coppice alley-cropping system under Mediterranean conditions. *Agroforestry Systems 2023 97:6*, *97*(6), 1025–1039. https://doi.org/10.1007/S10457-023-00845-Z

Maqueira, L., Rojan, O., Solano, J., & Milagros, I. (2021). Germinación de semillas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) a diferentes temperaturas. *Cultivos Tropicales*, *42*(2), 575–582. https://doi.org/10.3738/1982.2278.2870

Matute, C. (2013). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE QUINCE CULTIVARES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL AUSTRO "BULLCAY"; MEDIANTE EL APOYO DE LA INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA CON ENFOQUE DE GÉNERO PARA LA SIERRA SUR DEL ECUADOR.* https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5101/1/UPS-CT002697.pdf?utm_source

Mendoza, D. (2023). *Identificar los efectos de las diferentes dosis del biofertilizante aplicado a cultivos intercalados de maíz (Zea mays L.) y fréjol cuarentón (Phaseolus vulgaris L.)*. Quevedo:UTEQ. https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7008

Ministerio de Agricultura y Ganadería "MAG." (2024). *Manual de manejo productivo de aguacate*.

https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/manual_manejo_productivo_aguacate.pdf

Morales, A., López, C., Kohashi, J., Miranda, S., & García, A. (2015). *Comparación de los componentes del rendimiento en variedades de frijol en condiciones de acidez y humedad residual del suelo en el sur de Veracruz*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792015000400309&script=sci_arttext&utm_source

Nath, T. Kumar. (2016). *Monoculture farming : global practices, ecological impact and benefits/drawbacks*. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781634852128_A49429825/preview-9781634852128_A49429825.pdf

Nkhata, W., Shimelis, H., & Chirwa, R. (2021). Productivity of Newly Released Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Varieties Under Sole Cropping and Intercropping With Maize (Zea mays L.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*, 741177. https://doi.org/10.3389/FSUFS.2021.741177/BIBTEX

Ogecha, J. O., Arinaitwe, W., Muthomi, J. W., Aritua, V., & Obanyi, J. N. (2019). Incidence and Severity of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Pests in Agro-Ecological Zones and Farming Systems of Western Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*. https://doi.org/10.1080/00128325.2019.1599151

Ouaznati, S., El Fakhouri, K., Belkadi, B., Douira, A., El Bouhssini, M., & Touhami, A. (2025). Biosecurity practices and exploratory survey for pests and diseases of avocados in the Gharb-Loukkos region, Morocco. *Acta Horticulturae*, *1*(1422), 391–400. https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2025.1422.47

Peralta, E., Mazón, N., Minchala, L., & Guamán, M. (2013). *FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.) y ARVEJA (Pisum sativum L.) EN LAS PROVINCIAS DE CAÑAR, AZUAY Y LOJA*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30280.11524

Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., Pinzón, J., & Villacrés, E. (2013). *Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas*.

Poerwanto, M., Wicaksono, D., Ulilalbab, A., & Ajri, M. (2024). Diseases and Pests on Avocado Intercropping Plantations with Mango and Durian in Watulembu, Wonogiri. *Agrivet*, *30*(2), 122–130. https://doi.org/10.31315/AGRIVET.V30I2.13049

Ronner, E., Thuijsman, E., Ebanyat, P., Descheemaeker, K., & Giller, K. E. (2021). Intercropping of climbing bean (Phaseolus vulgaris, L.) and East African highland banana

(Musa spp.) in the Ugandan highlands. *Experimental Agriculture*, *57*(1), 1–14. https://doi.org/10.1017/S0014479720000411

Saakshi, Thakur, C., Bhardwaj, D., Sharma, U., Bhatia, A., Sharma, S., Sharma, S., Gudeta, K., AlNadhari, S., & Alansi, S. (2025). Growth and yield responses of common bean (Phaseolus vulgaris L.) to tree lopping and organic manure under Morus-based agri-silvicultural system. *Trees, Forests and People*, *19*, 100745. https://doi.org/10.1016/J.TFP.2024.100745

Salaheen, S., & Biswas, D. (2019). Organic Farming Practices: Integrated Culture Versus Monoculture. *Safety and Practice for Organic Food*, 23–32. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812060-6.00002-7

Sanchez, L. W. L., & Chicaiza, J. (2011). Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (15), 193–210. https://doi.org/10.17141/EUTOPIA.15.2019.3875

Sangerman, D., Larqué, B., Omaña, J., Shwenstesius de Rinderman, R., & Navarro, A. (2014). Tipología del productor de aguacate en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *5*(6), 1081–1095. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Santalla, M., Rodio, A., Casquero, P., & De Ron, A. (2001). Interactions of bush bean intercropped with field and sweet maize. *European Journal of Agronomy*, *15*(3), 185–196. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00104-6

Santillán, T. (2020). *EVALUACIÓN DEL CONTROL DEL LORITO VERDE (Empoasca fabae L.), CON EL USO DE EXTRACTOS DE HIGUERILLA (Ricinus communis L.) EN EL CULTIVO DEL FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL "LA PRADERA*.

Serra, G., Barbero, G., Barcenilla, M., & Arguello Caro, E. B. (2023). Trampas cromáticas para monitoreo de pulgones y trips en lechuga (Lactuca sativa L.) en el Cinturón Verde de Córdoba, Argentina. *AgriScientia*, *40*(1), 41–49. https://doi.org/10.31047/1668.298X.V1.N40.35653

Serrano, J., & Goñi, I. (2004). *Papel del frijol negro Phaseolus vulgaris en el estado nutricional de la población guatemalteca*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100006

Soliman, Y. M., Soliman, W. S., & Abbas, A. M. (2023). Alley Cropping and Organic Compost: An Efficient and Sustainable Agro-Ecological Strategy for Improving Turmeric (Curcuma longa L.) Growth and Attributes. *Agriculture 2023, Vol. 13, Page 149*, *13*(1), 149. https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13010149

Somarriba, R., & Reyes, L. (2022). Efecto de tres arreglos de siembra sobre variables agronómicas, productivas y pato métricas en el cultivo de chiltoma (Capsicum annuum) en camas biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, *8*(16), 1969–1978. https://doi.org/10.5377/RIBCC.V8I16.15126

Sotomayor, A., Viera, W., Viteri, P., Posso, M., Racines, M., González, A., Cho, K., & Villavicencio, A. (2019). *Manual técnico para la producción de plantas injertas*.

Sseruwagi, P., Lehmann, E., Sigombe, P., Ddamulira, G., Van Casteren, J. W., & De Bauw, P. (2025). Characterizing avocado production systems for Ugandan exports: the need for consolidation and support for sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *9*, 1500012. https://doi.org/10.3389/FSUFS.2025.1500012/BIBTEX

Tamayo, P. (2007, May). *Enfermedades del Aguacate | Revista Politécnica*. https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/62

Ugalde, F., Tosquy, O., López, E., & Francisco, N. (2011). PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE FRIJOL CON FERTIRRIEGO EN VERACRUZ, MÉXICO. *Agronomía Mesoamericana*, *22*(1), 29–36. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43721202004

Vargas, Y., Nicolalde, J., Díaz, A., Caicedo, C., & Viera, W. (2018). *Evaluación del cultivo de naranjilla bajo sistema agroforestal tipo callejones con gliricidia (Gliricidia sepium) y flemingia (Fleminga macrophylla)*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5430

Vásquez, R., & García, S. (2021). Techinical–economic study in avocado cultivation, Atahualpa Canton, El Oro Province. *El Oro Province Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *30*(3). https://www.redalyc.org/journal/932/93268280009/93268280009.pdf

Waite, G. (2000). *Horticultural researchand development corporation. Ecology and behaviour of fruitspotting bugs.* https://era.dpi.qld.gov.au/id/eprint/9334/1/Waite%202000%20HG97010.pdf

Xu, H., Bi, H., Gao, L., & Yun, L. (2019). Alley Cropping Increases Land Use Efficiency and Economic Profitability Across the Combination Cultivation Period. *Agronomy 2019, Vol. 9, Page 34*, *9*(1), 34. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9010034

Yimer, T., Abera, G., Beyene, S., & Rasche, F. (2022). Optimizing maize–bean cropping systems for sustainable intensification in southern Ethiopia. *Agronomy Journal*, *114*(6), 3283–3296. https://doi.org/10.1002/AGJ2.21143;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:14350645;WEBSITE:WEBSITE:ACSESS.ONLINELIBRARY.WILEY.COM;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Zhang, F., Zhang, D., Li, L., Zhang, Z., Liang, X., Wen, Q., Chen, G., Wu, Q., & Zhai, Y. (2023). Effect of Planting Density on Canopy Structure, Microenvironment, and Yields of Uniformly Sown Winter Wheat. *Agronomy 2023, Vol. 13*, *13*(3). https://doi.org/10.3390/agronomy13030870

ANEXOS

El siguiente anexo presenta un desglose integro y exhaustivo de los costos de producción, establecidos en un número concreto, que ha sido determinado para el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) cultivo de ciclo corto y aguacate (*Persea americana* M) cultivo de ciclo perenne.

Análisis económico del cultivo de fréjol

Anexo 1 *Costo de producción por hectárea (USDha^{-1}) para el cultivo de fréjol en la comunidad Colimbuela, parroquia Imantag, cantón Cotacachi.*

Análisis económico del cultivo de fréjol				
Rubros	**N2 Callejón**	**N3 Callejón**	**N2 Testigo**	**N3 Testigo**
Costos directos				
Preparación de suelo				
Limpieza de restos	30	30	30	30
Arado	30	30	30	30
Surcado	20	20	20	20
Manejo del cultivo				
Semilla fréjol	57,6	96	57,6	96
Siembra	45	45	45	45
Deshierbe	60	60	60	60
Riego gravedad	30	30	30	30
Podas				
Extracto de higuerilla	10	10	10	10
Tricomix	14,4	14,4	14,4	14,4
Compost	200	200	200	200
Mano de obra	30	30	30	30
Cosecha				
Cosecha	150	150	150	150
Flete	40	40	40	40
Costales	11,4	27	11,4	27
Costos indirectos				
Arriendo de terreno	350	350	350	350
Interés de Capital	61	63	61	63
Subtotal	1139,4	1195,4	1139,4	1139,4
Imprevistos 10%	113,94	119,54	1139,4	119,54
Total	1253,34	1314,94	1253,34	1314,94
Rendimiento kg ha^{-1}	1120,5	2353,2	734	2116
Ingresos $$	896,4	1882,56	587,2	1692,8
Utilidad $$	-356,94	567,62	-666,14	377,86
Costo-beneficio	0,72	1,43	0,47	1,29

Anexo 2 *Costo de producción por hectárea (USDha^{-1}) para el cultivo de aguacate en la comunidad Colimbuela, parroquia Imantag, cantón Cotacachi.*

Análisis económico del cultivo de aguacate			
Rubros	**N1**	**N2**	**N3**
Costos directos			
Preparación de suelo			
Limpieza de restos	90	90	90
Arado	50	50	50
Surcado	40	40	40
Manejo del cultivo			
Semilla	0	0	0
Siembra	0	0	0
Deshierbe	120	120	120
Riego gravedad	45	45	45
Podas	75	75	75
Extracto de higuerilla	20	20	20
Tricomix	14,4	14,4	14,4
Compost	400	400	400
Mano de obra	60	60	60
Cosecha			
Cosecha	90	90	90
Flete	80	80	80
Costales	67,2	113,2	108
Costos indirectos			
Arriendo de terreno	2000	2000	2000
Interés de Capital	155	155	155
Subtotal	3306,6	3352,6	3347,4
Imprevistos 10%	330,66	335,26	334,74
Total	3637,26	3687,86	3682,14
Rendimiento kg ha^{-1}	8413,6	14135,6	13509,7
Ingresos $$	4206,8	7067,8	6754,85
Utilidad $$	569,54	3379,94	3072,71
Costo-beneficio	1,16	1,92	1,83