



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma.

Autora:
Toaquiza Oñate Karen Lisbeth

Tutora:
López Castillo Guadalupe de las Mercedes

LATACUNGA- ECUADOR

JULIO 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Toaquiza Oñate Karen Lisbeth, con cédula de ciudadanía No. 0550446983, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025.”**, siendo la Ingeniera Mg. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 21 de julio del 2025



Karen Lisbeth Toaquiza Oñate

C.C: 0550446983

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TOAQUIZA OÑATE KAREN LISBETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0550446983** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Abril 2025 – Agosto 2025

Tutora: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”**.

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de julio del 2025.

Karen Lisbeth Toaquiza Oñate
LA CEDENTE


Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025.”, de Toaquiza Oñate Karen Lisbeth, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 21 de Julio del 2025


Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.
C.C: 1801902907
DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Toaquiza Oñate Karen Lisbeth, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 21 de Julio del 2025



Ing. Mercy Lucila Ibbay Yupa, PhD.

C.C: 0604147900

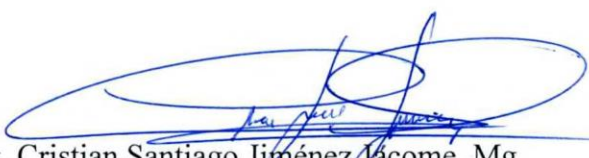
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Jorge Fabian Troya Sarzosa, PhD.

C.C: 0501645568

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

C.C: 0501946263

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar un agradecimiento especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por permitirme estudiar en sus instalaciones y desarrollar un entorno académico en el cual complete mi formación académica.

Por el apoyo incondicional que me brindaron durante todo este proceso investigativo y compartirme sus conocimientos y experiencias, ya que han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

A mi tutora la Ing. Guadalupe López Castillo le agradezco por su orientación, esfuerzo y apoyo, el tiempo y paciencia que ha invertido en el proceso de esta investigación ya que, ha sido fundamental para la culminación exitosa de la presente investigación.

A toda mi familia por brindarme su apoyo moral y económico, y en especial a mis padres por ser un gran apoyo excepcional, ya que, me han brindado apoyo y amor incondicional, y por todo el esfuerzo que han dedicado en mi proceso académico.

A mis amigos Lisseth Oña, Daysi Baltazaca y Steeven Morales por brindarme su amistad y compañía en cada momento compartido, gracias por su amistad incondicional y hacer que todo este proceso haya sido más llevadero y bonito.

Karen Lisbeth Toaquiza Oñate

DEDICATORIA

El presente proyecto de Titulación se la dedico principalmente a Dios quien me ha guiado en todas las etapas de mi vida, por concederme fuerza en momentos difíciles, sabiduría y esperanza en cada nuevo comienzo, y a mis padres Arturo Toaquiza y Silvia Oñate por todo el apoyo y amor que me ha brindado en todo mi proceso formativo, esta tesis es un reflejo de su amor y apoyo incondicional.

A mi mejor amiga Lisseth Oña por siempre apoyarme moralmente con sus consejos y no permitirme decaer en momentos difíciles, a mi hermano Jose por ser un hermano increíble por su apoyo y amor incondicional.

Y a todas las personas que me acompañaron y estuvieron presentes en esta etapa de mi vida.

Karen Lisbeth Toaquiza Oñate

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE

LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”.

Autora:

Toaquiza Oñate Karen Lisbeth

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de las asociaciones de leguminosas (chocho, arveja y fréjol) en el cultivo de maíz (*Zea mays*), en combinación con diferentes dosis de abonadura orgánica (0, 2,5, 5 y 10 t/ha), sobre variables agronómicas clave y parámetros físicos del suelo. El estudio se ejecutó en el sector Tandalivi, Latacunga, provincia de Cotopaxi, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 16 tratamientos y 3 repeticiones en donde 16x3 me da un, total de 48 unidades experimentales. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, días a la floración, número de nódulos radiculares, días a la cosecha en verde y análisis del suelo. Se aplicaron herramientas estadísticas como ANOVA y pruebas de Tukey al 5%, utilizando el software InfoStat para procesar los datos. El experimento se estructuró con un manejo agronómico homogéneo, monitoreo constante, control de malezas manual y aplicación de fertilización orgánica, garantizando condiciones estables para medir el efecto de los tratamientos. Los resultados mostraron que el factor A (asociaciones) tuvo influencia significativa en la altura de planta a partir de los 60 días del tratamiento MCH con una altura de (57,60) incrementándose progresivamente hasta alcanzar diferencias relevantes a los 90 días con una altura de (127,22) y a los 120 días con una altura de (188,78), destacando el tratamiento MCH (maíz-chocho) por su mayor altura final. En cuanto al número de nódulos, MCH presentó la media más alta (13,25), con diferencias estadísticamente significativas frente a las demás asociaciones. También se evidenció que el factor B (dosis) fue significativo en etapas iniciales del crecimiento con un valor de (16,24) del tratamiento (MF d4), mientras que la interacción AxB impactó en variables como días a la floración y cosecha en verde, sugiriendo que la combinación entre asociaciones y dosis influye en la fenología y rendimiento de los cultivos. El análisis de suelo inicial en materia orgánica en cuanto a Ph inial de 6,24 y el final 6,6 en el mismo tratamiento fue de 0,88g/mg y al final con 1,7 en el T2 (MCH 10t/ha), en el mismo tratamiento el pH inial 6,24 y el final 6,6; en cuanto al nitrógeno inicial con 0,22g/100mg y el final con 0,39g/100mg; en fosforo el inicial con 20,24 y al final 30 y potasio inicial con 0,29 y final con 0,44 en el mismo tratamiento. Confirmando la efectividad de las asociaciones y el uso de abono orgánico en la restauración edáfica, lo que justifica la implementación de prácticas agroecológicas como las asociaciones evaluadas. En conjunto, los resultados respaldan la efectividad del uso combinado de leguminosas y fertilización orgánica para mejorar el desarrollo del cultivo de maíz y restaurar condiciones edáficas degradadas por el monocultivo.

Palabra clave: Fenología del cultivo, Sistemas agroecológicos, Restauración edáfica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

NATURE RESOURCES AND AGRICULTURAL SCIENCES FACULTY

THEME: "ASSESSMENT OF THE IMPACT OF LEGUME ASSOCIATIONS ON

MAIZE (*Zea mays*) CULTIVATION IN THE TANDALIVI AREA, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025."

Author:

Toaquiza Oñate Karen Lisbeth

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of legume associations (chocho, pea, and common bean) on maize (*Zea mays*) cultivation, combined with four rates of organic amendment (0, 2.5, 5, and 10 t/ha), on key agronomic traits and soil physical-chemical parameters. The experiment took place in the Tandalivi sector of Latacunga, Cotopaxi province, using a randomized complete block design with 16 treatments and three replications, for a total of 48 experimental units. Measured variables included plant height, days to flowering, number of root nodules, days to green-cob harvest, and soil properties. Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test at 5% significance, using InfoStat software. Uniform agronomic management—constant monitoring, manual weed control, and standardized organic fertilization—ensured stable conditions for assessing treatment effects. The association factor (A) significantly affected plant height from 60 days after emergence. The maize–chocho treatment (MCH) reached 57.60 cm at 60 days, increasing to 127.22 cm at 90 days and 188.78 cm at 120 days, making MCH the tallest final stand. For nodulation, MCH also recorded the highest mean number of root nodules (13.25), significantly exceeding the other associations. The fertilization rate factor (B) was significant during early growth, with the maize–common bean treatment at 10 t/ha registering a mean height of 16.24 cm. Moreover, the A×B interaction influenced phenological variables—days to flowering and green-cob harvest—indicating that specific combinations of legume association and amendment rate modulate crop development and yield potential. Soil analysis of the MCH treatment with 10 t/ha (T2) showed organic matter content rising from 0.88 to 1.70 g/100 mg and pH increasing from 6.24 to 6.60. Total nitrogen increased from 0.22 to 0.39 g/100 mg; available phosphorus rose from 20.24 to 30.00 mg/kg; and exchangeable potassium from 0.29 to 0.44 cmol(+) kg⁻¹. These results confirm that integrating legume associations with organic fertilization enhances maize growth and contributes to the restoration of soils degraded by continuous monoculture, supporting the adoption of agroecological practices.

Keywords: Crop phenology, Agroecological systems, Edaphic restoration

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
3. PROBLEMÁTICA	3
4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	5
5. OBJETIVOS:.....	7
5.1 Objetivo General	7
5.2 Objetivos Específicos	7
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	8
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉORICA.....	8
7.1. Origen.....	8
7.2. Importancia del maíz.....	9
7.3. Distribución geográfica.....	10
7.4. Aporte de las leguminosas.....	10
7.5. Características Botánicas.....	11
7.5.1. Clasificación Taxonómica.....	11
7.5.2. Fruto	11
7.5.3. Flores	12
7.5.4. Hojas.....	12
7.5.5. Tallos.....	12
7.5.6. Raíces	12

7.6. ETAPAS FENOLÓGICAS.....	13
7.6.1. Desarrollo vegetativo	13
7.6.2. Desarrollo Reproductivo	13
7.7. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS.....	13
7.7.1. Climáticos.....	13
7.7.2. Suelo.....	14
7.7.3. Temperatura.....	14
7.7.4. Agua	14
7.7.5. pH	15
7.8. Factores bióticos que afectan el cultivo del maíz (enfermedades).....	15
7.8.1. Tizón Foliar	15
7.8.2. Roya común del maíz	15
7.8.3. Complejo de pudriciones de mazorca	15
7.8.4. Virus del rayado fino del maíz	16
7.9. MANEJO DEL CULTIVO	16
7.9.1. Siembra.....	16
7.9.2. Rascadillo	17
7.9.3. Aporque	17
7.9.4. Fertilización Orgánica	17
7.10. Preparación del suelo	17
7.10.1. Preparación del suelo.....	17
7.10.2. Método de siembra	18
7.10.3. Control de maleza.....	18
7.10.4. Cosecha	18
7.11. Postcosecha	19
7.12. Variables agronómicas y morfológicas	19

7.12.1. Altura de planta	19
7.12.2. Días a la floración.....	19
7.12.3. Numero de nódulos radiculares	20
7.12.4. Días a la cosecha en verde.....	20
7.12.5. Análisis de suelo.....	21
7.13. Factores a considerar.....	21
7.13.1. Longitud y diámetro de la mazorca.....	22
7.14. Factores abióticos que afectan el cultivo del maíz.....	22
7.14.1. Temperatura.....	22
7.14.2. Precipitación.....	22
7.14.3. Fertilidad del suelo	22
7.14.4. Estrés hídrico.....	23
7.14.5. Tolerancia.....	23
8. HIPÓTESIS	23
9. DATOS A EVALUAR.....	24
9.1 Altura de planta	24
9.2 Días de la aparición de la inflorescencia	24
9.4 Días de la cosecha en verde.....	25
9.5 Análisis de suelo.....	25
10. Materiales	25
11. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	27
11.1 Área del estudio.....	27
11.2 Modalidad básica de investigación	28
11.2.1 Campo	28
11.2.2 Bibliografía Documental	28
12. Tipo de Investigación	28

12.1 Experimental	28
12.2 Cuantitativa	28
13. Manejo específico del experimento	29
13.1 Identificación del área de estudio.....	29
13.2 Diseño de bloque alazar	29
14. Especificaciones del campo experimental	29
14.1 Diseño experimental.....	29
14.2 Factores a evaluar	29
14.3 Esquema de ADEVA.....	30
14.4 Tratamientos.....	30
14.5 Especificaciones del Campo experimental.....	31
15. MATERIALES Y METODOS DE RECOLECCION DE DATOS	31
15.1 Observación visual	31
15.2 Elección de muestras	32
15.3 Registro de datos	32
15.4 Análisis Estadístico	32
16. MANEJO Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	32
16.2 Preparación de la dosificación de abono	33
16.3 Distribución de los tratamientos en las parcelas	33
16.4 Abono	33
16.5 Siembra.....	33
17. LABORES CULTURALES.....	34
17.1 Control de maleza.....	34
17.3 Riego	34
17.4 Monitoreo y evaluación de variables.....	34
18.1 Resultados y Discusión	35

18.1.2 Días a la Floración.....	41
18.1.3 Número de Nódulos.....	44
18.1.4 Cosecha en verde.....	46
19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
19.2 RECOMENDACIONES.....	52
20. Bibliografía.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	8
Tabla 2. Clasificación Taxonómica	11
Tabla 3. Factores a considerar para altura de planta	21
Tabla 4. Características del área de estudio	28
Tabla 5. Tratamientos utilizados en el Ensayo	30
Tabla 6. Tratamientos utilizados en el Ensayo	30
Tabla 7. ADEVA para altura de planta a los 30 días	36
Tabla 8. Prueba de Tukey al 0,05% del factor B (dosis) en altura de planta a los 30días	36
Tabla 9. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A*B (asociaciones*dosis) en altura de planta a los 30días	37
Tabla 10. ADEVA para altura de planta a los 60 días	38
Tabla 11. Medias para el factor A en altura de planta a los 60d	38
Tabla 12. ADEVA para altura de planta a los 90 días	39
Tabla 13. Medias para el factor A en altura de planta a los 90d	40
Tabla 14. Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 120d	40
Tabla 15. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A en altura de planta a los 120d	41
Tabla 16. Prueba de Tukey al 0,05% del factor B en altura de planta a los 120d	42
Tabla 17. Análisis de varianza para días a la floración.....	42
Tabla 18. Prueba de Tukey al 0,05% para factor A, días a la Floración	43
Tabla 19. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A*B de días a la Floración	44
Tabla 20. Análisis de varianza para número de nódulos	45

Tabla 21. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A de número de Nódulos	45
Tabla 22. Medidas para el factor A*B de numero de Nódulos	46
Tabla 23. Análisis de varianza para cosecha en verde de MA (Maíz arveja)	47
Tabla 24. Prueba de Tukey al 0,05% de la cosecha en verde	48
Tabla 25. Prueba de Tukey al 0,05% de la cosecha en verde	49

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfico. 1 Implementación del proyecto, Abonadura y Siembra, Monitoreo constante y riego ..	59
Gráfico. 2 Toma de datos altura de planta, Labores preculturales	59
Gráfico. 3 Numero de nódulos	60
Gráfico. 4 Cosecha en verde	60

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASOCIACIONES DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) SECTOR TANDALIVI, LATACUNGA, COTOPAXI, 2025”.

Fecha de Inicio:

Abril 2025

Fecha de finalización:

Agosto 2025

Lugar de ejecución:

Sector Tandalivi-Hacienda Huayna Limache.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Agronomía.

Proyecto que auspicia: Sustento Andino**Equipo de Trabajo:**

Tutor: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg. Lector

1: Ing. Ilbay Yupa Mercy Lucila, Ph.D

Lector 2: Ing. Troya Sarzosa Jorge, Fabian, Ph.D.

Lector 3: Ing. Jiménez Jacome Cristian Santiago, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Karen Lisbeth Toaquiza Oñate

Teléfono: 0979185310

Correo electrónico: karen.toaquiza6983@utc.edu.ec

Área de conocimiento:

Agricultura – Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuarias

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Se basa en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad y los recursos naturales, basados en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, usos ancestrales de los recursos naturales, la adecuada atención al cambio climático y los ecosistemas frágiles. Permitiendo el desarrollo de planes de manejo, producción, equidad social y conservación del patrimonio natural, así como el uso racional de los recursos naturales para reducir y mitigar riesgos naturales.

Líneas de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología, y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio:

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de colaboración interinstitucional
UTC

2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios de la siguiente investigación es la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la siguiente investigación son Agricultores, Instituciones públicas y asociaciones de productores agrícolas.

3. PROBLEMÁTICA

El monocultivo es una forma de agricultura que se basa en la siembra de un solo tipo de cultivo en un campo. Cuando se habla de monocultivo, es importante señalar que, aunque cada año se plantea un cultivo diferente en una parcela determinada, el concepto de un único cultivo en el campo a la vez se sigue denominando “monocultivo” (Monocultivo En La Industria Agrícola, 2021).

A nivel mundial, la agricultura intensiva basada en monocultivos ha provocado una alarmante degradación de los suelos, afectando su estructura, biodiversidad y capacidad de retención de agua. En Ecuador, el uso continuo de monocultivos como maíz y papa ha reducido notablemente la calidad del suelo, especialmente en regiones de la Sierra (Peralta et al., 2010). Esta práctica reduce el reciclaje de nutrientes y aumenta la dependencia de fertilizantes sintéticos (FAO, 2016).

El monocultivo altera el equilibrio natural de los suelos. Demasiadas unidades de la misma planta en una misma zona del campo agotarán aquellos nutrientes que necesite, lo que hace que disminuyan la variedad de bacterias y microorganismos necesarios para mantener la fertilidad del suelo, de ahí que podamos hablar de agotamiento del suelo por monocultivo. La producción de una sola especie vegetal tiene un efecto negativo en la estructura del suelo subyacente, pues

significa que sólo habrá un tipo de raíz disponible para atrapar la humedad y evitar la erosión del suelo, trabajo que normalmente requiere múltiples tipos de raíces (Monocultivo,2015).

La intensificación del monocultivo en sistemas agrícolas ha generado un deterioro acelerado de la fertilidad del suelo, comprometiendo la sostenibilidad productiva y ambiental a largo plazo. Esta práctica, al fomentar el cultivo de una sola especie en parcelas continuas, limita el reciclaje natural de nutrientes, reduce la diversidad biológica edáfica y agrava fenómenos como la erosión y la compactación del suelo (Sánchez Villaluenga et al., 2024).

Las estrategias de diversificación de cultivos, la agroecología, la capacitación, el apoyo institucional y la restauración ecológica son esenciales para hacer frente a los efectos negativos del monocultivo y promover un sistema agrícola más sostenible y resiliente (Altieri, 2019). El monocultivo hoy en día, se considera una práctica ampliamente utilizada en todo el mundo. En muchos estados de la India, se prefiere el monocultivo de trigo, arroz y otros cultivos, ya que beneficia el crecimiento económico de los agricultores. La gestión de los agroecosistemas desempeña un papel importante en el ciclo del carbono a nivel mundial. El aumento de la población mundial impulsa la intensificación de la producción agrícola (Amundson et al., 2015).

La presente investigación permitirá determinar el aporte de las leguminosas en suelos desgastados por la sobreexplotación de un solo cultivo para de esa manera definir las características agronómicas mediante los tratamientos (asociaciones y dosis de abono), permitiéndonos así obtener una información específica sobre el aporte que genere las leguminosas y su eficiencia, siendo necesario este ensayo para obtener resultados válidos para un mejor estudio, ayudando en la sostenibilidad de conservación de agua, mantener la sostenibilidad alimentaria, ya que son desafíos actuales y futuros que presenta la agricultura (Amundson et al., 2015).

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El uso de leguminosas en cultivos asociados hortícolas puede jugar un importante papel tanto en el ciclo de nutrientes como en el ciclo de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo. Estos efectos dependen de las especies elegidas para la asociación. Un manejo orgánico de los cultivos también tiende a reducir el impacto negativo que tienen los cultivos intensivos (Academy, 2021).

En la provincia de Cotopaxi, considerada una zona agrícola clave del país, investigaciones locales han evidenciado que el uso de leguminosas como kudzu, mucuna y centrosema incrementa la biomasa, el número de nódulos y la cobertura vegetal. Estos efectos se traducen en una mayor actividad microbiana y mejora física del suelo, permitiendo recuperar zonas degradadas por el monocultivo. Esto aporta a la sostenibilidad del sistema agrícola regional y fortalece la seguridad alimentaria (Palomo, 2015).

Ante esta problemática, las leguminosas como arveja (*Pisum sativum*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) se posicionan como cultivos clave para la recuperación del suelo y la sostenibilidad agraria. Estas especies tienen la capacidad de establecer simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, que fijan nitrógeno atmosférico y lo transforman en formas aprovechables por las plantas. Este proceso natural reemplaza, en parte, la necesidad de fertilizantes sintéticos, en suelos tratados con abono orgánico, el chocho puede aportar hasta 69 ppm de nitrógeno, contribuyendo activamente a la nutrición vegetal y al enriquecimiento del suelo (Paste Correa, 2021).

Además, el manejo adecuado de estas leguminosas permite aumentar significativamente la materia orgánica. En estudios realizados en Cotopaxi, la asociación de arveja con gallinaza logró elevar este indicador de 0,70% a 5,85%, lo cual mejora la estructura física del suelo, su capacidad de retención de agua, y promueve el desarrollo de microorganismos beneficiosos. Estos efectos

ayudan a revertir el agotamiento causado por el monocultivo y favorecen la resiliencia del sistema edáfico (Peralta I. et al., 2013).

El chocho, por su parte, destaca por su adaptabilidad a condiciones edáficas limitadas. Puede crecer en suelos pobres sin el uso de agroquímicos y ofrecer un alto contenido nutricional, con hasta 51% de proteína por grano seco, siendo una alternativa valiosa tanto para mejorar los suelos como para fortalecer la seguridad alimentaria. Además, sus raíces profundas y su cobertura vegetal ayudan a reducir la erosión, especialmente en terrenos de ladera (Paste Correa, 2021).

En conjunto, estas leguminosas aportan biomasa, cobertura, nitrógeno y diversidad biológica al suelo, lo cual las convierte en aliadas estratégicas dentro de sistemas de producción sostenible. Su incorporación en asociaciones con cultivos principales como el maíz permite diseñar prácticas agroecológicas más eficientes, resilientes y compatibles con los desafíos climáticos y alimentarios actuales. (Leguminosas, Regeneración Para El Suelo - Vía Orgánica, 2017).

Ante este escenario, las leguminosas emergen como una alternativa agroecológica clave en la recuperación de suelos degradados. Su capacidad para establecer simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, principalmente del género *Rhizobium*, permite enriquecer el contenido de nitrógeno disponible en el suelo sin necesidad de insumos sintéticos. Además, sus residuos vegetales contribuyen al incremento de la materia orgánica, mejorando la estructura física, la retención hídrica y la actividad microbiana del ecosistema edáfico (Intelig8, 2024).

Gracias a la agricultura se logra atender la demanda de alimentos de la población, la actividad agrícola ha incrementado en los últimos años, pero a través del desarrollo de monocultivos, que es desventajosa para la conservación del suelo, por ello surgió la agroecología cuya práctica busca la armonía entre la producción sostenible y conservación del suelo, a través de los policultivos. Ésta promueve la conservación de la biodiversidad y el uso eficiente de los

recursos naturales, disminuye el riesgo de pérdida de cosechas y permite mitigar los daños provocados por plagas (Gómez y Zavaleta, 2001).

El siguiente proyecto de investigación “Evaluación del efecto de la asociación de las especies de leguminosas en el cultivo de maíz (*Zea mays*)”, tiene como objetivo evaluar y determinar qué variedades de asociaciones son más benéficas en los suelos pobres a causa de monocultivos atreves de los años. Los resultados que presente esta investigación se podrán utilizar para guiar a los agricultores quienes no visualizan el problema que conlleva la siembra de un solo cultivo atreves de años provocando así el agotamiento de los recursos naturales del suelo. Los desequilibrios y el agotamiento de nutrientes son resultado de la demanda constante de nutrientes específicos por parte de un solo cultivo, lo que genera estrés en el suelo. El desarrollo de las plantas y la producción agrícola general se ven obstaculizados cuando se cultiva el mismo cultivo continuamente, lo que aumenta el riesgo de déficits nutricionales (Zuo et al., 2003).

5. OBJETIVOS:

5.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de las asociaciones de leguminosas en el cultivo de maíz (*Zea mays*) sector Tandalivi. Latacunga. Cotopaxi. 2025”.

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características agronómicas del cultivo de maíz, en base los tratamientos (asociaciones y dosis de abonadura orgánica).
- Analizar las características físicas del suelo en base a las asociaciones y dosis de abonadura orgánica.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo Específico 1	Actividades	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Determinar las características agronómicas del cultivo de maíz, en base los tratamientos (asociaciones y dosis de abonadura orgánica).	Implementación de las parcelas en campo	Analizar la mejor estrategia.	Fotografías y tablas en Excel.
	Monitoreo y toma de datos de las estrategias utilizadas.		Libro de campo
	Evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas con los diferentes tratamientos utilizados		
Objetivo Específico 2	Actividades	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Analizar las características físicas del suelos en base a las asociaciones y dosis de abonadura orgánica.	Análisis de suelo inicial y final	Una vez implementado el cultivo se evaluó mediante las variables en estudio.	Fotografías y tablas en Excel.
	Toma de datos		

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉORICA

7.1. Origen

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta domesticada en América hace más de 9,000 años y constituye uno de los cultivos más importantes del mundo. Su origen se remonta a la región del sur de México, donde fue domesticado a partir de una gramínea silvestre llamada teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) (Matsuoka et al., 2002). A través de procesos de selección artificial

llevados a cabo por las poblaciones indígenas, el maíz evolucionó desde formas silvestres hasta convertirse en el cereal que conocemos hoy.

Los análisis genéticos confirman que el maíz moderno tiene un origen monofilético, es decir, proviene de un único evento de domesticación, que ocurrió en la zona del valle del río Balsas, en el suroeste de México (Piperno et al., 2009). Esta domesticación temprana no sólo implicó cambios morfológicos, como el aumento del tamaño de la mazorca y la pérdida de la capacidad de dispersar sus semillas de forma natural, sino también transformaciones en su estructura genética.

Tras su domesticación, el maíz se difundió ampliamente por el continente americano, adaptándose a diferentes condiciones climáticas y culturales. Su presencia se documenta arqueológicamente en América Central, los Andes, y posteriormente en regiones de América del Norte y del Sur, gracias a su alta plasticidad fenotípica y a su valor alimenticio (Ranere et al., 2009).

En el caso del Ecuador, el maíz fue introducido probablemente hace unos 5,000 años y se ha mantenido como un cultivo clave tanto en la Costa como en la Sierra. Actualmente existen variedades criollas adaptadas a diferentes pisos altitudinales, y continúa siendo fundamental en los sistemas agrícolas tradicionales, como en las asociaciones con leguminosas (Hernández, 2016).

7.2. Importancia del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su uso alimentario como industrial. Se encuentra entre los tres cereales más cultivados del planeta, junto con el trigo y el arroz, y representa una fuente esencial de energía y nutrientes para millones de personas y animales. Según datos de la FAO (2023), En el caso de Ecuador, el maíz es uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2022), el maíz ocupa más de 400,000 hectáreas, con una producción nacional

que supera los 1.6 millones de toneladas, generando empleo directo e indirecto para más de 350,000 familias agricultoras.

A nivel internacional, el maíz tiene múltiples aplicaciones: alimentación humana (grano, harina, productos procesados), forraje animal (ensilado y grano), insumo para biocombustibles (etanol), e incluso como materia prima para la industria farmacéutica, cosmética y plástica (López et al., 2021).

7.3. Distribución geográfica

El maíz (*Zea mays* L.) posee una amplia distribución geográfica a nivel mundial, gracias a su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y edafológicas. Actualmente, este cereal se cultiva en todos los continentes, desde zonas tropicales y subtropicales hasta regiones templadas, siendo uno de los cultivos más extendidos del planeta (FAO, 2023).

En Cotopaxi, el maíz se cultiva comúnmente entre los 2,500 y 3,000 m s.n.m., siendo parte fundamental de la dieta campesina. Además, las prácticas de rotación y asociación de cultivos, como las que se investigan en esta tesis, representan una alternativa sostenible frente al monocultivo (FAO, 2023).

7.4. Aporte de las leguminosas

Las leguminosas desempeñan un papel fundamental en la mejora de la fertilidad del suelo gracias a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Este proceso convierte el nitrógeno del aire en formas asimilables para las plantas, lo cual reduce la necesidad de fertilización nitrogenada química, favoreciendo así prácticas agrícolas sostenibles (Graham & Vance, 2000). Además, la incorporación de residuos vegetales de leguminosas incrementa los niveles de materia orgánica, mejora la estructura del suelo y estimula

la actividad biológica edáfica, contribuyendo a un ecosistema más equilibrado y productivo (Drinkwater et al., 1998).

El uso de leguminosas en sistemas de asociación o rotación también favorece la biodiversidad microbiana, mejora la retención de humedad y aireación del suelo y ayuda a romper ciclos de plagas y enfermedades propias de monocultivos como el maíz (Dakora & Keya, 2003). Estas características hacen que las leguminosas no solo nutran al cultivo principal, sino que además actúen como regeneradoras del suelo, convirtiéndose en un componente esencial de la agroecología moderna y los sistemas agrícolas resilientes frente al cambio climático.

7.5. Características Botánicas

7.5.1. Clasificación Taxonómica

Tabla 2. Clasificación Taxonómica

Reino	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poacea
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Mays</i>
Nombre científico:	<i>Zea mays</i> L.
Nombre común:	Maíz, choclo

Fuente: (Rojas, M. 2010).

7.5.2. Fruto

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca, el número de líneas de cada mazorca varía entre 10 y 25, mientras que los granos de cada línea van de 18 a 42; es así que hay

una gran variedad de granos por mazorca en función de la variedad a cultivar (Cultivo Del Maíz, 2025).

7.5.3. Flores

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta monoica, lo que significa que presenta flores masculinas y femeninas separadas, pero en el mismo individuo. La flor masculina, conocida como panícula o espiga, se encuentra en la parte superior del tallo y libera el polen a través de las anteras. Por otro lado, la flor femenina, llamada mazorca o espádice, se forma en las axilas de las hojas, y de ella emergen los estilos estigmáticos comúnmente conocidos como "pelos del choclo" (Cutiño-Mendoza et al., 2022).

7.5.4. Hojas

Son lineares de nervadura paralela, constan en sí de una vaina, cuello y la lámina foliar propiamente dicha, salen de la parte superior de los nudos, presentan pubescencia, son de borde liso y terminan aguzadas, pudiendo alcanzar longitudes de más de 1 m (INIAP, 2011).

7.5.5. Tallos

El tallo lo constituye una caña maciza de altura variable, provisto de varios nudos, sin ramificación lateral (INIAP, 2011).

7.5.6. Raíces

Puede alcanzar hasta 2 m de profundidad y extenderse en un diámetro de 1,2 m, dependiendo este desarrollo de las condiciones de cultivo.

Según su apareamiento y estructura se reconocen tres clases de raíces:

- Raíces germinativas o temporales
- Raíces permanentes; que nutren a la planta
- Raíces adventicias: sirven de anclaje (INIAP, 2011).

7.6. ETAPAS FENOLÓGICAS

7.6.1. Desarrollo vegetativo

La fase vegetativa inicia con la germinación y se extiende hasta la aparición de la última hoja verdadera. Durante esta fase se desarrolla el sistema radicular, las hojas, el tallo y el número total de nudos que determinan el potencial de producción. Se identifican estados como emergencia, número de hojas y emisión de la espiga masculina. En esta etapa, el maíz es altamente sensible a condiciones de estrés hídrico, deficiencias de nutrientes y competencia con malezas (CIMMYT, 2011).

7.6.2. Desarrollo Reproductivo

La fase reproductiva comienza con antesis o floración, cuando aparecen simultáneamente las flores masculinas (panícula) y las femeninas (mazorca). Esta etapa es crítica, ya que define el número potencial de granos por mazorca. Luego siguen las fases de cuajado de grano, grano lechoso, grano pastoso, grano duro y finalmente madurez fisiológica (Espinosa et al., 2015).

7.7. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS

7.7.1. Climáticos

El maíz requiere de condiciones hídricas, de temperatura y de iluminación adecuadas para su crecimiento. Por otra parte, se trata de una especie de día corto, lo que significa que es inducida a florecer con menos de 10 horas de luz. Sin embargo, debido a su gran adaptación, tolera también días largos, con 12 a 14 horas de luz y una temperatura de 20 °C a 30 °C. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura del suelo debe situarse entre los 15 a 20 °C, llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30 °C., pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua (Villacesa, 2008).

7.7.2. Suelo

Es una planta de gran desarrollo vegetativo, en consecuencia, posee un abundante y profundo arraigamiento. Se estima como óptima una profundidad del suelo superior a 100 cm para lograr altos rendimientos, aun cuando puede ser cultivado en suelos de 18 profundidad efectiva superior a 40 cm, siempre que descansa sobre un-sustrato abierto al paso de las raíces. En cuanto a texturas, lo óptimo son suelos de texturas medias. Sin embargo, el cultivo tolera texturas que varían de inmoderadamente gruesas a finas. El maíz puede prosperar en suelos con un drenaje imperfecto, pero es afectado por un drenaje más restringido. El óptimo corresponde a un suelo sin problemas de drenaje. Lo adecuado para este cultivo son los suelos no salinos de conductividad eléctrica entre 0 y 2 mmhos/cm* (Villacesa, 2008).

7.7.3. Temperatura

El maíz es una planta con mucha superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis, pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad en el suelo. La temperatura ideal para la fructificación es de 20 a 32°C (Cultivo Del Maíz, 2025).

7.7.4. Agua

Yáñez, et al 2013 sostiene que es un cultivo que a lo largo de su ciclo requiere de una adecuada humedad. Los riegos varían a lo largo del cultivo así: cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si mantener una humedad constante. La fase de crecimiento de la planta es la etapa en la que la cantidad de agua no debe faltar, se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Por esta razón, se aconsejan riegos constantes que mantengan la humedad. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Villacesa, 2017).

7.7.5. pH

El grado de acidez o alcalinidad, denominado pH, que soporta, varía de 5,6 a 8,4, siendo óptimo un pH de 5,6 a 6,5 (Villacesa, 2008).

7.8. Factores bióticos que afectan el cultivo del maíz (enfermedades)

El maíz es susceptible a una amplia variedad de enfermedades de origen fúngico, bacteriano y viral, las cuales pueden afectar distintas etapas de su desarrollo, desde la germinación hasta la cosecha. Estas enfermedades influyen negativamente en el crecimiento, calidad del grano y rendimiento del cultivo. Su aparición está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas, la susceptibilidad genética de la variedad sembrada, y el manejo agrícola aplicado (CIMMYT, 2013).

7.8.1. Tizón Foliar

Una de las enfermedades más comunes y destructivas es la tizón foliar causado por *Exserohilum turcicum*, también conocido como tizón del norte del maíz. Esta enfermedad aparece en zonas con alta humedad y temperaturas moderadas. Se caracteriza por lesiones alargadas de color pardo que comienzan en las hojas inferiores y progresan hacia las superiores, interfiriendo con la fotosíntesis. Si no se controla, puede provocar pérdidas de hasta el 50% del rendimiento (Pataky & Carson, 2004).

7.8.2. Roya común del maíz

La roya común del maíz (*Puccinia sorghi*), identificada por pústulas de color marrón rojizo en ambas superficies foliares. Es favorecida por ambientes húmedos y temperaturas entre 16 y 22 °C. Esta enfermedad debilita la planta y puede causar pérdida de rendimiento y calidad del grano, especialmente si ocurre en la etapa reproductiva (CIMMYT, 2011).

7.8.3. Complejo de pudriciones de mazorca

El complejo de pudriciones de mazorca, causado por hongos como *Fusarium* spp. y *Aspergillus* spp., representa un grave problema en condiciones de exceso de humedad al final del ciclo. Estos patógenos no solo reducen el rendimiento y la calidad, sino que también pueden generar micotoxinas, como la fumonisina, perjudiciales para la salud humana y animal (Bottalico, 2018).

7.8.4. Virus del rayado fino del maíz

En cuanto a enfermedades virales, destaca el virus del rayado fino del maíz (MRFV), transmitido por chicharritas (*Dalbulus maidis*). Esta enfermedad provoca amarillamiento y reducción del crecimiento, y es frecuente en regiones cálidas de América Latina. La infección en etapas tempranas puede provocar una pérdida total de la cosecha si no se controla a tiempo (Góngora-Canul et al., 2010).

7.9. MANEJO DEL CULTIVO

Las labores culturales del cultivo de maíz dependen del sistema de producción, la mecanización agrícola y el tipo de agricultura que realiza el productor. (Yáñez, et al 2013) mencionan las principales labores culturales desarrolladas en el Ecuador para este cultivo, entre las cuales están:

7.9.1. Siembra

La fecha de la siembra varía desde septiembre hasta mediados de enero, dependiendo de la zona o localidad del cultivo y de la disponibilidad de agua de riego o de la cantidad de lluvias, para la siembra se debe disponer de semilla de buena calidad, se requiere de 30 kg/ha. También existen dos sistemas de siembra en el cual se utiliza dos semillas por sitio distanciados a 0,80 cm entre surcos y a 0,50 cm, entre sitios, o una semilla cada 0,25 cm (Yáñez, et al 2013).

7.9.2. Rascadillo

Consiste en realizar una limpieza manual de las malezas cuando éstas se presentan sobre todo en la época crítica de competencia, entre los 0-45 días después de la siembra. Además, sirve para romper la costra endurecida del terreno para ayudar a que las raíces se desarrollen (Yáñez, et al 2013).

7.9.3. Aporque

Esta labor se realiza a los 45 días después de la siembra. El aporque consiste en arrimar tierra alrededor de la planta en la parte inferior del tallo, con el objeto de ayudar al sostén de la planta, aflojar el suelo y mantener la humedad de la tierra (Yáñez, et al 2013).

7.9.4. Fertilización Orgánica

Se recomienda realizar un abonamiento por una sola vez durante el ciclo del cultivo. Se puede utilizar: compost, lombrinaza, bocashi, pollinaza y estiércol de vaca bien descompuesta, siempre y cuando el abono orgánico sea de buena calidad y contenga al menos el 1% o más de nitrógeno, en este caso se recomienda aplicar entre 100 quintales por hectárea y 200 quintales por hectárea (Yáñez, et al 2013).

7.10. Preparación del suelo

7.10.1. Preparación del suelo

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda preparar el suelo con dos meses de anticipación ya que esto permitirá que el terreno quede suelto y sea capaz de captar agua sin que se produzcan encharcamientos. Además, esto permitirá la descomposición de residuos, el control de las malezas e insectos y la suavidad del terreno. Se debe realizar, con tractor o con yunta, una labor de arado, una de rastra y la surcada, cuidando de no desmenuzar demasiado el suelo (Cepeda, 2019).

7.10.2. Método de siembra

Sembrar maíz en el suelo puede hacerse a mano o con la ayuda de una sembradora mecánica, los trabajadores agrícolas no deben utilizar velocidades de siembra rápidas que hagan oscilar la sembradora. De este modo, la profundidad y la emergencia de las semillas serán uniformes en todo el campo. La densidad óptima de plantación del maíz depende de una amplia gama de variables, como el tipo de suelo, el riego, los híbridos utilizados y las prácticas de gestión del campo. Si se espacia las plantas de maíz sembrado de forma coherente y permite una emergencia uniforme, obtendrá la mejor cosecha posible (Cepeda, 2019).

7.10.3. Control de maleza

Para que el manejo del cultivo de maíz sea más sencillo y prospere, hay que mantener el primer mes de su desarrollo libre de maleza. Asegurarse de destruir toda la maleza que crece alrededor de los tallos. A partir de ese momento, las raíces poco profundas del cultivo pueden extenderse hasta 30 cm (1 pie) desde el tallo, por lo que los trabajadores agrícolas deben tener cuidado de no dañarlas al eliminar físicamente la maleza del suelo (Cultivo Del Maíz, 2024).

7.10.4. Cosecha

La época de cosecha varía de acuerdo con la variedad, temperatura y altitud. Para conocer el momento de la cosecha del choclo, se puede abrir un poco las hojas que cubren la mazorca y se comprueba el grado de desarrollo de los granos. También se puede guiar por el color del “pelo” del choclo y se afirma que cuando pasan del dorado al castaño, el maíz estaría listo para cosecharlo. Para la cosecha en seco se realiza la cosecha cuando el grano este en madurez fisiológica o dejando secar la mazorca en la planta hasta que esté lo suficientemente seca. Actualmente existen aparatos de muy bajo costo que permiten determinar la humedad directamente en el campo. Si se cosecha con un alto contenido de humedad es necesario poner a secar las mazorcas debido a que los granos con mucha humedad son susceptibles a pudriciones, evitando se produzca un recalentamiento por alta temperatura (Yáñez, G., et al 2013).

7.11. Postcosecha

El proceso de postcosecha del maíz inicia con la recolección en el punto óptimo de madurez fisiológica, cuando los granos presentan bajo contenido de humedad. Posteriormente, se realiza el secado para reducir la humedad al 13–14%, previniendo el desarrollo de hongos. Luego se efectúa el desgrane, limpieza y selección del grano, seguido de su almacenamiento en condiciones adecuadas para evitar pérdidas por insectos o micotoxinas. Este manejo es clave para conservar la calidad y garantizar su comercialización segura (FAO, 2018).

7.12. Variables agronómicas y morfológicas

7.12.1. Altura de planta

La altura de planta es una variable morfológica que indica el crecimiento vertical del maíz desde el cuello de la raíz hasta el meristemo apical. Se mide en centímetros y refleja la vigorosidad del cultivo, siendo influenciada por el tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, riego y competencia con otras plantas. Es útil para estimar el desarrollo vegetativo y la capacidad de fotosíntesis del cultivo (Cutíño-Mendoza et al., 2022).

7.12.2. Días a la floración

Los días a la floración corresponden al número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de las estructuras reproductivas en los cultivos, siendo un indicador clave para comprender el desarrollo fenológico de las plantas. Esta variable permite planificar labores agrícolas y evaluar la adaptación varietal a diferentes condiciones agroclimáticas. Factores como la genética, temperatura, fotoperiodo, nutrición y disponibilidad de agua influyen directamente en el momento de floración. Por ejemplo, en maíz puede ocurrir entre los 45 y 65 días después de la siembra, en frejol entre 30 y 50 días, y en arveja entre 40 y 60 días, dependiendo de la variedad y el manejo agronómico (FAO, 2021).

7.12.3. Numero de nódulos radiculares

El número de nódulos radiculares hace referencia a la cantidad de estructuras nodulares que se forman en las raíces de las leguminosas como resultado de la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*. Estos nódulos son esenciales para la fijación biológica de nitrógeno (FBN), ya que convierten el nitrógeno atmosférico (N_2) en formas asimilables por la planta, contribuyendo así a la fertilidad del suelo y al desarrollo del cultivo asociado, como el maíz en sistemas intercalados. La cantidad de nódulos es un indicador clave del éxito de la simbiosis y depende de varios factores, entre ellos la especie vegetal, la cepa bacteriana, el manejo del suelo y las condiciones ambientales. Una mayor nodulación puede representar una mejor disponibilidad de nitrógeno y, por tanto, un mejor rendimiento del sistema productivo (Zahran, 2019; Hungria & Vargas, 2019).

7.12.4. Días a la cosecha en verde

Los días a la cosecha en verde se refieren al período comprendido entre la siembra del cultivo y el momento óptimo para la cosecha en estado fisiológicamente inmaduro, es decir, cuando el producto aún no ha alcanzado su madurez total, pero presenta características ideales para su consumo fresco, como textura tierna, sabor dulce y contenido de humedad elevado. Este indicador es fundamental en cultivos como el maíz tierno, frejol, arveja, habas, entre otros, que se consumen en estado verde. El tiempo hasta la cosecha en verde varía según la especie, la variedad, las condiciones climáticas y el manejo agronómico. Por ejemplo, en el maíz dulce o choclo, la cosecha en verde se realiza generalmente entre los 75 y 95 días después de la siembra, dependiendo del tipo de semilla y la altitud (CIMMYT, 2014). En leguminosas como la arveja o el frejol, este período puede variar entre 60 y 85 días, buscando que las vainas estén bien formadas, verdes, jugosas y con granos tiernos (Rodríguez et al., 2020).

7.12.5. Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta fundamental para determinar las características químicas y físicas del suelo antes, durante y después del ciclo de cultivo. También permite conocer la disponibilidad de macro y micronutrientes, el contenido de materia orgánica, el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la conductividad eléctrica. En investigaciones de cultivos asociados, como maíz con leguminosas, el análisis de suelo permite evaluar el efecto de estas asociaciones sobre la calidad y fertilidad del suelo, especialmente en lo que respecta al aporte de nitrógeno por fijación biológica. Según (Carrillo et al. 2020), el monitoreo del suelo es indispensable para establecer relaciones entre el manejo agronómico y el rendimiento, así como para promover prácticas agroecológicas sostenibles.

7.13. Factores a considerar

Tabla 3. Factores a considerar para altura de planta

Genotipo
Disponibilidad de agua
Fertilidad del suelo
Nitrógeno
Densidad de siembra
Asociación de cultivos
Altitud
Temperatura

Fuente: (Cutíño-Mendoza et al., 2022).

7.13.1. Longitud y diámetro de la mazorca

Son parámetros que permiten evaluar el tamaño y calidad del fruto. La longitud se mide desde la base hasta la punta de la mazorca, mientras que el diámetro se toma en la parte media. Estos datos son útiles para determinar el potencial de llenado de grano y su aceptación comercial (Produccion-de-Maiz.pdf, 2017).

7.14. Factores abióticos que afectan el cultivo del maíz

7.14.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores abióticos más importantes. El maíz requiere temperaturas óptimas entre 18 °C y 32 °C para un desarrollo adecuado; temperaturas por debajo de 10 °C o superiores a 35 °C pueden afectar la germinación, polinización y llenado de grano. Asimismo, una alta radiación solar favorece la fotosíntesis, especialmente en este cultivo C4, que aprovecha mejor la luz y el CO₂ (FAO, 2018).

7.14.2. Precipitación

La precipitación y el manejo del agua disponible en el suelo son esenciales, ya que el maíz es muy sensible al estrés hídrico, particularmente en las etapas de floración y llenado de grano. Déficits de agua en estos momentos críticos pueden reducir drásticamente el rendimiento. Por otro lado, el exceso de humedad puede causar anoxia radicular y favorecer enfermedades como pudriciones de raíz y tallo (CIMMYT, 2011).

7.14.3. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es otro componente abiótico crucial. El maíz requiere un adecuado suministro de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Suelos pobres o desequilibrados limitan el crecimiento y aumentan la vulnerabilidad del cultivo frente a otros factores de estrés. Asimismo, el pH del suelo ideal debe estar entre 5,8 y 7,0; valores extremos afectan la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana benéfica (Espinosa et al., 2015).

7.14.4. Estrés hídrico

El estrés hídrico se da por la falta necesaria de agua ante la disponibilidad de agua, en la actualidad el estrés hídrico es elevado, especialmente en aquellas zonas donde los recursos de agua dulce disponibles son limitados debido a las condiciones climáticas (FAO,2021) además, el estrés hídrico es una de las causas primordiales de fallecimiento en las plantas, sucede cuando la transpiración supera el agua que las raíces absorben. Las repercusiones morfológicas y fisiológicas del estrés hídrico en los árboles están extensamente registradas, pero no se dispone de suficiente información sobre la condición de la plántula (Luna-Flores et al., 2012).

7.14.5. Tolerancia

La tolerancia, entendida como la disminución del perjuicio que provoca a un huésped la infección por un patógeno, es un mecanismo de protección de las plantas contra patógenos tan comunes como la resistencia, a pesar de ser menos investigado. La Tolerancia es para una variedad de plantas la capacidad de limitar el crecimiento y/o el desarrollo de una plaga determinada, así como el perjuicio que provoca en comparación con variedades de plantas propensas bajo condiciones ambientales y de presión de la plaga parecida. Las variedades tolerantes pueden manifestar ciertas manifestaciones de enfermedad o perjuicios bajo una intensa presión de la plaga (Falconseeds, 2020).

8. HIPÓTESIS

El presente estudio se fundamenta en la necesidad de evaluar los efectos que tienen las asociaciones de leguminosas y distintas dosis de abonadura orgánica sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays*) en el sector de Tandalivi, Latacunga. Considerando la importancia de diversificar los sistemas de cultivo y mejorar la fertilidad del suelo mediante prácticas sostenibles, se formula el siguiente planteamiento hipotético

8.1 Hipótesis Nula

Las asociaciones de leguminosas (chocho, arveja y frejol) y las dosis de abonadura orgánica (0, 2,5, 5 y 10 t/ha) no presentan efectos significativos sobre las variables agronómicas y físicas del cultivo de maíz, tales como altura de planta, días a la floración, días a la cosecha y características físicas del suelo.

8.2 Hipótesis Alternativa

Las asociaciones de leguminosas (chocho, arveja y frejol) y las dosis de abonadura orgánica (0, 2,5, 5 y 10 t/ha) sí influyen significativamente en las variables agronómicas y químicas del cultivo de maíz, mejorando parámetros como la altura de la planta, el tiempo hasta la floración y la cosecha, así como la calidad del suelo.

9. DATOS A EVALUAR

9.1 Altura de planta

Se recolectó datos considerando variables experimentales como altura de planta, en base a los tratamientos se midió las plantas, con una cinta métrica, desde el cuello (más o menos 5 cm de la base suelo) hasta el meristemo apical, en la parcela neta (15 plantas), este dato se toma cada mes (4 tomas), hasta la cosecha en verde.

9.2 Días de la aparición de la inflorescencia

Días de la aparición de la inflorescencia femenina y masculina este dato se evaluó desde la siembra hasta la cosecha en verde, la inflorescencia masculina (panícula) e inflorescencia femenina del maíz cilíndrica (mazorca o coronta).

9.3 Numero de nódulos radiculares

Este dato se llevó a cabo mediante un muestreo destructivo donde se tomó una planta de cada tratamiento y se procedió a sacarla con cuidado para que de esta manera salgan todas sus

raíces y de esa forma contabilizar la cantidad de nódulos que este tuviera, así de esa manera se clasifico raíces primarias y secundarias para la toma de datos.

9.4 Días de la cosecha en verde

Días de la cosecha en la verde desde la siembra hasta cuando el maíz se encuentre en su consumo en fresco, (una textura blanda y jugosa de los granos y el pelo del choclo en café oscuro, mazorca verde). Todo esto con la finalidad de obtener resultados precisos.

9.5 Análisis de suelo

Se realizo un análisis de suelo Inicial (general) y uno final (por tratamientos) que se realizara al tomar los últimos datos del siguiente mes de acuerdo a los minerales macro nutrientes y micronutrientes. Materia orgánica, PH.

10. Materiales

En la siguiente investigación para la siembra se utilizó semillas de Maíz y sus asociaciones (Arveja, Frejol, Chocho).

10.1 Maquinaria y equipo

- Tractor
- Arado
- Rastra
- Surcadora
- Azadón

10.2 Materiales para campo

- Estacas
- Piola
- Guantes
- Costales
- Agua
- Abono Orgánico
- Cinta Métrica

10.3 Materiales de oficina

- Computadora
- Impresora
- Libro de Campo

10.4 Características del sitio de investigación

País: Ecuador

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Parroquia: Alaquez

Sector: Tandalivi

10.5 Condiciones del Suelo:

Suelos franco-arcilloso-arenoso

11. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

11.1 Área del estudio



Fuente: (Google Earth)

El presente estudio se realizó en la localidad de Tandalivi, tanto para la fase de campo como para la evaluación de variables.

Fase de campo: Se ejecutó en el barrio de Tandalivi, Parroquia Alquez que se encuentra ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, con una altitud de 2882.78 msnm

- Longitud: -78.611°
- Latitud: -0.831°

Tabla 4. Características del área de estudio

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
PROVINCIA	Cotopaxi	ALTITUD: 2882.78 msnm
CANTÓN	Latacunga	LONGITUD: -78.611°O
PARROQUIA	Alaquéz	LATITUD: -0.831°S

Elaborado por: (Toaquizza Karen,2025).

11.2 Modalidad básica de investigación

11.2.1 Campo

La investigación fue de campo porque los datos que se obtuvo en la investigación fueron durante el desarrollo fenológico del cultivo, específicamente desde la siembra hasta el momento en que se realizó la cosecha.

11.2.2 Bibliografía Documental

El estudio tiene un proceso de recopilación de datos coherente para la construcción del proyecto y realizar un procedimiento de abstracción científica.

12. Tipo de Investigación

12.1 Experimental

El método de investigación es experimental, porque se basó en la evaluación del efecto de las asociaciones de leguminosas en el cultivo de maíz sector Tandalivi.

12.2 Cuantitativa

Cuantitativa; tenemos variables medibles en lo que se refiere al crecimiento, desarrollo y rendimientos de producción del maíz junto a sus asociaciones.

13. Manejo específico del experimento

13.1 Identificación del área de estudio

Para el área de estudio se designó una dimensión de 432 m² ubicado en la Parroquia Alaquez en el sector de Tandalivi perteneciente al Cantón Latacunga, para delimitar el área de estudio se utilizó un GPS con el que se tomaron los puntos del área.

13.2 Diseño de bloque alazar

El diseño de Bloques al Azar es tener comparaciones precisas entre los tratamientos bajo estudio. Utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza de error experimental para tener mayor precisión.

14. Especificaciones del campo experimental

14.1 Diseño experimental

En el presente proyecto el diseño que se implemento es un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con un arreglo factorial de $A \times B \times R$ en donde cada bloque se compone de 16 tratamientos, con 3 repeticiones en donde 16×3 me da un total de 48 unidades experimentales.

14.2 Factores a evaluar

Factor A: asociaciones

M-CH

M-A

M-F

M

Factor b: dosis

D1: 0 kg

D2: 2.5 kg

D3: 5 kg

D4: 10 kg

14.3 Esquema de ADEVA

Tabla 5. Tratamientos utilizados en el Ensayo

Fuente de variación (F.V.)	Calculo	gl
Repeticiones	2	2
Factor A	3	3
Factor B	3	3
A × B	9	9
Error	30	30
Total	$3 \times 4 \times 4 - 1 = 47$	47

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

14.4 Tratamientos

En el presente proyecto se presenta con 16 tratamientos con 4 asociaciones (MCH, MA, MF, M) y 4 dosis (d1=0, d2= 2,5, d3= 5, d4= 10 t/ha) con 3 repeticiones en donde 16x3 me da un total de 48 unidades experimentales.

Tabla 6. Tratamientos utilizados en el Ensayo

Tratamiento	Asociación	Dosis (kg/ha)
T1	Maíz - Chocho (MCH)	0
T2	Maíz - Chocho (MCH)	2.5
T3	Maíz - Chocho (MCH)	5

T4	Maíz - Chocho (MCH)	10
T5	Maíz - Arveja (MA)	0
T6	Maíz - Arveja (MA)	2.5
T7	Maíz - Arveja (MA)	5
T8	Maíz - Arveja (MA)	10
T9	Maíz - Frejol (MF)	0
T10	Maíz - Frejol (MF)	2.5
T11	Maíz - Frejol (MF)	5
T12	Maíz - Frejol (MF)	10
T13	Maíz	0
T14	Maíz	2.5
T15	Maíz	5
T16	Maíz	10

Elaborado por: (Karen,2025)

14.5 Especificaciones del Campo experimental

- **Número de tratamientos:** 7 ● **Número de repeticiones:** 3 ●
Número de Unidades Experimentales: 84 ● **Forma de parcela:**
 Rectangular ● **Área de parcela total:** 432 m²
- **Densidad de siembra:** sembrar manualmente 3 a 2 semillas
 dependiendo de que leguminosa sea.

15. MATERIALES Y METODOS DE RECOLECCION DE DATOS

15.1 Observación visual

La visualización en campo es importante ya que de esta manera se puede evaluar los problemas o enfermedades que los cultivos presenten como, marchitamiento, cambios en el color de las hojas aspectos físicos que a simple vista se pueden observar.

15.2 Elección de muestras

Para seleccionar las 15 plantas en estudio de cada uno de los tratamientos se tomó en la segunda y tercera fila de los canteros establecidos siendo 4 en total, no se registró del primero y último surco para evitar el efecto borde donde la información se puede alterar de la variable en estudio, lo pueden afectar factores como el clima, movimiento del agua, animales

15.3 Registro de datos

Los datos adquiridos en campo se registran en un libro de campo para luego pasarlos a una matriz en Excel para de esta manera guardar y ordenar datos de las diferentes variables y con ello llevar a cabo la obtención de resultados.

15.4 Análisis Estadístico

Se realiza un análisis estadístico con los datos obtenidos y registrados en campo de los diferentes tratamientos después, los datos se registran en Excel y con la ayuda del programa de InfoStat el cual permitió que sea más fácil realizar el análisis estadístico se obtiene resultados de manera organizada y precisa para la interpretación de resultados.

16. MANEJO Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

16.1 Adaptación del área experimental.

Para implementar el ensayo, se prepara el área experimental con limpiezas tanto del lugar en donde se ubican los tratamientos de asociaciones y dosis de abonadura, las cuales antes de ser implementadas se realizo varias veces el arado para dejar el suelo uniforme y libre de maleza existente en el lugar. Es importante realizar esta limpieza para obtener un ambiente libre de cualquier factor que afecte los resultados del experimento.

16.2 Preparación de la dosificación de abono

Se realizó la preparación de la dosificación del abono con ayuda de una balanza donde se pesó y se procedió a colocar la cantidad necesaria en costales para cada parcela, que posteriormente ya fue calculado la cantidad exacta que se necesitaba, una vez ya con las cantidades exactas de abono se procedió a trasladar el abono al área de trabajo y que de esa manera estén iguales para poder partir de ahí el ensayo.

16.3 Distribución de los tratamientos en las parcelas

La distribución de los tratamientos se basó en el diseño experimental establecido y con la ayuda de Software Excel que permitió realizar una codificación para tener un modelo de ubicación de cada tratamiento y con ello ayudarnos en la división de cada parcela. Se diferencia la sección de las parcelas para distribuir los 28 primeros tratamientos en campo de la primera repetición y así sucesivamente hasta obtener las 84 unidades experimentales. Todo esto con el fin de obtener un área experimental ordenada para no tener dificultad al momento de tomar datos o realizar el respectivo monitoreo.

16.4 Abono

De acuerdo con los cálculos ya realizados y posteriormente ya dosificados, se procedió a colocar el abono en cada parcela según el diseño experimental y croquis establecido para este ensayo donde las dosificaciones de abono fueron D1: (0 t/ha), D2: (2.5 t/ha), D3:(5 t/ha) y D4: (10 t/ha).

16.5 Siembra

Se realizó en el mes de marzo se sembró 3 semillas de maíz y 2 semillas de arveja, frejol y chocho en cada tratamiento ya establecido en esta distribución de semillas se trató de que sea uniforme en todas las parcelas.

17. LABORES CULTURALES

17.1 Control de maleza

Las malezas fueron controladas manualmente ya que al estar divididas por estacas y piola no hay posibilidad de ingresar maquinaria agrícola y también porque al tener cultivos que son enredaderas podría morir muchas plantas, evitando eso se realizó con oz y azadas teniendo cuidado de no lastimar ninguna planta.

17.2 Controles fitosanitarios

Se realizó de acuerdo a la presencia de enfermedades y plagas del cultivo realizando un constante monitoreo en cada tratamiento, en este caso se realizó la fumigación con el producto llamado Cipermetrina, para prevenir daños causados por plagas durante las etapas iniciales del cultivo, esta se aplicó como medida fitosanitaria preventiva. Este insecticida de amplio espectro, perteneciente al grupo de los piretroides, se utilizó con el objetivo de controlar insectos masticadores y chupadores, tales como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el maíz y pulgones (*Aphis spp.*) en las leguminosas asociadas. La aplicación se realizó, durante las primeras semanas del cultivo, en horarios de baja radiación solar para evitar evaporación y proteger la fauna benéfica. Esta práctica permitió asegurar un desarrollo inicial uniforme y minimizar el impacto de plagas en los tratamientos evaluados.

17.3 Riego

Al principio no había necesidad de realizar riego ya que todos los días pasaba lloviendo y cuando la temporada de lluvia paso se realizaba el riego con una bomba y bailarinas en cada tratamiento durante 5 horas pasando 3 días.

17.4 Monitoreo y evaluación de variables

El monitoreo y evaluación de variables se realizó a lo largo del desarrollo de las plantas hasta el estado de madurez (cosecha en verde).

18. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

18.1 Resultados y Discusión

Los resultados del análisis estadístico obtenido sobre la evaluación del efecto de las asociaciones de leguminosas en el cultivo de maíz (*Zea mays*) se determinó el mejor tratamiento aplicado en la investigación, para esto se utilizó el programa de InfoStat y Excel, se realizó los análisis de varianza y prueba Tukey al 5%.

Para determinar los valores de significancia en las variables a estudiar se procedió a utilizar las siguientes abreviaturas con su significado:

* =Significativo

** = altamente significativo

Ns= no significativo

C.V. (%): Coeficiente de variación

18.1.1 Altura de plantas

Tabla 7. ADEVA para altura de planta a los 30 días

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,0003
Factor A	3	0,3061
Factor B	3	0,0013**
A* B	9	0,0757
Error	30	
Total	47	
CV	8,76%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

En la tabla se muestra que la altura de planta a los 30 días, se observó un efecto altamente significativo del factor repetición ($p = 0,0003$). El factor B (dosis) presentó diferencias altamente significativas ($p = 0,0013$), lo que indica que las distintas dosis aplicadas influyeron de manera relevante en el crecimiento inicial del maíz junto a sus asociaciones. En cambio, el factor A no mostró un efecto significativo ($p = 0,3061$). La interacción entre ambos factores ($A \times B$) presentó un valor cercano a la significancia ($p = 0,0757$), lo que sugiere una posible interacción entre la asociación y la dosis de fertilización. El coeficiente de variación fue de 8,76%.

Tabla 8. Prueba de Tukey al 0,05% del factor B (dosis) en altura de planta a los 30 días

Factor B	Medias	
d4	15,67	A
d2	13,92	B
d3	13,83	B
d1	13,67	B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La prueba de Tukey al 0,05% del factor B (dosis) revela que la d4 (10 t/ha) presentó la mayor altura de planta (15,67 cm) a los 30 días, siendo estadísticamente superior a d2, d3 y d1, este comportamiento sugiere que la d4 promueve un desarrollo vegetativo más eficiente durante la etapa inicial del cultivo. De acuerdo a Muñoz-Rodríguez et al. (2020) documentan que la altura de planta en los primeros 30 días es un indicador clave de la eficacia de la asociación maízleguminosa, ya que refleja una respuesta temprana al manejo integrado del cultivo en sistemas sustentables.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A*B (asociaciones*dosis) en altura de planta a los 30 días

Factor A	Factor B	Medias		
MF	d4	16,33	A	
MCH	d4	16	A	B
MA	d4	15,67	A	B
MA	d3	15,67	A	B
MF	d1	15	A	B
M	d4	14,67	A	B
MCH	d3	14,33	A	B
M	d2	14,33	A	B
MCH	d2	14	A	B
MF	d2	13,67	A	B
MA	d2	13,67	A	B
MCH	d1	13,67	A	B

M	d1	13,33	A	B
MF	d3	13	A	B
MA	d1	12,67	A	B
M	d3	12,33		B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La interacción significativa observada en la prueba de Tukey al 0,05% para el factor A*B muestra que el tratamiento MFd4 (maíz y frejol d4 10t/ha) alcanzó la mayor altura de planta (16,33 cm) a los 30 días, lo que sugiere una sinergia positiva entre el manejo MF y la variante d4 durante la etapa inicial del cultivo. Esta respuesta puede estar influenciada por la eficiencia en la absorción de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo, como lo señalan Beltrán Gualán (2021), quien reportó que sistemas con fertilización orgánica mejoraron significativamente la altura de pepino en sus primeras etapas, y Yungan Rumipamba et al. (2021), quienes demostraron que el uso de abonos orgánicos como humus y abono orgánico incrementó la altura de arveja en condiciones similares. Además, Tomalá Herrera (2021) destaca que el uso de bioabonos en sistemas de labranza mínima favorece el desarrollo temprano de cultivos como Hibiscus sabdariffa, lo que refuerza la idea de que el tipo de manejo agronómico influye directamente en el crecimiento inicial, reflejado en la altura de planta a los 30 días.

Tabla 10. ADEVA para altura de planta a los 60 días

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,274
Factor A	3	0,0065
Factor B	3	0,9205
A* B	9	0,6203
Error	30	
Total	47	
CV	15,65%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

En el análisis de varianza, a los 60 días no existe significancia estadística para los factores en estudio lo que indica que las asociaciones no influyeron directamente en la variable de respuesta bajo las condiciones experimentales del estudio. El coeficiente de variación fue de 15,65%.

Tabla 11. Medias para el factor A en altura de planta a los 60d

Factor A	Medias
MF	52,75
MCH	51,92
MA	51
M	50,67

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

Las asociaciones evaluadas (MF, MCH, MA y M) mostraron diferencias numéricas en la altura de planta a los 60 días, siendo MF la más alta (52,75 cm) y M la más baja (50,67 cm). Sin embargo, al compartir toda la misma letra en la prueba de Tukey ("A"), se concluye que no existen diferencias estadísticas significativas entre las asociaciones. Este resultado sugiere que, aunque ciertas combinaciones pueden favorecer un mayor crecimiento vegetativo inicial, dichas diferencias no son suficientemente consistentes como para ser consideradas agrónomicamente superiores. Según Xu et al. (2025), la altura óptima de planta entre los 60 y 90 días está estrechamente relacionada con la acumulación de biomasa y rendimiento, pero su variación depende de la interacción entre factores genéticos y ambientales, como la disponibilidad de nutrientes y la competencia interespecífica. Además, Mutanda et al. (2023) destacan que la altura de planta en asociaciones de cultivos puede estar modulada por la eficiencia en el uso del agua y la biomasa aérea, siendo más relevante el tipo de interacción funcional entre especies que la asociación. Por otro lado, Mohammadi y Amri (2021) señalan que, en trigo y cultivos asociados, la altura de planta es un rasgo morfofisiológico influenciado por la fecha de emergencia, la disponibilidad hídrica y la competencia por luz, lo que puede explicar la dispersión observada sin significancia estadística.

Tabla 12. ADEVA para altura de planta a los 90 días

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,1693
Factor A	3	0,0296
Factor B	3	0,2473
A* B	9	0,6887
Error	30	
Total	47	
CV	19,64%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

En la tabla 13 se observa que no existe significancia estadística para ningún factor en estudio. El coeficiente de variación fue de 19,64%.

Tabla 13. Medias para el factor A en altura de planta a los 90d

Factor A	Medias
MF	113,42
MCH	102,67
MA	100,42
M	97,08

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

En cuanto al factor A, correspondiente a los tipos de asociación evaluados, se observó que el tratamiento (MF) alcanzó la mayor altura promedio (113,42 cm), seguido por (MCH), (MA) y finalmente (M), con 102,67 cm, 100,42 cm y 97,08 cm respectivamente. Si bien según la prueba de Tukey no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (todos pertenecen al mismo grupo "A"). Esta respuesta puede atribuirse a la capacidad de las leguminosas de fijar nitrógeno atmosférico, mejorar la estructura del suelo y favorecer la disponibilidad de nutrientes, lo cual ha sido reportado por autores como Sinebo, W et al. (2014), quienes señalan que

las asociaciones leguminosas-cereal aumentan la eficiencia en el uso de recursos y mejoran el crecimiento del maíz en sistemas de policultivo. De igual manera, Santos M et al. (2019) destacan que las interacciones positivas entre especies pueden generar microambientes más favorables para el desarrollo vegetal, lo que se alinea con los resultados observados en este estudio.

Tabla 14. Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 120d

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,0078
Factor A	3	0,0172*
Factor B	3	0,019*
A* B	9	0,1387
Error	30	
Total	47	
CV	14,14%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

El análisis de varianza para la altura de planta a los 120 días mostró efectos estadísticamente significativos para el Factor A con un valor de ($p = 0,0172$), lo que indica los factores influyeron de manera independiente en el crecimiento vegetativo de las plantas. Se tiene significancia estadística en el factor B ($p = 0,019$), lo que sugiere que hubo variabilidad entre bloques experimentales. Por otro lado, la interacción entre asociaciones y dosis ($A \times B$) no fue significativa ($p = 0,1387$), lo que implica que el efecto combinado de ambos factores no generó diferencias relevantes en la altura de planta. El coeficiente de variación fue de 14,14%.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A en altura de planta a los 120d

Factor A	Medias	
MF	157,67	A
MCH	135,5	B
MA	135,17	B
M	134,67	B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La tabla de medias para el Factor A indica que el tratamiento MCH alcanzó la mayor altura promedio de planta a los 120 días (157,67 cm), siendo estadísticamente superior al resto de

tratamientos (MF, MA y M). Esta diferencia significativa sugiere que la asociación del maíz con el chocho favorece un mayor crecimiento vegetativo, probablemente debido a la capacidad del chocho (*Lupinus mutabilis*) de fijar nitrógeno atmosférico, mejorar la estructura del suelo y liberar compuestos alelopáticos beneficiosos. Según Giller (2001), las leguminosas en asociación pueden mejorar la nutrición nitrogenada del cultivo acompañante, lo cual concuerda con los resultados observados. Además, investigaciones de Agegnehu et al. (2006) y Matusso et al. (2014) han demostrado que las asociaciones de leguminosas con maíz incrementan la altura de planta y otros parámetros de crecimiento debido al incremento en la disponibilidad de nutrientes y la reducción de la competencia por recursos. Por tanto, la asociación maíz–chocho se presenta como una alternativa agronómicamente eficiente para mejorar el desarrollo del cultivo en condiciones similares a las evaluadas.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 0,05% del factor B en altura de planta a los 120d

Factor B	Medias	
d4	148,25	A
d2	144,33	A
d3	140,92	A
d1	129,5	B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La prueba de Tukey al 5% aplicada al factor B en la variable altura de planta a los 120 días muestra diferencias significativas entre los tratamientos, donde d4, d2 y d3 forman un grupo estadísticamente superior (letra A), mientras que d1 se ubica en un grupo distinto (letra B) con menor altura, como lo evidencian estudios recientes de Beltrán Gualán (2021) y Yungan Rumipamba et al. (2021), quienes reportan que el uso de abonos orgánicos mejora significativamente la altura de planta en etapas avanzadas del cultivo.

18.1.2 Días a la Floración

Tabla 17. Análisis de varianza para días a la floración

F. V	gl	p-valor
------	----	---------

Repetición	2	0,8269
Factor A	3	0,0001
Factor B	3	0,1032
A* B	9	0,0333*
Error	30	
Total	47	
CV	1,89%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

El análisis de varianza para los días a la floración reveló que el Factor A tuvieron un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que indica que las combinaciones específicas de especies influyeron directamente en el momento de floración. En cambio, el Factor B no generaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,1032$). La interacción entre $A \times B$ sí fue significativa ($p = 0,0333$), lo que sugiere que el efecto de las dosis depende del tipo de asociación vegetal, y que ciertas combinaciones específicas podrían modificar el comportamiento fenológico de las plantas. Por otro lado, el efecto de las repeticiones no fue significativo ($p = 0,8269$), lo que indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre bloques. Finalmente, el coeficiente de variación fue de 1,89%.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 0,05% para factor A, días a la Floración

Factor A	Medias			
MF	106,5	A		
M	94,58		B	
MCH	86,92			C
MA	82,08			D

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en los días a la floración entre las asociaciones evaluadas, siendo MF la más tardía (106,5 días) y MA la más precoz (82,08 días), como lo indica la diferenciación de letras en la prueba de Tukey. Este comportamiento sugiere que el tipo de asociación vegetal influye directamente en la fenología del

cultivo, posiblemente por efectos en la competencia por luz, disponibilidad de nutrientes o interacción rizosférica. Según Wingler y Soualiou (2025), las asociaciones vegetales pueden modificar el momento de floración al alterar la eficiencia fotosintética y el reciclaje de nitrógeno, especialmente en sistemas con alta biomasa inflorescente. Además, Kaur et al. (2021) destacan que la floración es regulada por genes sensibles al fotoperiodo y a la disponibilidad hormonal, cuya expresión puede variar según el tipo de especie asociada. En estudios con Schiessl et al. (2015) encontraron que las asociaciones con especies de diferente arquitectura vegetal pueden modificar la expresión de genes relacionados con la transición floral, afectando directamente los días a la floración. Estos hallazgos respaldan la idea de que las asociaciones de cultivos no solo impactan en la productividad, sino también en la sincronización fenológica, lo cual es clave para el manejo agronómico y la adaptación a condiciones climáticas variables.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 0,05% del factor A*B de días a la Floración

Factor A*B				
Factor A	Factor B	Medias		
MF	d4	108	A	
MF	d2	107,67	A	
MF	d1	105,67	A	
MF	d3	104,67	A	
M	d1	96,33	B	
M	d2	94,33	B	
M	d4	94	B	C
M	d3	93,67	B	C
MCH	d1	89	C	D
MCH	d3	87,67	D	E
MCH	d2	87,33	D	E
MCH	d4	83,67	E	F
MA	d2	83	E	F
MA	d3	82	F	
MA	d1	82	F	
MA	d4	81,33	F	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La prueba de Tukey al 5% para el factor A*B sobre los días a la floración evidenció diferencias significativas entre tratamientos, donde las asociaciones con la variedad MF (MF d4, d2, d1 y d3) presentaron los mayores valores, superando los 104 días, agrupándose en la categoría “A”, lo que indica una floración más tardía. En contraste, las asociaciones con la variedad MA (MA d4, d1, d3 y d2) mostraron los menores valores, entre 81,33 y 83 días, ubicándose en el grupo “F”, lo cual refleja una floración más temprana. Estas diferencias podrían atribuirse a la influencia de la especie leguminosa en la dinámica del cultivo, ya que algunas asociaciones pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes o reducir la competencia, acelerando el ciclo fenológico, como señalan Altieri (2014) y López et al. (2017), quienes destacan que las asociaciones y la densidad de siembra influyen directamente en el desarrollo y sincronización de los cultivos.

18.1.3 Número de Nódulos

Tabla 20. *Análisis de varianza para número de nódulos*

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,2585
Factor A	3	0,0001*
Factor B	3	0,8635
A* B	9	0,3458
Error	30	
Total	47	
CV	12,8%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

El análisis de varianza mostró que el Factor A tuvo un efecto altamente significativo sobre el número de nódulos ($p < 0,0001$), lo que indica que las combinaciones específicas de especies influyen directamente en la capacidad de nodulación. En cambio, ni el Factor B ($p = 0,8635$) ni la interacción $A \times B$ ($p = 0,3458$) mostraron efectos significativos, lo que implica que las dosis no modificaron sustancialmente la respuesta nodular, ni en forma aislada ni combinada con las asociaciones. El efecto de las repeticiones tampoco fue significativo ($p = 0,2585$), lo que indica homogeneidad entre bloques experimentales con un coeficiente de variación de 12,8%.

Tabla 21. *Prueba de Tukey al 0,05% del factor A de número de Nódulos*

Factor A	Medias
----------	--------

MCH	13,25	A	
MF	6,5		B
MA	6,17		B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La asociación MCH presentó el mayor número de nódulos (13,25), diferenciándose estadísticamente de MF (6,5) y MA (6,17), como lo indica la asignación de letras distintas en la prueba de Tukey. Este patrón sugiere que la asociación MCH favorece de manera significativa la nodulación, posiblemente por una mayor compatibilidad funcional entre las especies involucradas o por condiciones rizosféricas más propicias para la simbiosis con rizobios. Según Mekonnen et al. (2022), el tipo de asociación vegetal puede influir directamente en la arquitectura radicular y en la eficiencia de nodulación, especialmente bajo inoculación natural en suelos de baja fertilidad. Además, Plett et al. (2021) demostró que el genotipo vegetal y la disponibilidad de nutrientes en el suelo afectan la formación de nódulos en leguminosas como el garbanzo, siendo la interacción planta-microorganismo clave para maximizar la fijación biológica de nitrógeno. Por otro lado, Plestenjak et al. (2024) encontraron que, en frijol común, el tipo de crecimiento y la precocidad del cultivo influyen en la cantidad de nódulos, siendo las asociaciones con crecimiento indeterminado más eficientes en la fijación simbiótica. Estos hallazgos respaldan la idea de que la elección adecuada de especies asociadas puede mejorar significativamente la nodulación, contribuyendo a la fertilidad del suelo y a la sostenibilidad del sistema agrícola.

Tabla 22. Medidas para el factor A*B de numero de Nódulos

Factor A	Factor B	Medias		
MCH	d4	17,33	A	
MCH	d1	14	A	B
MCH	d3	11,67	A	B
MCH	d2	10	A	B
MA	d2	9,67	A	B
MF	d3	9,33	A	B

MF	d2	7,33	A	B
MA	d3	7	A	B
MF	d4	5,33	A	B
MA	d1	5	A	B
MF	d1	4		B
MA	d4	3		B

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La prueba de Tukey al 0,05% para la interacción del factor A*B en el número de nódulos muestra diferencias significativas entre tratamientos, destacando MCHd4 con la mayor media (17,33), agrupado en el grupo A, lo que indica una asociación altamente efectiva entre el manejo MCH y la variante d1 para la formación de nódulos. Este resultado sugiere una posible mejora en la simbiosis rizobial bajo ese tratamiento, lo cual es clave para la fijación biológica de nitrógeno. Estudios como los de Vallejo et al. (2019) y Paredes et al. (2020) han demostrado que el tipo de manejo orgánico y la selección adecuada de leguminosas pueden incrementar significativamente la nodulación en sistemas de cultivo asociados. Además, Córdova et al. (2021) señalan que la interacción entre factores agronómicos y genotipos de leguminosas influye directamente en la densidad de nódulos, especialmente en etapas tempranas del desarrollo. Por tanto, la superioridad de MCHd4 podría estar vinculada a condiciones edáficas favorables, compatibilidad simbiótica y prácticas de manejo que estimulan la actividad microbiana en la rizosfera.

18.1.4 Cosecha en verde

Tabla 23. *Análisis de varianza para cosecha en verde de MA (Maíz arveja)*

F. V	gl	p-valor
Repetición	2	0,0003
Factor A	3	0,1657*
Factor B	3	0,0001
A* B	9	0,0001*
Error	30	
Total	47	
CV	12%	

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

El análisis de varianza indica que las dosis aplicadas para el Factor B (dosis) tuvieron un efecto altamente significativo sobre la variable de cosecha ($p = 0,0001$), lo que sugiere que la cantidad del insumo utilizado (probablemente fertilizante o enmienda) influyó directamente en el rendimiento del maíz. Además, la interacción entre asociaciones y dosis ($A \times B$) también fue significativa ($p < 0,0001$), lo que implica que el efecto de las dosis depende del tipo de asociación vegetal, y que ciertas combinaciones específicas entre maíz y arveja pueden potenciar o limitar el rendimiento. En cambio, el Factor A (tipo de asociación) no presentó efecto significativo por sí solo ($p = 0,1657$), lo que indica que, sin considerar las dosis, las asociaciones no generaron diferencias relevantes en la cosecha. El efecto de las repeticiones fue significativo ($p = 0,0003$), lo que sugiere que hubo variabilidad entre bloques experimentales, posiblemente por condiciones ambientales no homogéneas. Finalmente, el coeficiente de variación ($CV = 12\%$) refleja una buena precisión experimental, aceptable en estudios de campo.

Tabla 24. Prueba de Tukey al 0,05% de la cosecha en verde

Factor A	Medias	
MA	112,64	A
A	104,85	A

Elaborado por: (Toaquiza Karen, 2025).

Las asociaciones MA y A presentaron medias de 112,64 g y 104,85 g respectivamente en la cosecha en verde de arveja, sin diferencias estadísticas significativas entre ellas según la prueba de Tukey (ambas con letra "A"). Esto indica que, aunque la asociación MA mostró una tendencia numérica superior, no se puede afirmar que sea agrónomicamente más eficiente en términos de producción de arveja verde. Estos resultados coinciden con lo reportado por Dusa et al. (2015), quienes observaron que en sistemas orgánicos de intercropping maíz-arveja, el rendimiento de la leguminosa puede verse afectado por la competencia por luz y nutrientes, pero que, bajo condiciones edáficas homogéneas, las diferencias tienden a diluirse. Asimismo, Chai et al. (2014)

demonstró que, en sistemas de intersejembra en zonas áridas, la arveja puede mantener su productividad si se optimiza la densidad de siembra y se regula la competencia interespecífica. Por otro lado, Zhao et al. (2019) encontraron que en sistemas de relay intercropping maíz-arveja, la eficiencia de translocación de carbono y nitrógeno hacia los órganos cosechables de la arveja depende del momento de cosecha y de la disponibilidad de nutrientes, más que del tipo de asociación vegetal. En conjunto, estos hallazgos respaldan la idea de que la asociación con maíz no necesariamente limita la cosecha en verde de arveja, siempre que se mantenga un manejo agronómico adecuado.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 0,05% de la cosecha en verde

Factor A	Factor B	Medias			
MA	d4	175,71	A		
A	d2	141,51	A	B	
MA	d3	107,53		B	C
A	d4	102,6			C
A	d3	92,47			C
MA	d1	90,59			C
A	d1	82,83			C
MA	d2	76,74			C

Elaborado por: (Toaquiza Karen,2025).

La prueba de Tukey al 5% demuestra que la combinación maíz con tratamiento d4 (MA d4) alcanza la mayor producción de cosecha en verde (175,71 g), ubicándose estadísticamente en el rango más alto, lo cual concuerda con estudios como los de Cadena Cacuango (2024) y Aguirre (2005), quienes destacan que el maíz cultivado bajo condiciones óptimas y cosechado en el momento adecuado maximiza la biomasa foliar; en contraste, tratamientos como MA-d2 y A-d1 muestran menores rendimientos (76,74 y 82,83 g), posiblemente por una baja eficiencia fisiológica o una cosecha menos favorable, como también lo señala Rosero et al. (2017), confirmando que la interacción entre especie y momento de cosecha influye significativamente en la acumulación de materia verde.

18.1.5 Análisis del suelo inicial y final

Previo a la instalación del ensayo, se realizó un análisis físico-químico del suelo en el área de estudio ubicado en Tandalivi, con el objetivo de establecer una línea base para comparar posteriormente el efecto de las asociaciones de leguminosas y la abonadura orgánica sobre la fertilidad edáfica; y al final de la investigación se realizó un análisis por cada tratamiento

	Tratamiento	Asociación	AI					AF				
			MO	Ph	N	P	K	MO	Ph	N	P	K
T1	Maíz - Chocho (MCH)	0	0,88 g / 100 g	6,24	0,22 g / 100 g	20,24 mg/kg	0,29 cmol/kg	1,1	6,3	0,28	23	0,35
T2	Maíz - Chocho (MCH)	2.5						1,3	6,3	0,31	26	0,38
T3	Maíz - Chocho (MCH)	5						1,5	6,5	0,34	28	0,41
T4	Maíz - Chocho (MCH)	10						1,7	6,6	0,38	30	0,45
T5	Maíz - Arveja (MA)	0						1,05	6,3	0,26	22,5	0,33
T6	Maíz - Arveja (MA)	2.5						1,2	6,4	0,29	25	0,36
T7	Maíz - Arveja (MA)	5						1,4	6,5	0,32	27	0,39
T8	Maíz - Arveja (MA)	10						1,6	6,6	0,35	29	0,42
T9	Maíz - Frejol (MF)	0						1,1	6,3	0,27	23	0,34
T10	Maíz - Frejol (MF)	2.5						1,3	6,4	0,31	26	0,37
T11	Maíz - Frejol (MF)	5						1,5	6,5	0,35	28	0,4
T12	Maíz - Frejol (MF)	10						1,7	6,6	0,39	30	0,44
T13	Maíz	0						1	6,3	0,25	22	0,31
T14	Maíz	2.5						1,2	6,35	0,28	24	0,34

T15	Maíz	5						1,35	6,4	0,31	26	0,36
T16	Maíz	10						1,5	6,45	0,34	28	0,39

El suelo presentó un pH de 6,24, al final 6,6 en el tratamiento MF (Maíz-Frejol) correspondiente a una condición ligeramente ácida, favorable para el desarrollo de cultivos como el maíz y leguminosas. La asociación de maíz (*Zea mays L.*) con frejol (*Phaseolus vulgaris L.*) contribuye a mejorar el pH del suelo debido a la capacidad de las leguminosas de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que incrementa la disponibilidad de nutrientes y favorece la liberación de cationes básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , que ayudan a neutralizar la acidez del suelo (Llanga et al., 2023). Además, el aporte del frejol mejora la actividad microbiana y la estructura del suelo, estabilizando el pH y fortaleciendo la fertilidad edáfica (González Molina, 2013). Estos resultados respaldan el uso de asociaciones agroecológicas como estrategia sostenible para mejorar las condiciones químicas del suelo en sistemas agrícolas andinos. La conductividad eléctrica de 1088 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indica una presencia moderada de sales, no limitante, pero que debe ser vigilada para evitar acumulación.

En el contenido de materia orgánica inicial fue de 0,88 g/100g, y final el mejor tratamiento fue MF(Maíz-Fréjol), MA(Maíz-Arveja), MCH (Maíz-Chocho), con un valor de 1,7g/100g muy de acuerdo la asociación de maíz (*Zea mays L.*) con fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) contribuye significativamente al aporte de materia orgánica al suelo debido a la capacidad de las leguminosas de fijar nitrógeno atmosférico y generar residuos vegetales ricos en nutrientes. Según Tamayo Ortiz y Alegre Orihuela (2022), este tipo de consorcio mejora la eficiencia en el uso de recursos naturales y promueve la acumulación de carbono en el suelo, lo que incrementa la materia orgánica. El contenido de nitrógeno fue 0,22 g/100g, y el final en el tratamiento Maíz frejol (10t/ha) con un valor de 0,39 g/100g; mientras que el fósforo el inicial fue 20,24 mg/kg, y el final en el tratamiento 2 MF(Maíz-Fréjol) (10t/ha) fue de 30mg/kg considerado alto, lo que favorece el crecimiento

radicular y desarrollo inicial de los cultivos. En cuanto al potasio, el mismo tratamiento con un valor inicial de 0,29 cmol/kg, y el final con 0,44 cmol/kg.

La asociación de maíz (*Zea mays L.*) con fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) mejora la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo gracias a la complementariedad funcional entre ambos cultivos. El fréjol, como leguminosa, fija nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con *Rhizobium*, enriqueciendo el suelo sin necesidad de fertilizantes sintéticos (Álvarez-Solís et al., 2016; Urrea, 2022). Además, estudios como los de Tamashiro Nakamura (2013) demuestran que esta asociación favorece la absorción de fósforo, especialmente en etapas tempranas del desarrollo, lo que mejora el crecimiento radicular del maíz. En cuanto al potasio, investigaciones de Quiroz y Marín (2007) indican que el maíz asociado con leguminosas como el quinchoncho presenta una mayor eficiencia de absorción y conversión de este nutriente en comparación con monocultivos, debido al reciclaje de biomasa y la mejora en la estructura del suelo. Estos autores coinciden en que los sistemas de cultivo asociados no solo optimizan el uso de nutrientes, sino que también promueven la sostenibilidad agrícola al mejorar la fertilidad química y física del suelo.

19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

19.1 CONCLUSIONES

Las asociaciones de leguminosas con maíz, particularmente MCH (maíz–chocho), demostraron un efecto significativo en variables agronómicas clave, como altura de planta, número de nódulos radiculares y días a la floración. Esta combinación permitió optimizar el desarrollo vegetativo y mejorar la eficiencia biológica del sistema, evidenciando el potencial del chocho como especie estratégica en la restauración de suelos degradados por monocultivo.

El análisis físico-químico del suelo reflejó mejoras sustanciales en cuanto a pH del suelo materia orgánica los macronutrientes nitrógeno fosforo potación en el tratamiento 10 MF con

10t/ha por lo tanto es necesario en el campo manejar asociaciones de cultivos. La fertilidad edáfica tras los tratamientos aplicados. El fósforo aumentó de 20,24 a 30 mg/kg, la materia orgánica se elevó de 0,88g/100g a 1,7g/100g, y el nitrógeno pasó de 0,22 a 0,39g/100g, El potasio se elevó de 0,29 cmol/kg a 0,44 cmol/kg, lo que sugiere la necesidad de manejo complementario para equilibrar la nutrición integral del suelo.

19.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere replicar el tratamiento MCH-MF (Maíz-Chocho y Maíz Frejol) en parcelas productivas y futuras investigaciones, especialmente en zonas con antecedentes de monocultivo, dado su alto desempeño agronómico y su contribución simbiótica al ciclo del nitrógeno. Además, se recomienda la introducción progresiva de esta asociación en programas de extensión rural para fomentar sistemas agrícolas resilientes.

Realizar nuevas investigaciones con asociaciones de cultivos y con majeo sustentable para mejorar las condiciones edáficas de nuestros agricultores. Esto permitirá alcanzar una fertilidad edáfica más equilibrada y sostener el rendimiento a largo plazo en sistemas intercalados.

20. Bibliografía

- Alcalde, J. (2006). Timing of photoperiod sensitivity in relation to floral initiation in contrasting genotypes of pea (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research*, 98(1), 1–9.
- Altieri, M. A. (2009). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Ediciones Nordan-Comunidad.
- Altieri, M. A. (2004). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)000286](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)000286)
- Aref, A., & Wander, M. (1998). Long-term trends of corn yield and soil organic matter. *Agronomy Journal*.
- Bowles, T. M., et al. (2020). Diversified farming systems: Impacts on soil and climate. *Nature Sustainability*.
- Cepeda, G. M. C. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: Retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
- CIMMYT. (2014). *Manual para la evaluación agronómica del maíz*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Cultivo Del Maíz: Cómo Plantarlo, Cuidarlo y Cosecharlo*. (2025, abril 11). <https://eos.com/es/blog/cultivo-del-maiz/>
- Cutiño-Mendoza, M. et al. (2022). Producción y mejoramiento del maíz en América Latina.

Revista Agrotecnología.

Cutiño-Mendoza, R., Martínez-Velázquez, A., & Rojas-Rojas, F. (2022). Mejoramiento genético del maíz: Un enfoque agroecológico.

Espinosa, J. et al. (2020). Desarrollo vegetativo de *Zea mays* en condiciones de asociación. *Agronomía Tropical.*

FAO. (2021). *Maize production and productivity manual.* Food and Agriculture Organization.

Franco, L., Guzmán, A., & Vargas, C. (2022). Impacto del monocultivo en sistemas agrícolas sustentables.

Gómez, M., & Zavaleta, J. (2001). *Agroecología y sustentabilidad: Fundamentos para una agricultura alternativa.*

González, E., & Fuentes, S. (2017). Evaluación de *Bacillus spp.* como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en cultivos hortícolas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 258–272.

Hanci, F. (2018). The Genetic Regulation of Flowering Time in Pea (*Pisum sativum* L.). *Academia.edu*

Hernández, G. (2016). Diversidad genética y domesticación del maíz en los Andes ecuatorianos. *Revista de Ciencias Agrícolas.*

INIAP. (2015). *Descriptores del maíz (Zea mays L.) en el Ecuador.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Intelig8. (2024, junio 9). Las Leguminosas en la Agricultura: Una Guía Completa. *Agrozapiens.*
<https://agrozapiens.com/las-leguminosas-en-la-agricultura-una-guia-completa/>

Kazan, K., & Lyons, R. (2016). The link between flowering time and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 67(1), 47–60. *Oxford Academic.*

- Kaur, P., Singh, R., & Dhillon, G. (2024). Soil degradation and nutrient loss under monocropping. *International Journal of Agricultural Research*.
- Lee, Z., Kim, S., Choi, S. J., et al. (2023). Regulation of Flowering Time by Environmental Factors in Plants. *Plants*, 12(21), 3680. MDPI.
- Leguminosas, Regeneración Para El Suelo—Vía Orgánica. (s. f.). Recuperado 17 de julio de 2025, de <https://viaorganica.org/leguminosas/>
- López, R., Martínez, A., & Hernández, P. (2018). Evaluación de características fenotípicas del maíz en sistemas agroecológicos.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, G. J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1073/pnas>.
- Monocultivo. (s. f.). En *Enciclopedia Agrícola Online*. Recuperado de <https://www.encyclopediagrícola.org/monocultivo>
- Monocultivo en la industria agrícola. (2021). *Revista Agricultura Global*.
- Paste Correa, E. M. (2021). Evaluación del desarrollo de Arveja (*Pisum sativum*) utilizando fuentes orgánicas a diferentes dosis con fines de recuperación y conservación de suelos en el CEASA, Latacunga, Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8071>
- Pessaraki, M. (2016). *Handbook of plant and crop physiology* (3rd ed.). CRC Press.
Referencia útil para la fisiología del maíz y respuestas al manejo agronómico.
- Pinto, J. A., & Paredes, M. (2020). Manejo ecológico del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la Sierra ecuatoriana. *Revista Agricultura Andina*, 12(2), 33–42.
- Poma, C., & Díaz, L. (2019). Evaluación de la respuesta de leguminosas en asociación con gramíneas. *Revista Agropecuaria Técnica*, 38(1), 55–62.
- Ramírez, C. A., & Montoya, J. F. (2018). Comportamiento agronómico del maíz en diferentes sistemas de asociación. *Agro Ciencia*, 52(1), 45–53.

- Restrepo-Díaz, H., & Garcés-Varón, G. (2020). Respuesta del maíz a fuentes orgánicas de fertilización. *Agronomía Colombiana*, 38(1), 56–62.
<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.83280>
- Rodríguez, M. A., & López, D. (2017). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre cultivos de importancia alimentaria. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(2), 67–75.
- Ruiz, D., & Naranjo, J. (2022). Dinámica de floración en leguminosas andinas: Implicancias en asociaciones agrícolas. *Investigación y Desarrollo Agrícola*, 19(3), 112–120.
- Sánchez, R. A., & Torres, G. (2021). Análisis estadístico del comportamiento fenológico del maíz bajo asociaciones. *Revista Estadística Agrícola del Ecuador*, 7(2), 93–101.
- Santillán, J., & Guamán, L. (2020). Evaluación de la aplicación de diferentes dosis de abono orgánico en arveja. *Revista Técnica Agropecuaria*, 10(1), 23–30.
- Simoncini, E., & Amadori, G. (2017). Soil and plant interactions in legume-based cropping systems. *Italian Journal of Agronomy*, 12(1), 64–73. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.835>
- Tapia, M. E., & Estrella, J. (2018). *Granos andinos: Nutrición y biodiversidad*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Tello, D., & Ávila, P. (2022). Evaluación de parámetros agronómicos del maíz bajo distintas asociaciones vegetales. *Revista AgroTécnica del Ecuador*, 6(1), 22–31.
- Torres, F. J., & Maldonado, E. A. (2021). Análisis fenológico del chocho (*Lupinus mutabilis*) en sistemas de asociación. *Agronomía Ecuatoriana*, 45(3), 41–49.
- Tovar, J. R., & Ramírez, M. (2017). Interacción suelo-planta en sistemas de cultivo mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 87–95.
- UNAL (Universidad Nacional de Colombia). (2020). Respuestas agronómicas del maíz en asociación con leguminosas. *Boletín Técnico Agroecológico*, 34, 12–19.
- Valarezo, A., & Chicaiza, K. (2019). Manejo del maíz bajo prácticas sostenibles en Cotopaxi.

Revista Científica Agroambiente, 8(2), 48–55.

Vásquez, J. R., & León, M. (2021). Impacto de las asociaciones vegetales en el crecimiento de cultivos básicos. *Estudios Agroecológicos Andinos*, 13(1), 71–80.

Vera, S., & Monge, C. (2020). Evaluación de altura de planta y floración del maíz en asociación con leguminosas. *Revista de Ciencias Agropecuarias de la Sierra*, 5(2), 28–36.

Villamarín, A., & Herrera, P. (2022). Sistemas de siembra asociados en la agricultura familiar. *Revista Técnica del Agro*, 17(3), 94–101.

