

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Evaluación de la producción de maíz (*Zea mays*) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieras en Agropecuaria

AUTORAS: Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline

Tocaín Maldonado Gissella Alexandra

TUTOR: MSc. Ortiz Tirado Paúl Santiago

Tulcán, 2022

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline y Tocaín Maldonado Gissella Alexandra con el número de cédula 0705860187 y 0401754841 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de la producción de maíz (*Zea mays*) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi.”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



MSc. Ortiz Tirado Paúl Santiago

TUTOR

Tulcán, agosto de 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotras, Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline y Tocaín Maldonado Gissella Alexandra con cédula de identidad número 0705860187 y 0401754841 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline

AUTORA



Tocaín Maldonado Gissella Alexandra

AUTORA

Tulcán, agosto de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline y Tocain Maldonado Gissella Alexandra declaramos ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de la producción de maíz (*Zea mays*) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi” y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline
AUTORA

Tocain Maldonado Gissella Alexandra
AUTORA

Tulcán, agosto de 2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la sabiduría y poder cumplir este gran logro en mi vida profesional.

A mis padres Segundo Moncada e Hilda Jaramillo, gracias por siempre ofrecerme su amor incondicional, haber luchado por mí y mis hermanos día a día sin rendirse jamás, por siempre alentarnos a cumplir nuestros sueños y metas, gracias por ser los mejores padres del mundo. Su bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

A mis hermanos Jefferson y Brayan quienes han aportado grandes cosas a mi vida, gracias por su respaldo, cariño y estar presentes en los momentos más importantes.

Gracias a toda mi familia por sus consejos y apoyo de manera directa e indirecta en mi formación académica.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por darme la oportunidad de formarme con conocimientos en el ámbito profesional.

Mi agradecimiento sincero a mi tutor Ing. Paúl Ortiz por habernos dedicado su valioso tiempo y brindarnos sus conocimientos en la orientación de nuestro trabajo de integración curricular.

Stefania Jacqueline Moncada Jaramillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme esperanza, fe, valentía, fuerza y guiarme en todo momento de mi vida.

A mi madre Lilia Maldonado y mi hija Camila Chamorro por ser mi pilar fundamental, por haberme apoyado incondicionalmente, pese a los inconvenientes que se presentaron, gracias por su amor, cariño y sacrificios que han hecho a lo largo de estos años, por ello es un privilegio y honor ser su hija y madre, gracias por siempre haber estado conmigo.

Asimismo, agradezco infinitamente a mi hermana Jessica, a mi cuñado Oswaldo, a mis sobrinas y mi padrino Rodrigo que con sus palabras de aliento me hacen sentir orgullosa de lo que soy y de lo que puedo hacer y enseñar.

A la escuela Universidad Politécnica Estatal del Carchi por darme la oportunidad de formarme con una educación superior de calidad y en la cual he forjado conocimientos día a día en el ámbito profesional.

Al Ing. Paúl Ortiz, por el apoyo brindado durante este trabajo de investigación en calidad de tutor.

Gissella Alexandra Tocaín Maldonado

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo, esmero y sacrificio que nos han dedicado en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos y seremos, por todo esto y mucho más nos sentimos orgullosas de ser sus hijas, gracias infinitamente por ser nuestros padres, sin duda alguna son los mejores.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos con un gran apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A toda la familia, docentes y amigos que nos han apoyado y han hecho que este proyecto de investigación se realice con éxito y bendiciones, en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos y estuvieron al pendiente de nuestro trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	14
I. PROBLEMA	16
1.1. Planteamiento del Problema	16
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos y preguntas de investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Marco teórico	22
2.2.1. Agroecología	22
2.2.2. Sustentabilidad	22
2.2.3. Cultivos asociados	22
2.2.4. Cultivos de cobertura	23
2.2.5. Componentes agrícolas	24
2.2.6. Propiedades físicas del suelo	32
2.2.7. Propiedades químicas del suelo	32
2.2.8. Propiedades biológicas del suelo	34
III. METODOLOGÍA	36
3.1. Enfoque metodológico	36
3.1.1. Enfoque	36
3.1.2. Tipo de investigación	36
3.2. Hipótesis o idea a defender	36

3.2.1.	Hipótesis afirmativa	36
3.2.2.	Hipótesis nula	36
3.3.	Definición y operacionalización de variables	37
3.3.1.	Operacionalización de variables.....	37
3.4.	Métodos utilizados	38
3.4.1.	Ubicación del ensayo	38
3.4.2.	Superficie del ensayo	38
3.4.3.	Descripción y caracterización del experimento	38
3.4.4.	Población y muestra	39
3.4.5.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	42
3.4.6.	Procedimiento	43
3.5.	Variables evaluadas	43
3.5.1.	Producción agroecológica	43
3.5.2.	Propiedades físicas.....	44
3.5.3.	Propiedades químicas.....	45
3.5.4.	Propiedades biológicas	45
3.5.5.	Porcentaje de cobertura del suelo	45
3.6.	Análisis estadístico	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1.	Producción Agroecológica.....	47
4.1.1.	Altura de la planta de maíz	47
4.1.2.	Mazorcas por planta	49
4.1.3.	Peso en gramo de cien granos.....	50
4.1.4.	Peso en gramos de mazorca.....	51
4.1.5.	Diámetro de mazorca	53
4.1.6.	Rendimiento de maíz.....	54
4.1.7.	Rendimiento de leguminosas y cucurbitáceas por parcelas	56

4.2. Propiedades Físicas del suelo	59
4.2.1. Humedad del suelo.	59
4.3. Propiedades químicas del suelo	61
4.3.1. Acidez del suelo.	61
4.3.2. Conductividad eléctrica	63
4.4. Propiedades biológicas del suelo	65
4.4.1. Macrofauna	65
4.5. Porcentaje de cobertura del suelo	69
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones	75
5.2. Recomendaciones	76
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
VII. ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	37
Tabla 2. Características del diseño experimento.	38
Tabla 3. Unidades experimentales.....	40
Tabla 4. Distribución de los tratamientos.....	41
Tabla 5. Esquema de ANAVAR.....	46
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	47
Tabla 7. Prueba de Tukey para la variable altura de planta a los 60, 90, 120 y 150dds.....	48
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable mazorcas por planta.	49
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable peso en gramos de cien granos.	50
Tabla 10. Prueba de Tukey para la variable peso en gramos de cien granos a los 210 dds.	51
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable peso en gramos de mazorca.....	52
Tabla 12. Prueba de Tukey para la variable peso en gramos de mazorca a los 210 dds.	52
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en centímetros.	53
Tabla 14. Prueba de Tukey para la variable diámetro de la mazorca a los 210 dds.	54
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha de maíz.....	55
Tabla 16. Prueba de Tukey para la variable rendimiento en kg/ha de maíz.....	55
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento de leguminosas a los 210 dds ...	56
Tabla 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento de cucurbitáceas a los 210 dds.	57
Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de la parcela en leguminosas y cucurbitáceas (kg/ha) a los 210 dds.....	58
Tabla 20. Análisis de varianza para la variable humedad del suelo.	59
Tabla 21. Prueba de Tukey para la variable humedad del suelo a los 120, 150, 180 y 210 dds.....	60
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable acidez del suelo.....	61
Tabla 23. Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica del suelo.....	63
Tabla 24. Análisis de varianza para la variable cobertura del suelo.....	70
Tabla 25. Prueba de Tukey para la variable cobertura del suelo a los 90, 120, 150 y 180 dds.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. pH a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.	62
Figura 2. Conductividad eléctrica a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.....	64
Figura 3. Crecimiento del orden Dermáptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.	65
Figura 4. Crecimiento del orden Coleóptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.....	66
Figura 5. Crecimiento del orden Lepidóptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.	67
Figura 6. Crecimiento del orden Hymenóptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.	68
Figura 7. Crecimiento del orden Haplotaxida a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.	69
Figura 8. Preparación del terreno (arada y rastra)	91
Figura 9. Delimitación del área del ensayo	91
Figura 10. Elaboración de surcos	92
Figura 11. Aplicación de fertilizantes orgánicos.....	92
Figura 12. Siembra de maíz, fréjol, haba, arveja, zucchini y sambo.....	92
Figura 13. Toma de muestras del suelo.....	93
Figura 14. Medición de altura de la planta.....	93
Figura 15. Medición diámetro de la mazorca.....	93
Figura 16. Peso de 100 granos de maíz.....	94
Figura 17. Calculo de la cobertura del suelo.....	94
Figura 18. Recolección de datos de pH, conductividad eléctrica y humedad.....	94
Figura 19. Cuantificación de la macrofauna.....	95
Figura 20. Cultivos asociados.....	95
Figura 21. Cosecha de los cultivos asociados.....	96
Figura 22. Culminación del ensayo.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	87
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	89
Anexo 3. Costos de producción del ensayo.....	90
Anexo 4. Fotografías	91

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los productos básicos en la alimentación ecuatoriana, sin embargo, el manejo intensivo de este cultivo provoca pérdida en las propiedades del suelo, razón por la cual se implementó la presente investigación, misma que tiene como objetivo evaluar la producción y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), conformado por doce tratamientos y cuatro repeticiones, constituidos de asociaciones y coberturas con leguminosas, cucurbitáceas y maíz. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, mazorcas por planta, peso 100 granos, peso de mazorca, diámetro de la mazorca, rendimiento del maíz, rendimiento de las parcelas, humedad, acidez del suelo, conductividad eléctrica, macrofauna, porcentaje de cobertura y análisis económico. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistix 8.0 y para la comparación de las medias Tukey al 5%. Los principales resultados mostraron diferencias estadísticas en altura de la planta, peso de 100 granos, peso de la mazorca y diámetro de la mazorca obteniendo valores superiores en las asociaciones y bajos en el monocultivo. El rendimiento de maíz fue superior en el T11 (arveja + maíz + sambo) con 7705,5 kg/ha. En el rendimiento de los diversos cultivos, los valores más altos fueron encontrados en las asociaciones y coberturas. La humedad del suelo fue superior en los tratamientos con coberturas, mientras el pH y conductividad eléctrica no mostraron diferencias estadísticas. El porcentaje de cobertura fue mayor en los tratamientos con sambo. El costo-beneficio fue superior en el T10 (arveja + maíz + zucchini) con 0,75 dólares.

Palabras clave: cobertura, humedad, conductividad eléctrica, macrofauna, rendimiento.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) is one of the basic products in Ecuadorian nutrition, nevertheless, the intensive management of this crop causes loss in soil properties, for this reason, this research was carried out, and its objective is to evaluate production and soil properties in sustainable agroecological systems. A completely randomized block design (DBCA) was used, consisting of twelve treatments and four repetitions, made up of associations and coverages with legumes, cucurbits, and corn. The variables evaluated were plant height, cobs per plant, 100-grain weight, cobs weight, cob diameter, corn yield, plot yield, moisture, soil acidity, electrical conductivity, macrofauna, coverage percentage, and economic analysis. For the statistical analysis, the Statistix 8.0 program was used, and for the comparison of the means Tukey at 5%. The main results presented statistical differences in plant height, the weight of 100 grains, cob weight, and cob diameter, obtaining higher values in the associations and lower values in the monoculture. Corn yield was higher in T11 (pea + corn + sambo) with 7705.5 kg/ha. Regarding the yield of several crops, the highest values were found in the associations and coverages. Soil moisture was higher in the treatments with coverages, while the pH and electrical conductivity did not show statistical differences. The percentage of coverage was higher in the treatments with sambo. The cost-benefit was higher in T10 (pea + corn + zucchini) with 0.75 dollars.

Keywords: coverage, humidity, electrical conductivity, macrofauna, yield.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se están llevando a cabo estrategias agroecológicas para mejorar la fertilidad de los suelos, a nivel mundial los sistemas agroecológicos han logrado reducir la vulnerabilidad de los suelos, ya que estos sistemas fomentan la conservación de los recursos naturales, reduciendo el impacto ambiental. Las asociaciones de cultivos y el uso de coberturas son estrategias utilizadas para mejorar y conservar el equilibrio en sistemas agroecológicos sustentables (Altieri, 2001). La implementación de sistemas agroecológicos incide de forma positiva en las propiedades del suelo, ayudando a la regulación del pH y salinidad, aumento de la capacidad de almacenamiento de agua, incremento de la materia orgánica, así como de los nutrientes disponibles (Terán, 2016).

En Ecuador, el avance de la agroecología surge como una propuesta para disminuir el crecimiento de la agricultura convencional, la cual, es la principal promotora del deterioro ambiental. Con esto, el maíz ha sido uno de los productos más cultivados de manera convencional para el mercado nacional, por lo cual, las cantidades de químicos y labores mecánicas utilizadas en su producción han sido muy altas, causando una disminución de la fertilidad de los suelos (Araujo, 2014). Por lo tanto, se han implementado estrategias para conseguir buena producción de maíz sin dañar los ecosistemas, la utilización de policultivos, es decir, la siembra de plantas que trabajan en equipo para mejorar la producción y disminuir problemas presentes en monocultivos, se han visto como una alternativa al manejo convencional de estos rubros (González, 2015).

La Soberanía Alimentaria se encuentra vinculada a un enfoque agroecológico, pues esta permite obtener recursos para la producción de sistemas alimentarios equitativos, respetando la biodiversidad de los ecosistemas y permitiendo a productores de pequeña escala la disponibilidad de mercados justos (Windfuhr y Jonsén, 2005), dejando de lado los efectos de las grandes cadenas sobre el medio ambiente, la salud y acceso a alimentos frescos de las poblaciones urbanas (Meirelles, 2015).

Por lo anterior, se plantea la incorporación de sistemas agroecológicos sustentables mediante el uso de cultivos asociados y coberturas vegetales, con la finalidad de mejorar la productividad y propiedades del suelo, reduciendo el impacto ambiental de los monocultivos y agricultura convencional.

I. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial el cultivo de maíz es el cereal con mayor producción, debido a que es utilizado para múltiples actividades como alimentación para el consumo humano o animal, producción de bioetanol, materia prima, etc. En grano, la producción de maíz en el mundo ha alcanzado 850 millones de toneladas por año solo en monocultivo, provocando gran pérdida de los nutrientes del suelo (Vanegas, 2015).

Los sistemas de producción agrícolas intensivos, debido al uso inadecuado de plaguicidas y los extensos cultivos, están relacionados con el mayor problema que tiene la Tierra y toda la vida que en ella habita, lo que ha llevado a la destrucción de la capa de ozono y otros ecosistemas sensibles. En la fertilización aplicada en el cultivo de maíz se usa urea y compuestos nitrogenados que producen la liberación de dióxido de carbono, pero esos no son todos los problemas de la agricultura convencional, pues la labranza es otro factor también contaminante, ya que libera CO₂, gas muy importante en el efecto invernadero (Chalán, 2019).

El maíz, en Ecuador, es uno de los cultivos que más se siembra, debido a que se plantan grandes extensiones hasta pequeñas áreas para asegurar la alimentación de las familias, en el país, se observa múltiples áreas de monocultivos sembrados en todo su territorio, cada vez son más los terrenos degradados por la falta de materia orgánica en los suelos (Boada y Espinosa, 2015).

En la provincia de Carchi el uso de monocultivos y la aplicación de agroquímicos es predominante, ya que los productores por falta de conocimiento no implementan métodos agroecológicos que reduzcan los problemas ambientales, esto ha llegado a provocar la reducción de la carga microbiana, el desgaste de los suelos; así como la resistencia de plagas y enfermedades (Guerrero, 2017).

En el cantón Huaca los suelos se están viendo grandemente afectados por el uso indiscriminado de maquinaria pesada, excesiva fertilización química y uso de monocultivos (Quintero, 2016), lo cual ha mostrado no ser factible para el medio ambiente, pues han causado erosión de los suelos, contaminaciones de fuentes hídricas y pérdidas en la biodiversidad de la macrofauna del suelo (Clavijo, 2013).

Bajo el estrés de la agricultura intensiva, se ha informado de la degradación ambiental en muchos países económicamente desarrollados debido al uso excesivo de insumos de alta energía, como fertilizantes y pesticidas. El uso y reciclaje de insumos disponibles localmente e integrarlos con las cantidades mínimas necesarias de insumos externos mejoraría la sostenibilidad del proceso agrícola (Behera y France, 2016).

En los últimos años las poblaciones campesinas se han desplazado hacia las grandes ciudades, siendo este un grave problema, pues debilita las comunidades rurales. Esto sucede principalmente en zonas donde se desarrolla los monocultivos, manejo convencional o el uso de agrocombustibles. Las comunidades campesinas junto con sus tradiciones, sabiduría ancestral y etnias indígenas se han ido erosionando rápidamente (Armbrecht, 2009).

La insuficiencia en la producción de granos básicos, el cambio climático, la emisión de gases de efecto invernadero, pérdida de la materia orgánica, presencia de plagas y enfermedades en los sistemas agrícolas hace que se busquen nuevas alternativas productivas para los agricultores (Gutiérrez, 2015).

1.2. Formulación del problema

El escaso rendimiento de maíz (*Zea mays*) y deficiencias en las propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables mediante la asociación leguminosas y coberturas cucurbitáceas en el Centro experimental San Francisco, provincia del Carchi.

1.3. Justificación

El maíz es una planta conocida como pasto gigante y además es consumida por su gran valor nutritivo en la dieta Andina, también es utilizado para la producción de forraje y granos, mismos que forman parte de alimentos para animales, así también, como su uso en la manufacturera e industria farmacéutica. A lo largo de los años, se ha extendido con rapidez por todo el mundo, siendo el tercer cultivo más consumido, después del trigo y arroz (Masaquiza, 2016)

La agricultura debe ser una actividad rentable y sostenible, es decir, tiene que ser capaz de producir lo suficiente para la población a nivel mundial. La práctica y el desarrollo de la agricultura de conservación es un modelo que considera el conocimiento tradicional, a pequeña

escala y preservación de los recursos. En la actualidad existe una creciente necesidad de implementar nuevas prácticas agrícolas que minimicen el impacto ambiental (Alvarez, 2015).

En Ecuador, son pocos los productores se dedican a la agricultura sustentable, por lo que, se necesita incentivar la siembra de policultivos, pues además de incrementar el rendimiento, también se podrán aprovechar recursos como: agua, nutrientes y luz. Los sistemas agrícolas diversificados aportan varios nutrientes al suelo, evitando el uso de fertilización química, utilizada por un 90% de agricultores (Nicholls et al., 2002).

Carchi es una de las provincias que aporta a la economía nacional con la producción de maíz, esta provincia se caracteriza por basar su desarrollo económico en las prácticas agrícolas y pecuarias lo que permite que, a nivel nacional, sea una gran proveedora de materia prima agropecuaria para las diversas empresas existentes (Ortega, 2013). Los suelos carchenses son muy fértiles, sin embargo, aún existe la necesidad de impedir su degradación, ya que muchos productores aún no desarrollan una agricultura sustentable en sus unidades productivas.

Las plantas de cobertura y el cultivo intercalado de dos o más cultivos comerciales funcionalmente diversos pueden reducir la abundancia de malezas al aumentar la utilización total de recursos por parte de la comunidad de cultivos. Manipular la densidad o la orientación espacial de los cultivos comerciales puede reducir la abundancia de malezas al mejorar la competitividad de la población de cultivos (Lowry y Smith, 2018).

Los cultivos asociados y de cobertura traen consigo muchos beneficios como: incorporación de materia orgánica que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, promueven el ciclo natural de nutrientes, control natural de plagas y erosión. Es importante conocer el tipo de plantas que pueden ser asociadas, con la finalidad de mejorar las propiedades del suelo e incrementar la producción (Herrera et al., 2016).

De lo mencionado anteriormente, existe la necesidad de conocer qué tan eficiente es la asociación de cultivos y el uso de coberturas con el objetivo de evaluar el rendimiento, por lo anterior, las alternativas agroecológicas se presentan como una opción al manejo insostenible de los recursos del agroecosistema.

1.4. Objetivos y preguntas de investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la producción de maíz (*Zea mays*) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones leguminosas y coberturas cucurbitáceas en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir el sistema de producción agroecológico que permita obtener un mejor rendimiento.
- Identificar las propiedades físicas (humedad), químicas (salinización y alcalinización) y biológicas (macrofauna) del suelo en cada uno de los tratamientos.
- Determinar el porcentaje de cobertura en los sistemas productivos agroecológicos.
- Establecer análisis económico de la producción.

1.4.3. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la asociación y el cultivo de cobertura que genera un mayor rendimiento en maíz?
- ¿Qué efecto se presenta en las variables al sembrar monocultivo o policultivo en el rendimiento del maíz?
- ¿Cómo la asociación y cobertura mejora las propiedades físicas (humedad), químicas (salinidad y alcalinidad) y biológicas (macrofauna) en el suelo?
- ¿En que benefician los sistemas agroecológicos a las propiedades del suelo?
- ¿Qué sistema agroecológico presentó un mayor porcentaje de cobertura del suelo?
- ¿Cómo beneficia la cobertura del suelo al desarrollo de las plantas?
- ¿Qué sistema agroecológico genera mayor rentabilidad económica?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Según Ebel *et al* (2017) en la Universidad Autónoma del Estado de México, desarrollaron una investigación con el tema “*Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo*” cuyo objetivo fue realizar todas las posibles combinaciones de cultivos con fréjol, maíz y calabaza frente a monocultivos de cada una de las especies. Donde determinaron que la asociación de maíz-fréjol produjeron una mayor producción, el maíz rindió 7.9 Mg ha⁻¹ y el fréjol 1.9 Mg ha⁻¹ frente a los monocultivos. También todas las combinaciones de la investigación (maíz-calabaza, fréjol-calabaza y maíz-fréjol-calabaza) superaron en su rendimiento los respectivos monocultivos.

Guartasaca y León (2021) elaboraron una investigación en donde evaluó cambios que se producen en las propiedades químicas del suelo utilizando cultivos acolchados con avena y vicia. El investigador determinó que el tratamiento con acolchado de avena + vicia presentó una conductividad eléctrica de 0,28 dS. cm⁻¹ frente al tratamiento sin cobertura el cual tuvo un valor de 0,41 dS. cm⁻¹. Así mismo en la variable acidez del suelo obtuvo un pH más elevado en el tratamiento sin cobertura con un valor de 7,09 frente a los tratamientos con acolchados de avena + vicia.

En la investigación de Sanabria *et al* (2021) establecieron diversas asociaciones entre las cuales estuvieron: (T1) maíz + sin cobertura, (T2) maíz con cobertura de trébol, (T3) maíz con cobertura de vicia, (T4) maíz con cobertura de vicia + avena y (T5) maíz con cobertura muerta – mulch, con la finalidad de identificar los efectos de las coberturas vegetales en los suelos, donde determinaron diversas variables como pH, conductividad eléctrica, humedad gravimétrica, rendimiento de maíz, entre otras. Como resultados en las variables pH y CE los investigadores identificaron que no hubo significancias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, el valor del pH se mantuvo neutro en todos y el valor de la CE se vio reducida mínimamente entre 0,132 dS.m⁻¹ a -0,589 dS.m⁻¹. En cuanto al rendimiento de maíz la cobertura con trébol fue superior con 3748,84 kg/ha frente al maíz sin cobertura que tuvo 2102,83 kg/ha. En el tratamiento maíz sin cobertura (T1) el suelo perdió humedad de 5,9%, 23,1%, 2,5% y 16,2% frente a los tratamientos 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Aduviri (2019) en su investigación identificó diversas variables como; altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la hoja, rendimiento y costo/beneficio, con la finalidad de conocer como influye las asociaciones de tarwi y haba con maíz en la producción de estos. En sus resultados encontró que la asociación de maíz y haba (T1) superó con 1,83 m en altura de la planta a los demás tratamientos los cuales estaban constituidos por maíz y tarwi (T2), maíz, haba y tarwi (T3), y maíz (T4). En las variables rendimiento y costo/beneficio encontró que el T1 presentó un valor de 13.237,5 kg/ha y 3,48 respectivamente.

Limonos (2020) realizó una investigación con el objetivo de evaluar tres fuentes orgánicas como la gallinaza, estiércol vacuno y humus de lombriz para mejorar la calidad de los suelos y medir el rendimiento de maíz. En dicha investigación el autor indica que la fertilización con mayor rendimiento de maíz fue el de humus de lombriz con 5593 kg y el de menor promedio fue el del estiércol vacuno con 4460,65 kg, lo mismo sucedió en el costo beneficio con valores de 1,44 y 0,95 significativamente. En altura de la planta la fertilización con químico NPK quedó en segundo lugar y en primer lugar el humus de lombriz. En el número de mazorcas por planta, peso de mil granos y rendimiento la fertilización con humus de lombriz fue superior a todas, mientras que la fertilización con NPK presentó valores más bajos con respecto a las fuentes orgánicas.

Noguera *et al* (2017) realizaron una investigación sobre indicador agroecológico en un sistema productivo de Moringa, en donde midieron la macrofauna edáfica como indicador biológico de la salud del suelo, dando resultado que la diversidad fue mayor en los tratamientos donde se utilizó conversión agroecológica frente a manejo convencional. En dicha conversión agroecológica se encontró un 64,22% de ingenieros y en manejo convencional 74,9% de detritívoros. En las variables pH del suelo se obtuvo un valor de 6,58 en conversión agroecológica superando al manejo convencional que obtuvo un valor de 6,54. La humedad del suelo fue superior en el manejo convencional con 48,60% y la materia orgánica tuvo un valor de 4,40 en el manejo agroecológico.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Agroecología

La agroecología es una práctica ancestral pero el concepto es reciente, a medida que se conoce más sobre la agricultura tradicional se sabe que se incorporaba mecanismos en los cultivos para protegerlos de la competencia de otras plantas y de los depredadores. En este sistema tradicional la principal fuente son los insumos renovables locales propios del medio (Martínez, 2002). La agroecología tiene por objetivo una agricultura limpia basada a mantener un ambiente sostenible donde la producción mantenga una estabilidad tanto para el ecosistema como para el productor (Altieri et al., 2010).

2.2.2. Sustentabilidad

La sustentabilidad es producir cultivos en un ecosistema que satisfaga las necesidades económicas y ambientales, de tal manera que se obtenga productos considerados naturales y se encuentren bajo un código ético, logrando un bienestar entre los recursos naturales y la productividad (Sánchez, 2019). Entonces sustentabilidad hace referencia a la economía, ecología, códigos políticos, que busca especializarse en sostener un ecosistema, desarrollando nuevas estructuras para mantener los recursos intactos y la economía del productor (González, 2015).

2.2.3. Cultivos asociados

Los cultivos asociados son definidos como áreas donde se encuentran sembradas dos o más especies, con la finalidad de que ambos cultivos se complementen entre sí o formen una competencia interespecífica. Cabe mencionar que el termino asociación no significa que las plantas deben sembrarse al mismo tiempo, pues estas pueden ser sembradas en diferentes ciclos del cultivo principal (Jiménez et al., 2010).

2.2.3.1. Beneficios de cultivos asociados

A nivel mundial los agricultores optan por los policultivos debido a que les brindan mayor rendimiento que en un área sembrada con un solo cultivo. De esta manera se aprovecha todo el

suelo disponible, y las labores se reducen porque no dan espacio a otras malas hierbas, incluso las plantas se vuelven más resistentes a plagas sin la necesidad de utilizar pesticidas o productos químicos. Los policultivos ofrecen múltiples beneficios además de dar eficiencia al suelo con el uso nutrientes y humedad, a diferencia de los monocultivos expuestos a las mismas condiciones (Smith y McSorley, 2000). Otros beneficios que poseen los cultivos asociados son los siguientes:

Control de sanidad: esta promueve la biodiversidad, ocupa la mayor parte de recursos naturales, reduce los niveles de riego conservando la humedad entre plantas, los cultivos se protegen mutuamente frente a la presencia de plagas y enfermedades, ya que forman una barrera física, reduciendo así la diseminación de esporas patógenas, además mantienen un microclima lo que evita la reproducción de insectos patógenos (Gómez y Zavaleta, 2001).

Aprovechamiento de nutrientes: permite capturar y reciclar nutrientes, reduce el uso de plaguicidas y herbicidas en el suelo. Existe mayor actividad biológica, aumenta la materia orgánica debido a la presencia microbiota (Baca, 2016).

Uso eficiente del suelo: permite mejorar la fertilidad del suelo por la incorporación materia orgánica de una manera continua; hay intercambio de nutrientes; forma una zona bosqueja impidiendo la luz intensa del sol hacia el suelo; reduce la evaporación del agua e infiltra el agua al suelo de una manera lenta; retiene el suelo debido a que mantiene la humedad e impide que pierda su textura (Araujo, 2014).

2.2.4. Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura (CC) son sistemas que se incorporan como una herramienta para manejar los nutrientes. En muchas de las ocasiones se utiliza los CC con leguminosas, porque tienen la función de cubrir parte del nitrógeno que requiere el cultivo. Ya se ha comprobado que la mayoría de las leguminosas tienen la capacidad de acumular abundante nitrógeno en su biomasa, es por ello que, para próximos cultivos, mediante la descomposición de los residuos, el suelo estará con abundante materia orgánica (Vanzolini et al., 2013).

2.2.4.1. Beneficios de cultivos de cobertura

Pueden atribuir a varias funciones como reducción de costos ya que no se adquieren fertilizantes o pesticidas; aportan alimento para el ganado y reducen la mano de obra. Además, incrementa los ingresos por la venta de semilla de diferentes especies y follaje. Estos cultivos disminuyen la degradación del ecosistema porque existe menos labor de quemado, baja la incorporación de agroquímicos y menos deforestación (Pound, 2007).

Los cultivos de cobertura permiten la resistencia a las sequías, restauran los suelos degradados y aumentan la humedad del suelo por lo que suma la infiltración y retención del agua. Benefician la incorporación de materia orgánica, conceden cambiar a labranza cero luego de unos años, además estos cultivos previenen la erosión (Bunch, 2004).

2.2.5. Componentes agrícolas

2.2.5.1. Maíz (*Zea mays*)

En Ecuador el maíz es un cultivo de importancia, por sus inigualables características que posee, entre ellas, como la adaptación a diferentes tipos de suelos, condiciones climáticas, resistencia a plagas y enfermedades. Se lo considera como un alimento irremplazable dentro de la soberanía y seguridad alimenticia del país, ya que, aparte de ser un alimento para la población, también es una planta que se la transforma en forraje para la alimentación de ganado y especies menores, incluso se la puede utilizar como abonos ricos en materia orgánica. Por estos motivos es necesario producir este cultivo en pequeñas, medianas y grandes áreas de terreno, con técnicas agroecológicas, donde se vea reflejados métodos con doble propósito, significativos para la sustentabilidad (Bravo et al., 2018).

Producción nacional

Para el año 2021 en Ecuador la producción de maíz fue de 1,6 millones de toneladas métricas en 373,586 hectáreas. Se estima que para el año 2022 la producción llegue a disminuir hasta un 35% por el aumento de precio en fertilizantes, el cambio de agricultores a la siembra de otros cultivos y presencia de nuevas enfermedades (Coba, 2022).

Variedad Mishca mejorado

El maíz amarillo harinoso “INIAP-124 “MISHCA MEJORADO” esta variedad se derivó de un compuesto interparietal, gracias a las diferentes cruzas de las ocho mejores colectas: ECU-08837 (Guayllaro 027), ECU- 08823 (Selva Alegre), 08836 (Guayllaro 026), ECU-08837, ECU-01573, ECU-01622, INIAP-131, ECU-08833 (Guachalá), se utilizó diferentes métodos de selección para lograr obtener esta variedad, es una especie que en estado fresco (choclo) es muy apetecida por los ecuatorianos, además, se la puede consumir en diferentes presentaciones como: harina, mote, tostado, etc. (Caviedes et al., 2002).

Manejo agronómico

Esta variedad se siembra es en los meses de septiembre hasta mediados de noviembre, esto depende de la localidad o disponibilidad de agua. En cultivos asociados se surge sembrar en surcos de 80 cm, y 70 a 80 cm entre planta, con tres semillas de maíz y dos de frejol por golpe. Esta variedad se la cultiva en altitudes de 2200 a 2900 msnm, a temperatura de 12 a 18°C, con precipitaciones de 1000 a 1500 mm, y un pH de 5 a 6.5 (Caviedes et al., 2002).

La floración femenina inicia a 105 a 129 días, puede llegar a medir 133 a 237 cm, s generalmente la mazorca mide 62 a 148 cm, los días de cosecha en seco son 233 a 282. Esta variedad se la cultiva en altitudes de 2200 a 2900 msnm, a temperatura de 12 a 18°C, con precipitaciones de 1000 a 1500 mm, y un pH de 5 a 6.5 (Yáñez, 2013).

Rendimiento

Yáñez (2013) indica que esta variedad presenta un rendimiento con un rango de 160 a 305 sacos de choclo, con un promedio de 233 por hectárea, mientras que en grano seco la producción alcanza un valor 5100 kg/ha.

Requerimientos nutricionales

García (2002) manifiesta que la planta de maíz requiere alrededor de siete nutrientes principales como: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre en cantidades de 22, 4, 19, 3, 3, 4 kg/t de grano respectivamente. Pero con frecuencia estos son escasos en los suelos agrícolas en

especial el NPK, sin estos elementos el cultivo de maíz no crece de una manera normal, a menos que el agricultor obligatoriamente incorpore dichos elementos.

En la etapa de crecimiento el maíz absorbe pequeñas cantidades de nitrógeno, cuando llega a la etapa de inflorescencia esta requiere mayor cantidad, llegando a consumir más de 4kg/ha diarios. Es por ello que se considera que el maíz es uno de los cultivos que más absorbe nitrógeno del suelo, cabe resaltar que en la superficie hay más de treinta toneladas de nitrógeno, mismo que el maíz no puede asimilarlo, dando como resultado que se busque otras fuentes para su incorporación, ya que, al no existir la suficiente cantidad de nitrógeno, este provoca el inadecuado desarrollo en la planta y el grano pierde calidad (Bucardo y Mejía, 1999).

2.2.5.2. Fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

A nivel mundial esta leguminosa es considerada un alimento directo e importante para el humano, más de 300 millones de personas lo consumen. Para varios individuos es considerado como la carne de los pobres, ya que es un alimento no tan costoso y está al acceso de todas las familias. En el Ecuador es considerado una de las principales fuentes de carbohidratos y proteínas, es muy consumido y recomendando para mujeres embarazadas y niños; además este cultivo es una fuente de ingresos económicos para varias familias campesinas (Ávila, 2015).

Producción nacional

El cultivo de fréjol en Ecuador posee mayor área de cultivo y consumo, en comparación con otras leguminosas. En el año 2021 la producción nacional fue 39,725 toneladas métricas, representando el 0,2% de la producción a nivel mundial (Nivicela, 2021).

Variedad Bolón Bayo INIAP-403

Según Villasis et al, (1991) manifiesta que las características de la Variedad de Fréjol Bolón Bayo INIAP-403, es una variedad colectada en Checa, provincia de Pichincha, esta se suele asociar con maíces de tallos fuertes. El ciclo vegetativo de esta variedad tiene 92 días de floración, llegando a una madurez fisiológica de 178 días, la época de cosecha es de 195 días. Esta variedad se la cultiva en pisos altitudinales entre 2499 a 2800 msnm. El rendimiento promedio de esta variedad es de 995 kg/ha

Manejo agronómico

Este cultivo se siembra de 80 cm entre surco y 50 cm entre planta, depositando 3 semillas de frejol y dos de maíz por sitio, para lo cual se necesita de 35 a 45kg de semillas de frejol por hectárea. Con un mínimo de 50.000 plantas/ha en asociación con igual número de plantas de maíz (Villasis et al., 1991).

Requerimientos nutricionales

El fréjol voluble posee requerimientos de nutrientes muy elevada, para el crecimiento de grandes vainas y presencia de tallos resistentes. Los principales nutrientes que se debe incorporar a la nutrición de esta leguminosa en kg/ha necesarios son: 97 de nitrógeno, 9 de fósforo, 93 de potasio, 54 de calcio, 18 de magnesio y 25 de azufre (Arias et al., 2018).

2.2.5.3. Haba (*Vicia Faba*)

Este producto es de suma importancia para todos los ecuatorianos, contiene altos niveles de proteína, los cuales son considerados benéficos para el consumo humano. Además, muchos de los agricultores se benefician económicamente debido a que este producto queda disponible para los mercados locales (Delgado, 2017).

Producción nacional

En el año 2021 la producción de haba tierna en vaina presentó un valor de 24,645 toneladas métricas en el territorio ecuatoriano, indicando que la mayor producción de este cultivo fue en la sierra ecuatoriana con un valor de 23,062 toneladas métricas (INEC, 2021).

Variedad INIAP-440. QUITUMBE

Según Peralta, *et al* (1994) la variedad de haba INIAP-440. QUITUMBE proviene de la zona de San Isidro, provincia del Carchi, esta se adapta a altitudes de 2800 a 3400 msnm; con precipitaciones de 800 mm durante el ciclo, al contar con esta precipitación se logrará obtener un buen crecimiento y desarrollo de la planta. Los suelos por lo general se recomiendan que sean de textura franco, con buen contenido de materia orgánica y un pH de 5 o 6. Este cultivo

llega a alcanzar un rendimiento en grano tierno de 7800 kg/ha y en grano seco un valor de 2700 kg/ha.

Manejo agronómico

La siembra de este cultivo se la realiza en los meses de septiembre a noviembre con un promedio de 90kg/ha. La preparación del suelo usualmente se la realiza con arada, rastra y surcada. La distancia entre sitios de 25 o 50 cm, se coloca de 1 a 3 semillas por golpe con una distancia entre surco de 80 cm. Para el control de malezas se debe realizar dos deshierbas y un aporque (Peralta et al., 1994).

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales del haba varían de acuerdo al tipo de suelo, sin embargo, se debe realizar por hectárea una fertilización de 40 kg de N, 60 kg de P₂O₅ y 60 kg de K₂O para complementar los nutrientes necesarios, así mismo para más precisión de la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo se debe realizar un análisis de suelos (Paucar, 2014).

2.2.5.4. Arveja (*Pisum Sativum*)

Este cultivo es muy importante en el mercado nacional e internacional. Muchas familias ecuatorianas dependen de este cultivo en especial en la zona sierra del Ecuador. Este alimento es considerado como uno de los más esenciales en la seguridad y soberanía alimentaria, ya que es un alimento rico en proteínas que forman parte de una dieta saludable. Esta leguminosa es considerada como una de las principales fuentes en aportar nitrógeno al suelo, reduciendo la incorporación de fertilizantes químicos ricos en este mineral (Vaca, 2011).

Producción nacional

En el año 2021 la producción en vaina de arveja tierna en el territorio ecuatoriano fue de 17,257 toneladas métricas, siendo inferior en comparación con el año 2020 donde alcanzó un valor de 20,142 mostrando una producción mucho más elevada en la región Sierra, mientras que en arveja seca la producción en el año 2021 fue de 424 toneladas métricas (INEC, 2021).

Variedad INIAP -434 ESMERALDA

La arveja (*Pisum sativum* L.) INIAP-434 ESMERALDA, es una variedad originaria de la línea E-175, de habilidad decumbente, tiene una altura de 126 cm, a los 70 días se da la floración, con un tiempo de cosecha en verde de 105 a 110 días. El rendimiento en vaina verde es de 4971 kg/ha y en grano seco 1640 kg/ha (Peralta et al., 1997).

Manejo agronómico

La siembra se hará 1 o 2 días después de haber dado riego o haya llovido, en los meses de abril a julio (de acuerdo a la zona), la densidad de siembra es de 120 a 140 kg/ha, con un promedio de 360000 a 420000 plantas. La distancia entre surcos es de 80 cm, y el número de granos por sitio es de 6 a 8 cm. Se realizan dos cosechas: la primera cosecha se efectúa en un 70%, y la segunda en 15 o 20 días después (Dane, 2016).

Requerimientos nutricionales

Ferraris y Couretot (2014) indican que la arveja requiere de varios nutrientes para poseer un correcto crecimiento fenológico, sin embargo, detallan los más importantes que no deben faltar en la fertilización de este cultivo, tales nutrientes y sus cantidades en kilogramos por tonelada producida son: 42 de nitrógeno, 5 de fósforo, 24 de potasio, 4 de magnesio y 2 de azufre.

2.2.5.5. Zucchini (*Cucurbita pepo*)

El zucchini es un cultivo del cual aún no está definido su lugar de origen, aunque mucho creen que es un cultivo originario de Asia, esta creencia la tienen, porque está citado por egipcios y romanos, otra creencia es que, pueden ser originarios de México, siendo una especie introducida por europeos (Calucho, 2017).

Producción nacional

En Ecuador la producción de zucchini es mínima, por lo cual no existe datos anuales del consumo o producción a nivel nacional. Carriel (2017) manifiesta que la siembra de este cultivo se da principalmente en la región Sierra con un 96%, mientras que en la Costa un 2%.

Variedades Mila F1 y Golden F1

La variedad Mila F1 y Golden F1 son calabacines también conocidos como zucchini, tienen forma alargada y cilíndrica, sus colores varían de acuerdo a la variedad, como por ejemplo la variedad Mila F1 tiene un color verde oscuro brillante, mientras que la variedad Golden F1 tiene color amarillo intenso, estas plantas se adaptan a climas cálidos o fríos por lo que la cosecha del fruto depende 100% del clima al cual hayan sido sembrados (Grisales et al., 2020).

Manejo agronómico

Para el desarrollo de este cultivo se requiere una temperatura: 20-30° mínima de 10° poco desarrollo, la humedad de 70-80% capacidad, con un suelo franco arenoso; bien drenado, el pH recomendado es de 6.0 a 6.5, con una precipitación de 300 a 1800 msnm; en mayores alturas (2.000 msnm) el desarrollo se extiende considerablemente. La siembra entre surcos es de 1.5m y la distancia entre planta 30 cm, con un número de semillas de 1 por postura (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2004).

Requerimientos nutricionales

Los valores de nutrientes más importantes en la fertilización del cultivo de zucchini en kilogramos por hectárea son: 159 de nitrógeno, 96 de fósforo, 161 de potasio, 26 de calcio y 28 de magnesio (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2004).

2.2.5.6. Sambo (*Cucurbita ficifolia*)

Las cucurbitáceas son una especie que tiene un buen interés económico, además están tomándolos en cuenta para la asociación de cultivos y cobertura debido a que cubren gran parte del área cultivada (Gonzales et al., 2010).

Este cultivo se encuentra distribuido por las cordilleras de América Latina, con altitudes que van desde los 1000 hasta los 3000 msnm. En zonas ecológicas este cultivo se desarrolla de una manera más eficiente (Padilla, 2012).

Producción nacional

En Ecuador el sambo es una de las cucurbitáceas menos cultivadas, no obstante, está a nivel nacional es fácil de ser encontrada en estado silvestre en zonas templadas y altas por su resistencia a climas fríos, razón por la cual los productores no se dedican a la producción intensiva de este cultivo (Alvarez, 2019).

Variedad Malabar

Según García y Tubay (2017) la variedad sambo malabar se adapta a zonas elevadas, requiere suficiente agua para su desarrollo, se identifica por su enorme tamaño, la corteza de este fruto es gruesa, generalmente es de color verde claro, con franjas verticales blancas, la textura es blanda lo que lo hace muy apetecible para el consumo humano.

Manejo agronómico

Esta especie tolera diferentes tipos de suelo, siendo los ideales, suelos ligeros con abundante materia orgánica y húmedos, el clima oscila desde los 12°C a 18°C, con días largos para obtener frutos de calidad y haya mayor producción (Arevalo y Arias, 2008)

La semilla debe ser germinada de cinco a siete semanas antes de la siembra, el número de semillas por golpe es de 2 a 3. Las plantas deben ser separadas de 2 a 4 metros, ya que estas son rastreras siendo dispersadas por toda la parcela. Este soporta un pH de 5,6 a 6,8 (Alvarez, 2019).

Requerimientos nutricionales

De Gracia et al (2003) afirman que los nutrientes requeridos en las cucurbitáceas para un buen crecimiento vegetativo de las plantas deben constar de los siguientes elementos: nitrógeno 30%, fósforo 100%, potasio 70%, azufre 95%, calcio 100%, magnesio 95% y por último requiere de elementos menores con un 30%. Los nutrientes necesarios para el sambo son difíciles de encontrar ya que existen muy pocos manuales sobre su manejo, por lo cual, es importante desarrollar nuevas investigaciones de este cultivo.

2.2.6. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo son importantes para el correcto desarrollo de las plantas, pues estas establecen el movimiento del agua, la penetración de raíces y suministro de oxígeno, sin embargo, en ocasiones no son tomadas en cuenta por los agricultores al momento de desarrollar la siembra de sus cultivos. Para que exista un medio adecuado para el crecimiento del cultivo, debe de existir una interacción dinámica entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Ramirez, 1997).

2.2.6.1. Humedad del suelo

La humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua que contiene una determinada porción de un suelo. Este es trascendental para determinar las propiedades físicas, debido a que la humedad influye en la compactación del suelo, espacio poroso, densidad aparente, resistencia al corte, penetrabilidad, color y succión total del agua. Existen algunos factores que están conectados directamente a la humedad del suelo, tales como la vegetación, el clima, entre otros, mismos que indican el tipo de suelo y la vida edáfica existente (Flores y Alcalá, 2010).

En los agroecosistemas la humedad es una parte fundamental para el desarrollo de los cultivos, y esto es porque las plantas se encuentran en constante dinámica con el agua, ya que esta transporta los nutrientes que se encuentran disponibles en los suelos, además que regula la aireación y la temperatura, entonces, al existir bajos niveles de humedad, las plantas se marchitarían y por ende morirían, ocasionando pérdida total de la producción (Gaibor, 2019).

Según Silva et al (2015) para medir el agua del suelo se la mide en gravimétrico (w), es decir, el contenido gravimétrico es la masa de agua por una unidad de masa de suelo seco, este valor es determinado por una muestra de suelo secándolo al suelo a 105°C durante 24 horas. Esta muestra se la pesa en húmedo y luego se realiza un sexado en la estufa para ser pesada en seco.

2.2.7. Propiedades químicas del suelo

En algunos lugares se ha producido la pérdida de fertilidad de los suelos, provocando pobreza extrema y hambre en la población, conllevando a la existencia de enfermedades, violencias o dependencia de otros. Las propiedades químicas son importantes para la recuperación de los

suelos, las principales son la materia orgánica, arcilla, acidez del suelo y la conductividad eléctrica (Pereira et al., 2011).

2.2.7.1. Acidez del suelo (pH)

La acidez del suelo se la determinada por la acción iónicas del hidrogeno. Entonces, la acidez del suelo se la determina midiendo la actividad del Hidrogeno y se la expresa con el indicador pH. Un suelo con un pH de 5.0 tiene un nivel de H^+ 10 veces más que un suelo de pH 6.0. Este ejemplo tiene mucho significado en el momento de nutrir el suelo y que su manejo sea más efectivo a la hora de fertilizar y realizar otras actividades (Espinosa y Molina, 1999).

El pH se ve afectado por varios procesos ya sea humanos o naturales, dependiendo particularmente del tipo de suelo, si se brindad un adecuado proceso en cuanto a estas actividades, se permitirá dar un mejor parámetro en las condiciones acidas del suelo (Espinosa & Molina, 1999). La acidez del suelo depende de muchas causas, las cuales se las divide en dos; una de origen natural que mayormente es provocada por la alta caída pluviométrica y la otra a través del hombre por el manejo que les da a sus suelos (Bernier y Alfaro, 2006).

2.2.7.2. Conductividad eléctrica (CE)

Las concentraciones de sales solubles presentes en los suelos, se mide a través de la conductividad eléctrica. Si se presenta la CE alta es que la concentración de sales es mayor, por ello es necesario que esta sea baja, favorablemente de $1dS\ m^{-1}$ (1+5 v/v). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. (Barbaro et al., 2014)

La salinidad del suelo puede verse afectada por los efectos de la naturaleza, sin embargo, el hombre es el principal causante del efecto negativo, debido al incorrecto riego, mal drenaje, inadecuada aplicación de estiércol, exceso de fertilizantes y el uso de aguas residuales. Por ejemplo, si el suelo posee un exceso potencial osmótico los cultivos se verán afectados, ya que las raíces no serán capaces de tolerar esta salinización en su sistema, limitando significativamente la entrada del agua por la raíz; además vendrán más problemas para el cultivo como, una limitación a la absorción de nutrientes, afecta al reciclado de iones en la

planta, acumula sodio, cloro y boro en diferentes partes de las plantas como en las semillas, hojas y tallo (Castellanos, 2016).

2.2.8. Propiedades biológicas del suelo

Las propiedades biológicas del suelo vienen asociadas con la vida animal que se encuentran en el suelo como insectos y lombrices, mismos que mejoran la calidad del suelo, forman parte de la mineralización de la materia orgánica, además aquí ocurren procesos de sinergia o antagonismo lo cual son benéficas para disminuir los ataques de plagas a las plantas. El suelo desarrolla organismo que se encuentran en acción contribuyendo a los ciclos que posee el suelo, manteniendo la función sustentable de los ecosistemas. Por ejemplo, los organismos intervienen en las diferentes etapas de los nutrientes, secuestran carbono, regulan la emisión de gases (Zerbino y Altier, 2014).

2.2.8.1. Macrofauna

Son organismos que miden de entre 2 y 20 mm y son: isópodos, formícidos, isóptera, oligoquetos, diplodos, la mayoría de ellos tienen un ciclo de vida muy largo a diferencia de otros, con movimientos lentos y una baja reproducción, su alimentación varía de acuerdo al grupo que se encuentre. Los invertebrados más grandes se desplazan por todos lados creando grandes poros. Estos mejoran la fertilidad del suelo, existe disponibilidad de nutrientes en la rizosfera y afecta la tasa de infiltración y de aireación del suelo (Zerbino y Altier, 2014).

La biodiversidad edáfica permite descomponer la materia orgánica, tiene la capacidad de mantener la estructura del suelo, regular el agua, ayudan a que los nutrientes cumplan sus ciclos eliminando así los compuestos tóxicos, realizan el intercambio de gases (Núñez, 2016). Además, la macrofauna es responsable de distribuir la MO (materia orgánica), por toda el área que se encuentre, incluso llevarla hasta más de un metro de profundidad del suelo (Hernández et al., 2014).

Usualmente a las lombrices se las conoce como los ingenieros del suelo debido a que estos son grandes consumidores de materia orgánica, estos invertebrados permiten que la estructura del suelo sea adecuada para mantener el agua y se lleve a cabo el intercambio gaseoso. De la misma

manera los milpiés y limacos se alimentan de la maleza interviniendo en el proceso de descomposición y creación de materia orgánica (Cabrera et al., 2011).

Los coleópteros, hemípteros y arácnidos consumen alimentos vegetal y animal lo que contribuye a que los suelos sean más ricos en materia orgánica, mejorando la fertilidad y disposición de nutrientes para los cultivos. Cabe resaltar que en la mayoría de los cultivos con gramíneas existe una macrofauna extensa de herbívoros como las lombrices, las cuales son estimuladas por la mineralización del carbono principal componente de absorber CO₂. En los ecosistemas como bosques protegidos, sistemas silvopastoriles y policultivos, varios investigadores han detectado que estos ingenieros de suelos dominan gran parte de la biomasa colaborando así con la protección de la vida edáfica (Cabrera et al., 2011).

La macrofauna permite que los suelos sean productivos, debido a que son benéficos por su alta capacidad de modificar los agroecosistemas. Estos invertebrados usualmente no son reconocidos ni protegidos por un alto nivel de trabajadores del campo, ya que la mayor atención recibe las plagas, causantes de pérdidas económicas considerables y lo que es más la destrucción de los suelos por el alto arrojado de insecticidas a los mismos. Es por ello que se necesita priorizar a la macrofauna benéfica con el fin de dar otro enfoque a la agricultura evitando así la destrucción física, química y fertilidad de los suelos (Lema, 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque metodológico

3.1.1. Enfoque

Este trabajo de integración curricular tiene un enfoque cuantitativo, ya que se usaron datos y análisis estadísticos para identificar cuál de los tratamientos presentó un mayor rendimiento en maíz y beneficio en las propiedades físicas, químicas y biológicas.

3.1.2. Tipo de investigación

Para la elaboración de este trabajo de integración curricular se utilizó los siguientes tipos de investigación:

Experimental: Permitió la manipulación de las variables de estudio, identificando con que leguminosa o cucurbitácea en asociación o cobertura se aumenta el rendimiento del maíz.

Científica: En el presente trabajo se realizó una investigación sobre como los cultivos asociados y de cobertura afecta los suelos, esto se realizó mediante análisis del pH, conductividad eléctrica, porcentaje de humedad y macrofauna.

3.2. Hipótesis o idea a defender

3.2.1. Hipótesis afirmativa

Los sistemas agroecológicos en asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) incrementan el rendimiento y propiedades del suelo en el cultivo de maíz.

3.2.2. Hipótesis nula

Los sistemas agroecológicos en asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) no incrementan el rendimiento y propiedades del suelo en el cultivo de maíz.

3.3. Definición y operacionalización de variables

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Tipo	Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Variables dependientes	Producción	Producción agroecológica	Altura de la planta	Medición en cm	Cinta métrica
			Diámetro de la mazorca		
			Mazorcas por planta	Conteo	Observación
			Peso mazorca	Gramos	Balanza
			Peso 100 granos por planta		
			Rendimiento/tratamiento	kg/ha	
			Rendimiento/parcelas		
			Análisis económico	\$	Microsoft Excel
		Propiedades del suelo	Física (Humedad)	%	Método gravimétrico
			Químicas (conductividad eléctrica y acidez del suelo)	Conductividad eléctrica	Análisis de laboratorio
				pH	
		Biológica (Macrofauna)	N° insectos	Método TSBF	
		Cobertura del suelo	Crecimiento	%	Observación
Variables independientes	Asociación y cobertura de los cultivos.	Leguminosas y Cucurbitáceas	Maíz, Arveja, habas, frejoles, zucchini, sambo.	Kg/ha	Balanza

3.4. Métodos utilizados

3.4.1. Ubicación del ensayo

La presente investigación se realizó en el Centro experimental “San Francisco” de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi ubicada en el cantón Huaca, provincia del Carchi, la misma que se ubica a 0° 37’ 3” N de latitud y 77° 45’ 3” W de longitud; a 2800 msnm, con precipitaciones de 1000 a 1200 mm y temperatura de 13.5 °C. Predominan suelos francos arenosos, medios limosos y bajos de arcilla.

En la Finca experimental se realizó una asociación de cultivos con leguminosas y cobertura con cucurbitáceas. Quince días antes de desarrollar la siembra se fertilizó el suelo y las semillas utilizadas fueron certificadas.

3.4.2. Superficie del ensayo

La investigación tuvo una superficie de 962,5 m² siendo de 17,5 metros de largo por 55 metros de ancho. Se dividió en 48 unidades experimentales con las medidas de 4 m x 4 m.

3.4.3. Descripción y caracterización del experimento

Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por 12 tratamientos y 4 repeticiones, obteniendo 48 unidades experimentales.

Tabla 2. Características del diseño experimento.

Diseño experimental	
Tratamientos	12
Repeticiones	4
Unidades experimentales	48
Área total del ensayo	962,5 m ² (55 m x 17,5 m)
Área de la parcela experimental	16 m ² (4 m x 4 m)

3.4.4. Población y muestra

Población: La población consta de 962,5 m², dividida en 48 parcelas de 16 m² (4 m x 4 m). En el cual se encontraron 1120 plantas de maíz, 280 de fréjol, 280 de haba, 280 arvejas, 64 de sambos y 160 de zucchini.

Muestra: Se obtuvo una muestra del suelo de 0,5 m en cada parcela y 5 plantas de maíz.

3.4.4.1. Tratamientos

A continuación, se detallan los tratamientos utilizados en la presente investigación:

Tratamiento 1: Fréjol + maíz

Tratamiento 2: Haba + maíz

Tratamiento 3: Arveja + maíz

Tratamiento 4: Zucchini + maíz

Tratamiento 5: Sambo + maíz

Tratamiento 6: Fréjol + maíz + zucchini

Tratamiento 7: Fréjol + maíz + sambo

Tratamiento 8: Haba + maíz + zucchini

Tratamiento 9: Haba + maíz + sambo

Tratamiento 10: Arveja + maíz + zucchini

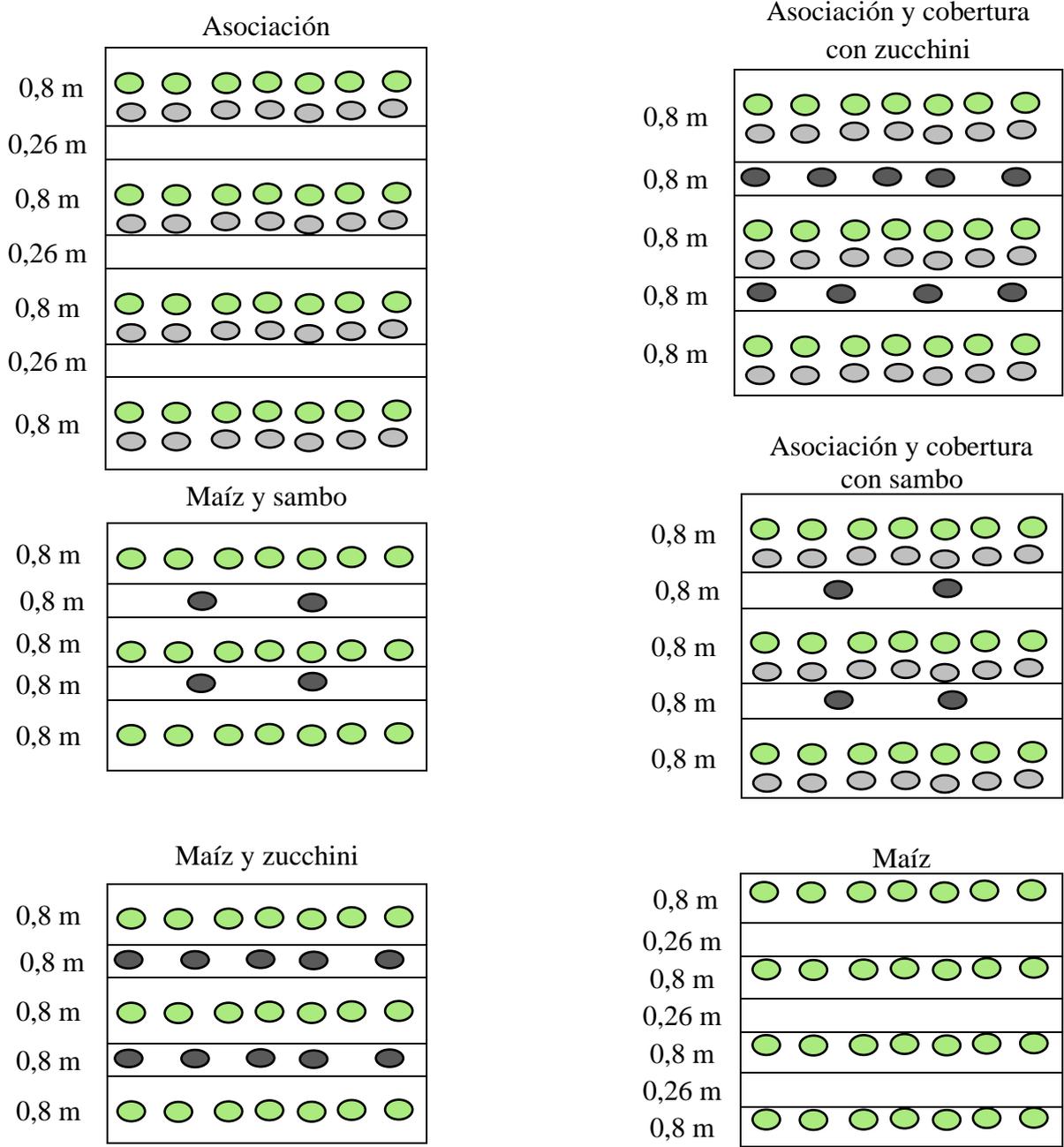
Tratamiento 11: Arveja + maíz + sambo

Tratamiento 12: Maíz

3.4.4.2. Unidades experimentales

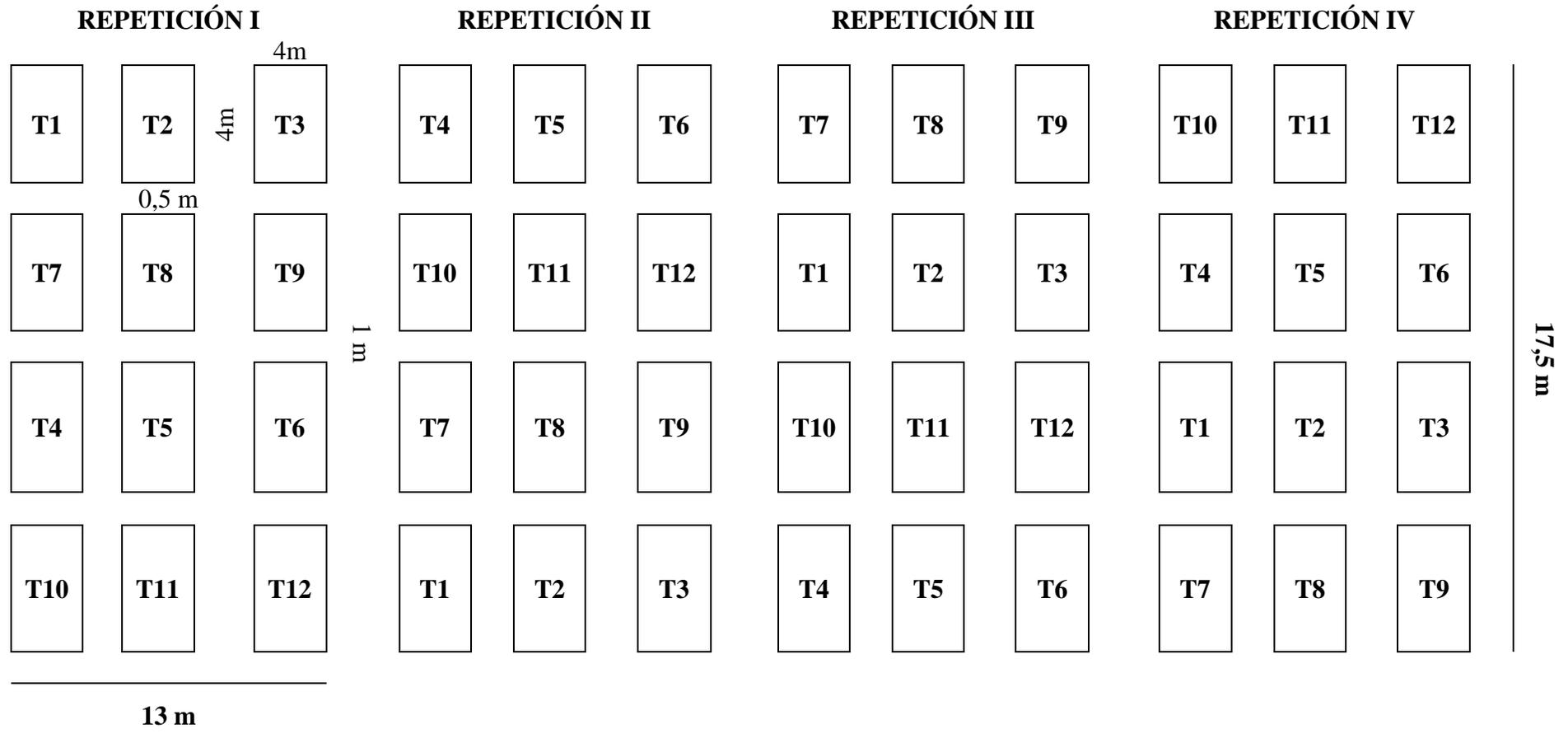
La unidad experimental fue de 16 m² (4 m x 4 m), divididas a 0,5 m, la distancia de siembra del maíz fue de 0,60 m entre plantas, las leguminosas se sembraron a 0,20 m alado del maíz, el cucurbitáceo sambo fue sembrado a una distancia de 2 m y el zucchini a una distancia de 0,80 m. En la tabla 3, se observa las unidades experimentales, donde el color verde indica el cultivo de maíz, el gris las leguminosas y el negro las coberturas.

Tabla 3. Unidades experimentales



3.4.4.3. Distribución de los tratamientos

Tabla 4. Distribución de los tratamientos



3.4.5. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.5.1. Observación

Se llevó un registro sistemático y fiable de las variables a medir en la presente investigación sin la modificación de los datos identificados.

3.4.5.2. Libreta de campo

Se anotaron todos los apuntes y medidas de las variables que se presentaron a lo largo de la investigación. Como número de insectos, altura de la planta, porcentaje de cobertura, etc.

3.4.5.3. Método gravimétrico

Para determinar la propiedad física (humedad del suelo) se utilizó el método gravimétrico, el cual se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Muestra} - \text{Muestra suelo seco a } 105\text{ }^{\circ}\text{C}}{\text{Muestra suelo seco a } 105\text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100$$

3.4.5.4. Método TSBF

Este método permitió determinar la macrofauna del suelo, para ello se realizó un hoyo de 0,30 x 0,30 m en cuatro puntos de la parcela, con 30 cm de profundidad. Después se extrajo la tierra, una vez obtenida se revisó si existía presencia de insectos.

3.4.5.5. Análisis de laboratorio

Para las propiedades químicas (pH y conductividad eléctrica) del suelo se adquirió una muestra en cuatro puntos de 1m² en cada parcela con 30 cm de profundidad, las cuales fueron evaluadas en laboratorio, donde se colocó 10 gramos de muestra y 20 ml de agua destilada, esto se disolvió y se tomo los datos con el potenciómetro.

3.4.6. Procedimiento

3.4.6.1. Siembra

La siembra se llevó a cabo 15 días después de la fertilización del suelo, la distancia del maíz fue de 0,6 m entre plantas, las leguminosas en asociación a 0,20 m alado del maíz, el sambo fue sembrado a una distancia de 2 m y el zucchini a una distancia de 0,80 m.

3.4.6.2. Fertilización

La primera fertilización de la investigación se realizó quince días antes de la siembra con vermicompost, a partir de los quince días después de la siembra se empezó a fertilizar con abonos orgánicos de casas comerciales, tales como: humitas 15, superbiol y abonaza.

3.4.6.3. Cosecha

El tiempo de cosecha del maíz, fréjol y sambo fue a los 210 días después de la siembra. En arveja se obtuvo dos cosechas a los cuatros meses de cada ciclo fenológico. Por último, el zucchini y el haba se cosecharon a los seis meses.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Producción agroecológica

3.5.1.1. Altura de la planta

Esta variable fue medida en cinco plantas cada 30 días, una vez surgió la emergencia, desde el suelo hasta el ápice caulinar, con una cinta métrica. Al finalizar la investigación se compararon los tratamientos para determinar cual obtuvo mejor resultado.

3.5.1.2. Mazorcas por planta

Próxima a la cosecha del maíz, mediante conteo, se obtuvo el número de mazorcas en cinco plantas de las unidades experimentales.

3.5.1.3. Peso 100 granos por planta

En el momento de la cosecha se obtuvo 100 granos al azar de las mazorcas existentes en las cinco plantas del muestreo y se identificó su peso exacto en gramos con una balanza analítica.

3.5.1.4. Peso de mazorca

El peso de la mazorca se determinó en gramos, utilizando una balanza gramera, en cinco mazorcas obtenidas de las cinco plantas del muestreo.

3.5.1.5. Diámetro de la mazorca

El diámetro fue medido en las cinco mazorcas obtenidas del muestreo, con un calibrador en centímetros.

3.5.1.6. Rendimiento kg/ha

Se obtuvo el rendimiento del maíz en kilogramos por parcelas con una balanza en el campo, las cuales fueron convertidas a kilogramos por hectárea para la prueba de medias.

3.5.1.7. Rendimiento de las unidades experimentales

Al finalizar la investigación se identificó el rendimiento de los cultivos establecidos en las asociaciones y coberturas, es decir, del fréjol, haba, arveja, sambo y zucchini en kg/ha.

3.5.2. Propiedades físicas

3.5.2.1. Porcentaje de humedad del suelo

Para calcular esta variable se obtuvo una muestra del suelo de 1m² en cuatro puntos de cada parcela, las cuales fueron llevadas a laboratorio pesadas en húmedo y secadas a 105 °C por 24 horas, una vez realizado este proceso para calcular el porcentaje de humedad se utilizó la fórmula: [(peso húmedo – peso seco)/peso seco] x 100.

3.5.3. Propiedades químicas

3.5.3.1. Acidez del suelo

Para obtener el pH, se obtuvo una muestra de suelo de 1m² en cuatro puntos de la parcela con 30 cm de profundidad, la cual fue llevada a laboratorio, donde se utilizó un pHmetro.

3.5.3.2. Conductividad eléctrica

Para determinar la concentración de sales solubles, se obtuvo una muestra de 1m² de suelo en cuatro puntos con 30 cm de profundidad, después en el laboratorio se calculó la conductividad eléctrica con un conductímetro.

3.5.4. Propiedades biológicas

3.5.4.1. Macrofauna

Con la finalidad de identificar el número de invertebrados presentes en el suelo se realizó en cuatro puntos de la parcela un hoyo de 30 cm x 30 cm con una profundidad de 30 cm. Una vez extraída la tierra se procedió al conteo de los insectos y por último se los clasificó de acuerdo a su orden.

3.5.5. Porcentaje de cobertura del suelo

Cada treinta días se identificó el porcentaje de cobertura del suelo realizando fotografías mediante la utilización de un cuadrante de 1 m x 1 m, las cuales fueron examinadas por el programa Canopeo el cual cuantifica la vegetación viva en la parcela.

3.5.6. Análisis económico

En cada uno de los tratamientos se determinó el análisis económico, mediante un análisis de costo beneficio, para ello se realizó el costo de producción de la investigación.

3.6. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos para identificar los mejores tratamientos en cuanto a rendimiento y propiedades del suelo se desarrollaron en el programa de Statistix versión 8.0. El nivel de significancia para el ANAVAR y pruebas medias de Tukey fue al 5%. Después de obtener los datos en el programa estadístico se procedió a interpretar los datos en cada una de las variables. En la Tabla 5. se presenta el esquema de ANAVAR utilizado en esta investigación.

Tabla 5. Esquema de ANAVAR.

Fuente de variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamientos	$T - 1$	11
Bloques	$r - 1$	3
Error Experimental	$(T-1) (r-1)$	33
Total	$Tr-1$	47

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a evaluar se utilizó el análisis de varianza. Para efectuar la comparación de medias se aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

4.1. Producción Agroecológica

4.1.1. Altura de la planta de maíz

En la Tabla 6, se puede observar el análisis de varianza para la variable altura de la planta desde los 30 días hasta el día 210 después de la siembra (dds), en donde se muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos para los días 60 y 90dds ($p < 0,05$) mientras que para los días 120 y 150dds existe diferencias altamente significativas ($p < 0,01$); por otra parte, en los días 30, 180 y 210dds no se encontraron significancias estadísticas ($p > 0,05$), lo que indica que los valores en estos días entre los tratamientos son semejantes. El promedio de altura de la planta en el rango de 30 a 210dds ha variado con un valor de 0,0852m a 2,493m. Los coeficientes de variación observados son aceptables para el manejo de la investigación.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

		30dds	60dds	90dds	120dds	150dds	180dds	210dds
F.V.	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3							
Trat	11	0,0748ns	<0,05*	<0,05*	<0,01**	<0,01**	0,065ns	0,176ns
Error	225							
Total	239							
Media		0,082	0,215	0,484	1,397	2,069	2,379	2,493
C.V. (%)		17,21	22,24	21,72	19,13	12,92	12,00	10,22

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; *= Significativo; ** = Altamente significativo; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Se realizó una comparación en la prueba de Tukey al 5% (Tabla 7) para los 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra, ya que en ellos se encontró significancia estadística.

A los 60 días después de la siembra se pudo observar que los tratamientos T10 (Arveja + maíz + zucchini) y T9 (Haba + maíz + sambo) mostraron un valor superior a los demás tratamientos

con un valor de 0,24 m y 0,236m significativamente en la altura de la planta, sin embargo, el T1 (Fréjol + maíz) presentó un valor de 0,187 m de altura de la planta, mientras que los demás tratamientos tuvieron una homogeneidad entre ellos.

Por otro lado, la variable altura de la planta a los 90 días después de la siembra presentó promedio alto en el T3 (Arveja + maíz) con un valor de 0,557 m y el T12 (maíz) con un valor bajo en comparación con los demás tratamientos de 0,407 m verificando que la asociación de cultivos si influye sobre la altura de la planta de forma positiva a medida que va desarrollándose el cultivo.

Así mismo en la altura de la planta a los 120 y 150 días después de la siembra el tratamiento con el promedio más alto frente a los demás fue el T5 (sambo + maíz) con un promedio de 1,56 m y 2,21 m respectivamente. El tratamiento con el promedio más bajo en altura de la planta a los 120 y 150 días fue el testigo (maíz) con un promedio de 1,561 y 2,209 respectivamente.

Tabla 7. Prueba de Tukey para la variable altura de planta de maíz a los 60, 90, 120 y 150dds.

Tratamientos	60 dds	90 dds	120 dds	150 dds
	Medias	Medias	Medias	Medias
T1	0,187 B	0,474 AB	1,516 A	2,151 AB
T2	0,198 AB	0,485 AB	1,299 AB	1,954 AB
T3	0,227 AB	0,557 A	1,484 AB	2,178 AB
T4	0,202 AB	0,467 AB	1,376 AB	2,039 AB
T5	0,209 AB	0,468 AB	1,561 A	2,209 A
T6	0,208 AB	0,487 AB	1,307 AB	1,988 AB
T7	0,229 AB	0,501 AB	1,451 AB	2,137 AB
T8	0,214 AB	0,478 AB	1,355 AB	2,044 AB
T9	0,236 A	0,513 AB	1,321 AB	2,022 AB
T10	0,240 A	0,483 AB	1,420 AB	2,096 AB
T11	0,227 AB	0,489 AB	1,441 AB	2,107 AB
T12	0,208 AB	0,407 B	1,237 B	1,903 B

Leyenda: Letras de grupos homogéneos = A,B; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Identificando estos resultados se interpreta que la asociación de cultivos tiene influencia en la altura de la planta a medida que esta se va desarrollando; en la presente investigación se confirma que un suelo libre disminuye la retención de agua produciendo erosión en los suelos sobre todo en la época de escasas de lluvia, como se puede observar el monocultivo presentó bajos valores en la altura de la planta, en comparación con los cultivos que estaban constituidos por asociados con leguminosas y coberturas con cucurbitáceas. Fernández (2002) indica que las leguminosas al encontrarse en su estado fenológico inicial aportan mayor cantidad de nitrógeno al suelo gracias a la bacteria *rhizobium* que poseen en sus raíces, la planta asociada a la leguminosa se ve beneficiada por esta simbiosis.

Datos similares fueron encontrados por Aduveri (2019) quién identificó que en todos los tratamientos donde asoció maíz con leguminosas la altura fue mayor en comparación con el monocultivo, la asociación que superó a las demás fue la realizada con maíz y haba con un valor de 1,83 m de altura como se puede observar en la presente investigación a los 90 días la altura fue mayor al asociar arveja y maíz, confirmando que las leguminosas son realmente importantes en la aplicación de nitrógeno en el suelo.

4.1.2. Mazorcas por planta

En la tabla 8 se identifica el análisis de varianza para la variable mazorcas por planta a los 210 días después de la siembra, en donde no se observan diferencias al 5%, con una media de 2,11 mazorcas por planta, señalando que la mayor parte de las plantas presentaron valores cercanos a la media. El coeficiente de variación de esta variable es de 31,81%.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable mazorcas por planta.

		210 dds
F.V.	G.L.	p-valor
Rep/Bloq	3	
Tratamientos	11	0,4757ns
Error	225	
Total	239	
Media		2,1125
C.V. (%)		31,81

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ns= No significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

En esta variable no existió diferencia entre los tratamientos lo cual indica que el número de mazorcas por planta no se ve influenciada por las asociaciones o coberturas, sin embargo, un manejo agroecológico beneficia la calidad de la mazorca, pues este es un factor clave en el desarrollo de las plantas y mejora las propiedades de los suelos, brindando una mayor productividad y conservación de los recursos naturales. Con base en esto, Macuri (2016) indica que las plantas de maíz llegan a producir una media de una a dos mazorcas, dato distinto evidenciado en esta investigación, donde, el número de mazorcas fue de 2,11 por planta identificando que la asociación de plantas influye en la mejora de la producción, asimismo, el uso de coberturas evita que las plantas presenten falta de agua para su desarrollo, por lo cual estas aprovechan al máximo su capacidad de producción.

4.1.3. Peso en gramo de cien granos

Como se puede identificar en el análisis de varianza de la variable peso en gramos de cien granos (Tabla 9), existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,01$), mientras que el coeficiente de variación fue de 15,78% es decir es aceptable en la investigación. La media del peso de cien granos fue de 50,357 gramos.

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable peso en gramos de cien granos.

F.V.	G.L.	210 dds p-valor
Rep/Bloq	3	
Tratamientos	11	<0,01**
Error	225	
Total	239	
Media		50,357
C.V. (%)		15,78

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; **= Altamente significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% (Tabla 10) en la cual se puede identificar que el T10 (Arveja + maíz + zucchini) con 66,257 gramos de cien granos fue superior a los demás tratamientos, seguido del T5 (Sambo + maíz) con un valor de 58,542, mientras que el T12 (Maíz) tuvo un valor inferior con 38,728 gramos.

Tabla 10. Prueba de Tukey para la variable peso en gramos de cien granos a los 210 dds.

Tratamientos	Medias	G.H.
T10	66,257	A
T5	58,542	AB
T2	56,635	ABC
T3	54,623	ABC
T9	53,800	ABC
T1	51,560	ABC
T11	51,492	ABC
T7	48,040	ABC
T8	42,845	BC
T4	42,837	BC
T6	38,922	BC
T12	38,728	C

Leyenda: G.H.= Grupos homogéneos; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Se observa valores elevados en la asociación de arveja + maíz + zucchini, pues el uso de coberturas aumenta el peso de los granos de maíz, ya que, a mayor contenido de agua en los suelos, hay beneficio en el crecimiento radicular (Altieri M. , 2001).

Datos similares fueron encontrados en la investigación realizada por Jiménez (2016) donde evaluó el comportamiento agronómico del cultivo de maíz asociado con maní, encontró como resultados que la variable peso de 100 granos fue superior en la asociación de la leguminosa con el maíz en la cual obtuvo 37,4 gramos, sin embargo, también se desarrolló la siembra de un monocultivo de maíz, el cual presentó valores bajos con 34,2 gramos. Por lo tanto, se afirma que las leguminosas benefician a los granos del maíz en cuanto al aumento en su peso, esto sucede porque las leguminosas fijan el nitrógeno (Torres et al., 2018).

4.1.4. Peso en gramos de mazorca

Para el análisis de varianza del peso en gramos de mazorca a los 210 días después de la siembra, se mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos pues el p-valor fue $<0,01^{**}$, mientras que el coeficiente de variación fue de 20,21% y la media del peso de las mazorcas en los diversos tratamientos tuvo un valor de 337,92 gramos.

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable peso en gramos de mazorca.

F.V.	G.L.	210 dds. p-valor
Rep/Bloq	3	
Tratamientos	11	<0,01**
Error	225	
Total	239	
Media		337,92
C.V. (%)		20,21

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; **= Altamente significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Se desarrolló la prueba de comparación de medias utilizando Tukey al 5% (Tabla 12), siendo el T7 (Fréjol + maíz + sambo) y T5 (sambo + maíz) los que tuvieron mejores resultados con un valor de 384,00 metros, mientras que el T12 (Maíz) tuvo un valor de 251,50 m.

Tabla 12. Prueba de Tukey para la variable peso en gramos de mazorca a los 210 dds.

Tratamientos	Medias	G.H.
T7	384,00	A
T5	384,00	A
T10	375,00	AB
T9	366,00	AB
T2	359,00	AB
T3	344,50	AB
T1	343,50	AB
T8	321,00	ABC
T11	311,00	BC
T6	308,00	BC
T4	307,50	BC
T12	251,50	C

Leyenda: G.H.= Grupos homogéneos; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Jaramillo y Teodosio (2021) en su investigación identificaron que, al asociar maíz con fréjol, el monocultivo de maíz tuvo un valor de 99,68 gr, bajo en comparación con el tratamiento asociado, el cual tuvo un peso de la mazorca de 109,13 gramos, por lo cual se afirma que los monocultivos no ayudan a incrementar el peso, pues en la presente investigación el monocultivo también presentó valores bajos en comparación con los demás tratamientos que sí estaban constituidos por asociaciones y coberturas.

Las coberturas constituidas por sambo, leguminosa y maíz presentaron mejores resultados en el peso de la mazorca siendo estadísticamente iguales, ya que pertenecieron a los mismos grupos homogéneos. Las coberturas son utilizadas en la agroecología como nuevas alternativas para impedir la degradación de los suelos, pues estas mejoran las propiedades físicas y químicas e impiden el crecimiento de malezas que atraen patógenos y compiten con los nutrientes de los cultivos (Ebel et al., 2017).

4.1.5. Diámetro de mazorca

En la Tabla 13 se observa el análisis de varianza en la variable diámetro de mazorca, donde se identifica que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el p-valor es inferior a 0,01 con un valor de 0,007. La media del diámetro de mazorca en los diversos tratamientos es de 4,21 y el coeficiente de variación fue de 11,28% siendo aceptable en la presente investigación.

Tabla 13. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en centímetros.

F.V.	G.L.	210 dds p-valor
Rep/Bloq	3	
Tratamientos	11	<0,01**
Error	225	
Total	239	
Media		4,217
C.V. (%)		11,28

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; **= Altamente significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Al existir una significancia estadística entre los tratamientos se realizó una prueba de Tukey al 5% como prueba de comparación de medias donde se distingue que el T10 (Arveja + maíz + zucchini) presentó valores superiores con una media de 4,455 cm en comparación con los demás tratamientos que pertenecieron a los mismos grupos homogéneos, es decir, estadísticamente eran iguales, sin embargo el T12 (Maíz) fue el que menor diámetro de mazorca alcanzó con un valor de 3,89 cm, es decir muy debajo de la media, esto se debe principalmente a la falta de retención de agua, principal problemática de los monocultivos.

Tabla 14. Prueba de Tukey para la variable diámetro de la mazorca en centímetros a los 210 dds.

Tratamientos	Medias	G.H.
T10	4,455	A
T5	4,370	AB
T3	4,350	AB
T11	4,330	AB
T6	4,325	AB
T9	4,240	AB
T1	4,230	AB
T4	4,170	AB
T5	4,155	AB
T8	4,115	AB
T2	3,980	AB
T12	3,890	B

Leyenda: G.H.= Grupos homogéneos; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Como se identifica en los resultados el diámetro de la mazorca fue menor en el monocultivo con un valor de 3,89 cm, Ebel *et al* (2017) indica que es necesario una correcta interacción de nutrientes, actividad fotosintética y absorción de agua para lograr aumentar el diámetro de la mazorca, por ende, en caso de que estas condiciones no sean favorables, la fase reproductiva de la planta se verá reducida, afectando directamente el rendimiento. Sin embargo, las coberturas y asociaciones mantienen la humedad beneficiando la interacción que poseen las plantas y el suelo en la absorción de agua y nutrientes (Altieri y Toledo, 2010).

Los policultivos ayudan en gran medida al aumento de nutrientes y microorganismos benéficos que posee el suelo, estos microorganismos también incrementan el nitrógeno al igual que las leguminosas (Aguirre, 2017). Aumentar este tipo de estrategias ayuda a mejorar la producción en el cultivo de maíz.

4.1.6. Rendimiento de maíz

En el análisis de varianza de la variable rendimiento de maíz (Tabla 15) el p-valor resultó ser altamente significativo con un valor <0,01, mientras que la media fue de 6267,00 kg/ha y el coeficiente de variación de 14% siendo aceptable para la investigación.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha de maíz.

F.V.	G.L.	210 dds
Rep/Bloq	3	p-valor
Tratamientos	11	<0,01**
Error	225	
Total	239	
Media		6267,00
C.V. (%)		14,00

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; **= Altamente significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Se realizó una comparación de medias en la prueba de Tukey al 5% (Tabla 16), encontrando en primer lugar el T11 (Arveja + maíz + sambo) y el T10 (Arveja + maíz + zucchini) con valores de 7705,5 y 7699,1 kg/ha respectivamente, ambos constituidos de coberturas, el T12 (Maíz) fue uno de los tratamientos con un valor relativamente bajo de 5073,20 kg/ha, seguido del T2 (Haba + maíz) y T1 (Fréjol + maíz) con valores de 4962,60 y 4931,80 kg/ha.

Tabla 16. Prueba de Tukey para la variable rendimiento en kg/ha de maíz.

Tratamientos	Medias	G.H.
T11	7705,5	A
T10	7699,1	A
T5	7446,1	AB
T3	7193,1	ABC
T4	7141,3	ABC
T9	6331,9	ABCD
T6	6015,8	ABCD
T7	5372,3	BCD
T8	5331,2	BCD
T12	5073,2	CD
T2	4962,6	D
T1	4931,8	D

Leyenda: G.H.= Grupos homogéneos; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Soruco (2006) en su investigación identificó que el maíz asociado con arveja y zapallo tuvo valores de 8482,12 kg/ha frente al monocultivo el cual tuvo 7142,87 kg/ha, este autor menciona que esto es debido a la interacción de nitrógeno presente en el suelo, ya que a medida que las leguminosas están en su fase inicial aportan mayor cantidad de este nutriente. Por lo tanto, se

debe tomar en cuenta que se realizó una siembra de dos ciclos de arveja, aportando mayor cantidad que las otras leguminosas utilizadas en la presente investigación.

Además, el aporte de abonos orgánicos en sistemas agroecológicos beneficia el rendimiento de las plantas, Limones (2020) aplicó diversas fertilizaciones orgánicas a un cultivo de maíz, obteniendo mayor rendimiento en la aplicación de humus de lombriz demostrando que la agricultura orgánica beneficia las propiedades del suelo. Mientras tanto Álvarez (2015) afirma que el incremento del rendimiento en maíz mediante la utilización de coberturas se ve incrementada debido a la regulación de la temperatura y retención de humedad en el suelo.

Resultados similares fueron encontrados por Molina et al (2016), quienes determinaron que, al asociar milpa con árboles frutales, adquirieron como respuesta que el monocultivo presentó baja producción con respecto a las asociaciones dobles y triples, obteniéndose un mayor rendimiento de maíz en la asociación con fréjol y calabaza.

4.1.7. Rendimiento de leguminosas y cucurbitáceas por parcelas

Para la variable rendimiento de las leguminosas (Tabla 17) no se observan diferencias estadísticas. La media del rendimiento de fréjol fue de 1833,8 kg/ha, con un coeficiente de variación del 11,78%, mientras el rendimiento del haba fue superior a las demás leguminosas con 4806,7 kg/ha, presentando un coeficiente de variación de 16,59%. Por último, la arveja presentó una media de 2881,3 kg/ha y un coeficiente de variación de 5,63%.

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento de leguminosas a los 210 dds

		Fréjol	Haba	Arveja
F.V.	G.L.	p-valor	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3			
Tratamientos	2	0,838ns	0,779ns	0,5219ns
Error	6			
Total	11			
Media		1833,8	4806,7	2881,3
C.V. (%)		11,78	16,59	5,63

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; *= Significativo; ** = Altamente significativo; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Así como en las leguminosas, también se desarrolló el análisis de varianza para rendimiento de cucurbitáceas (Tabla 18). En el zucchini se muestra que existe diferencia significativa ($<0,05$) entre tratamientos, la media fue de 16046,69 kg/ha y un coeficiente de variación de 7,40%, mientras en el sambo no existieron diferencias significativas, este tuvo una media de 10472,78 con un coeficiente de variación de 8,27%.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento de cucurbitáceas a los 210 dds.

		Zucchini	Sambo
F.V.	G.L.	p-valor	p-valor
Rep/Bloq	3		
Tratamientos	3	$<0,05^*$	0,22ns
Error	9		
Total	15		
Media		16046,69	10472,78
C.V. (%)		7,40	8,27

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; *= Significativo; ** = Altamente significativo; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Después de desarrollar el análisis de varianza del rendimiento en leguminosas y cucurbitáceas, se realizó una prueba de medias con Tukey al 5% (Tabla 19). En fréjol se identificó que el T7 (Fréjol + maíz + sambo) fue superior a los demás con un rendimiento de 1879,6 kg/ha. En haba el T9 (Haba + maíz + sambo) con 5040,6 hg/ha el rendimiento fue más elevado e inferior en el T8 (Haba + maíz + zucchini) con 4674,9 kg/ha. Por último, la arveja obtuvo un mayor rendimiento en el T3 (Maíz +arveja) con 2946,3 kg/ha, seguido del T11 (Arveja + maíz + sambo) y T10 (Arveja + maíz + zucchini) con 2888,8 y 2808,8 kg/ha respectivamente.

En el zucchini se identificó diferencia estadística entre los tratamientos, se determinó una media de 17206,73 kg/ha en el T10 (Arveja + maíz + zucchini), en el T6 (Fréjol + maíz + zucchini y T8 (Haba + maíz + zucchini) las medias fueron de 16538,98 kg/ha y 16263,75 kg/ha por último en T4 (Maíz y zucchini) presentó el rendimiento más bajo con 14177,31 kg/ha.

El rendimiento de sambo no presentó significancia estadística, sin embargo, se realizó prueba de medias para identificar el rendimiento que superó a los demás, en este caso el T5 (Maíz + sambo) presentó un valor de 11091,87 kg/ha, el tratamiento con menor rendimiento fue el T9 (Haba + maíz + sambo) con 9758,01 kg/ha.

Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de la parcela en leguminosas y cucurbitáceas (kg/ha) a los 210 dds.

Tratamientos	Fréjol Medias	Haba Medias	Arveja Medias	Zucchini Medias	Sambo Medias
T1	1787,5 A	-	-	-	-
T2	-	4704,7 A	-	-	-
T3	-	-	2946,3 A	-	-
T4	-	-	-	14177,31 B	-
T5	-	-	-	-	11091,87 A
T6	1834,2 A	-	-	16538,98 AB	-
T7	1879,6 A	-	-	-	10717,65 A
T8	-	4674,9 A	-	16263,75 AB	-
T9	-	5040,6 A	-	-	9758,01 A
T10	-	-	2808,8 A	17206,73 A	-
T11	-	-	2888,8 A	-	10323,59 A

Leyenda: Letras de grupos homogéneos = A,B; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo.

Gómez et al (2018) al realizar su investigación sobre la milpa como alternativa agroecológica, identificó que el rendimiento de fréjol fue de 1,71 t/ha en la asociación de maíz, fréjol y calabacín en comparación con la asociación de fréjol y maíz o el monocultivo que presentaron rendimientos de 1,11 y 1,05 t/ha respectivamente. Junto con esta investigación en donde el fréjol tuvo un mayor rendimiento en el T7 (Fréjol + maíz + sambo) se verifica que la utilización de asociaciones y coberturas ayuda al aprovechamiento de los recursos naturales.

El rendimiento de haba fue estadísticamente igual en todos los tratamientos, es decir, la siembra de haba en asociación o cobertura con maíz presenta valores homogéneos que indican buen rendimiento, pues Loor (2015) en su investigación encontró que el cultivo de haba presentó un rendimiento de 3441,66 kg/ha en monocultivo y utilizando fertilización química, rendimiento superado en la presente investigación, donde se realizó métodos agroecológicos.

La arveja es considerada como una de las principales fabáceas en aportar nitrógeno al suelo, en la presente investigación la media de rendimiento de esta legumbre fue de 2881,3 kg/ha, datos similares fueron encontrados por Tineo y Roque (2018) donde encontraron un rendimiento de 2402,2 kg/ha al asociar maíz y arveja, la diferencia en la producción entre las investigaciones

se debe principalmente al manejo orgánico utilizado en la presente investigación.

El rendimiento en zucchini presentó diferencias estadísticas, donde el T10 (Arveja + maíz + zucchini) fue superior con un valor de 17206,73 kg/ha. Pierre (2019) afirma que esto se debe principalmente a las leguminosas, ya que estas contribuyen con nitrógeno al ecosistema, así mismo afirma que las coberturas mantienen este nitrógeno, por lo cual la asociación de estos tres cultivos es factible para el aumento en producción.

El T5 (Sambo + maíz) presentó el rendimiento más elevado de sambo con 11091,87 kg/ha. Valores similares encontró Aguilar et al (2019), ya que al asociar maíz y calabaza el rendimiento fue de 3715,27 kg/ha frente al monocultivo de calabaza en el cual obtuvo 1840,27 kg/ha, lo cual determina que esta asociación beneficia ambos cultivos, pues permiten un control en el crecimiento de malezas y mantienen porcentajes elevados de humedad en el suelo.

4.2. Propiedades Físicas del suelo

4.2.1. Humedad del suelo.

En el análisis de varianza para humedad del suelo (Tabla 20), no existieron diferencias significativas a los 0, 30, 60, y 90dds. Para los 120 y 150dds existe diferencias altamente significativas (<0,01), mientras que a los 180 y 210dds existe diferencia significativa (p<0,05). Se puede observar que las medias van desde 41,875 % a 70,271%. El coeficiente de variación es aceptable en la investigación.

Tabla 20. Análisis de varianza para la variable humedad del suelo.

		Odds	30dds	60dss	90dds	120dds	150dds	180dds	210dds
F.V.	G.L.	p-valor							
Rep/Bloq	3								
Tratamientos	11	0,686ns	0,931ns	0,599ns	0,516ns	<0,01**	<0,01**	<0,05*	<0,05*
Error	225								
Total	239								
Media		41,875	47,372	52,229	66,064	70,717	64,847	65,379	70,271
C.V. (%)		6,25	9,63	4,85	5,85	2,22	3,84	4,12	2,30

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; *= Significativo; ** = Altamente significativo; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Al obtener diferencias significativas a los 120, 150, 180 y 210 dds, se realizó una comparación entre los tratamientos utilizando la prueba de Tukey al 5% (Tabla 21), en la cual a los 120 dds se obtuvo tres grupos, siendo T11 (Arveja + maíz + sambo), T9 (Haba + maíz + sambo), T5 (Sambo + maíz) y T7 (Fréjol + maíz + sambo) los tratamientos que presentaron porcentajes de humedad más altos con 73,28%; 72,43%; 72,32% y 71,75% respectivamente, mientras que el valor más bajo en humedad del suelo fue el T12 (Maíz) con 67,73%.

A los 150 dds la humedad fue superior en el T9 (Haba + maíz + sambo), mientras que los tratamientos con valores más bajos en esta variable fueron el T1 (Fréjol + maíz), T2 (Haba + maíz), T10 (Arveja + maíz + zucchini) y T12 (Maíz) con valores de 63,36%; 63,20%; 62,38% y 61,98% respectivamente.

A los 180 dds la media más alta de humedad fue encontrada en el T11 (Arveja + maíz + sambo) con 68,07% y a los 210 dds el T7 (Fréjol + maíz + sambo) presentó una media a las demás con 71,95%. A los 180 y 210 dds el T12 (Maíz) mostró valores más bajos con una humedad de 61,21% y 67,90% respectivamente.

Tabla 21. Prueba de Tukey para la variable humedad del suelo a los 120, 150, 180 y 210 dds.

Tratamientos	120 dds Medias	150 dds Medias	180 dds Medias	210 dds Medias
T1	69,858 AB	63,360 B	62,803 AB	69,853 AB
T2	69,392 AB	63,203 B	63,445 AB	69,110 AB
T3	70,197 AB	64,135 AB	64,435 AB	70,310 AB
T4	70,382 AB	63,987 AB	65,155 AB	69,105 AB
T5	72,325 A	64,565 AB	67,523 AB	71,433 AB
T6	69,898 AB	64,088 AB	67,293 AB	70,847 AB
T7	71,755 A	65,873 AB	67,752 AB	71,945 A
T8	70,013 AB	66,470 AB	64,290 AB	69,692 AB
T9	72,435 A	69,685 A	65,857 AB	71,287 AB
T10	71,340 AB	62,387 B	66,710 AB	70,573 AB
T11	73,282 A	66,428 AB	68,072 A	71,192 AB
T12	67,730 B	61,983 B	61,210 B	67,905 B

Leyenda: Letras de grupos homogéneos = A,B; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

Los cultivos de cobertura utilizados en la presente investigación como el zucchini y sambo mantuvieron la humedad del suelo en cantidades más altas que en las diversas asociaciones, sin embargo, las parcelas con sambo presentaron una humedad más elevada que las de zucchini, ya Sanabria *et al* (2021) indicaron en su investigación que a medida que el suelo posee más cobertura la retención de humedad es más elevada, pero cuando se tiene monocultivos la humedad es relativamente baja provocando la evaporación y pérdidas por escurrimiento.

Aunque el resultado de la cobertura y asociaciones causaban variabilidad en la humedad del suelo, el T12 (Maíz) siempre fue inferior a los demás tratamientos, ya que los monocultivos son más susceptibles al crecimiento de malezas en su área las cuales compiten con la retención de agua, además al ser directa la radiación solar en el suelo de estos la pérdida de agua es casi imposible de controlar (López, 2017). Es factible mencionar la importancia de implementar sistemas agroecológicos con la finalidad de solucionar problemas de altas temperaturas para evitar riesgos de erosión y causar cambios en la estructura del suelo (Coronel, 2019).

4.3. Propiedades químicas del suelo

4.3.1. Acidez del suelo

En la Tabla 22 se puede observar el análisis de varianza de la acidez del suelo medido en pH. En la investigación se determinó que no existieron significancias estadísticas entre los tratamientos, pero se puede observar como la media aumenta, al inicio de la investigación el pH fue de 5,84 a 6,37. El coeficiente de variación fue aceptable en la investigación.

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable acidez del suelo.

		Odds	30dds	60dss	90dds	120dds	150dds	180dds	210dds
F.V.	G.L.	p-valor							
Rep/Bloq	3								
Tratamientos	11	0,904ns	0,484ns	0,080ns	0,110ns	0,151ns	0,117ns	0,105ns	0,218ns
Error	225								
Total	239								
Media		5,84	5,92	5,747	5,964	6,033	6,117	5,655	6,376
C.V. (%)		1,69	1,80	1,38	1,01	2,44	1,46	3,43	1,90

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

En la Figura 1 se identifica las medias del pH del suelo desde los 0 a los 210 días después de la siembra, ya que no se desarrolló prueba de Tukey por no existir significancia estadística, donde se observa como el pH aumenta a medida que los días transcurren, a los 210 días después de la siembra el pH se encuentra más elevado en todos los tratamientos en comparación con los 180 días después de la siembra. Entre los tratamientos el T12 (Maíz) presentó medias más bajas en todos los días, excepto a los 60 días después de la siembra. El T6 (Fréjol + maíz + zucchini) al inicio de investigación empezó con un pH de 5,90 y al finalizar la investigación este aumentó a 6,50.

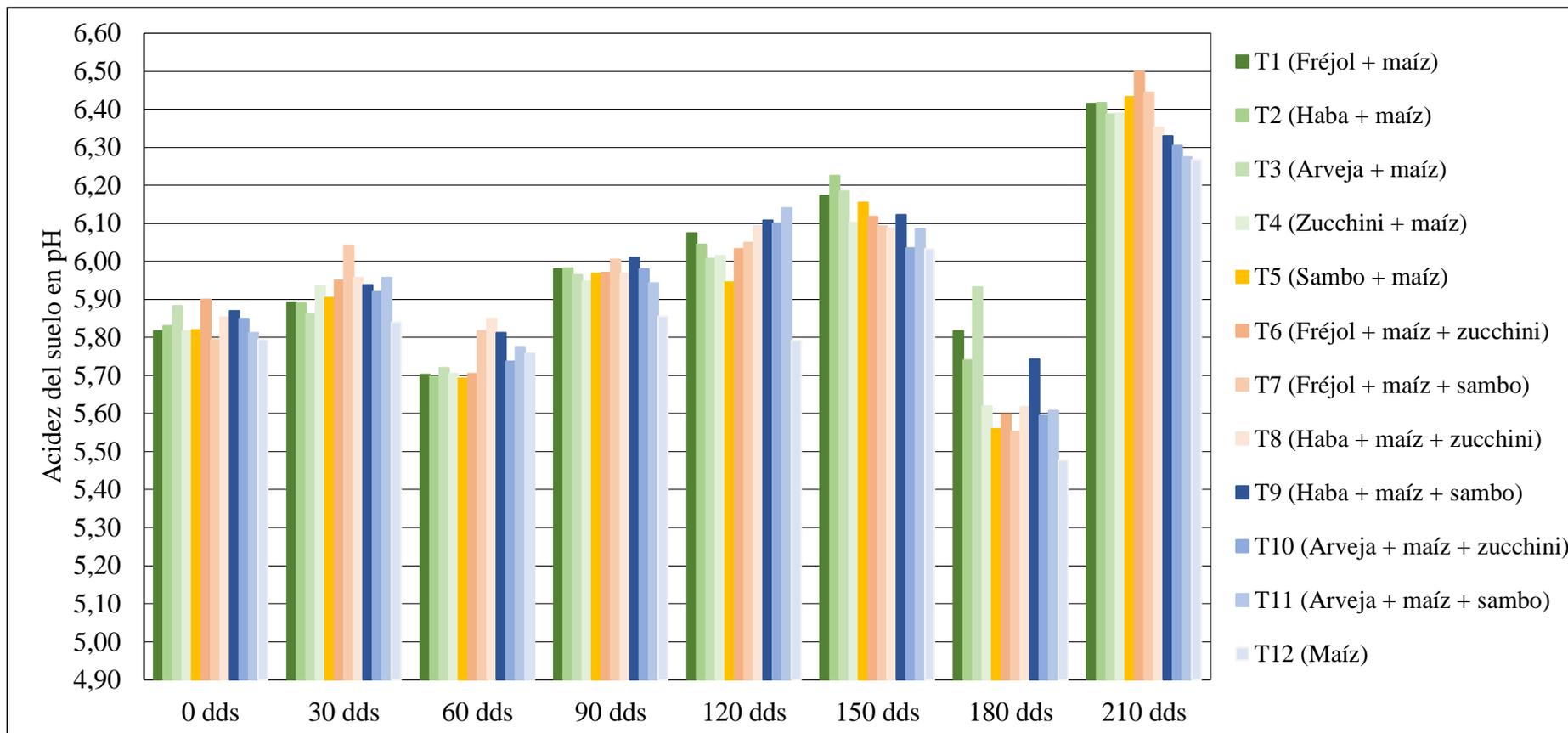


Figura 1. pH a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

Observando la Figura 1 se determinó como el pH aumenta al pasar los días donde se tomaron las muestras para el análisis de acidez del suelo, sin embargo no existieron significancias estadísticas, Sanabria et al (2021) encontraron valores similares en su investigación pues al sembrar maíz con coberturas, obtuvieron que el pH se mantuvo neutro hasta el final, mientras que en la presente investigación los valores de pH aumentaron, la diferencia es el manejo que se desarrollaron en las dos investigaciones, pues la cobertura llega a mantener el pH beneficiando el crecimiento fenológico de las plantas.

Noguera et al (2017) afirma la importancia de implementar sistemas agroecológicos, ya que en su investigación se visualiza el pH en conversión agroecológica con un valor de 6,58 frente al manejo convencional que alcanzo un pH de 6,54, aunque la diferencia es mínima se determina como la acidez del suelo se mantiene en valores beneficiosos para las plantas. Además, este autor menciona que las lluvias también influyen en el pH pues a medida que sucede la escorrentía en los suelos este valor se ve perjudicado, es por lo que, la agroecología tiene como nuevas estrategias la implementación de coberturas para mantener la humedad en los suelos.

4.3.2. Conductividad eléctrica

En el análisis de varianza para conductividad eléctrica medida en deciSiemens por metro (Tabla 23) se observa que no existieron significancias estadísticas entre los tratamientos, mientras que la media vario de 0,37 ds/m⁻¹ a 0,27 ds/m⁻¹, cabe recalcar que a los 180 días después de la siembra el valor de conductividad eléctrica bajo, esto pudo haber sido principalmente por el exceso de lluvias presentados en estos días de la investigación. El coeficiente de variación en valores más bajos fue de 2,45% a 10,01% aceptándose los datos de la investigación.

Tabla 23. Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica del suelo.

		Odds	30dds	60dss	90dds	120dds	150dds	180dds	210dds
F.V.	G.L.	p-valor							
Rep/Bloq	3								
Tratamientos	11	0,200ns	0,785ns	0,486ns	0,135ns	0,956ns	0,405ns	0,079ns	0,063ns
Error	225								
Total	239								
Media		0,377	0,329	0,361	0,336	0,350	0,259	0,342	0,275
C.V. (%)		8,25	8,46	10,01	7,47	4,06	7,42	2,45	3,42

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

Al no existir significancia estadística entre los tratamientos en conductividad eléctrica no se desarrolló prueba de medias de Tukey, sin embargo, se obtuvo el promedio de cada repetición y tratamiento. En la Figura 2 se puede identificar la media de esta variable de los 0 a los 210 días después de la siembra, a simple vista se puede observar cómo al inicio de la investigación la conductividad eléctrica fue relativamente alta en comparación con las medias observadas al final. Como se puede observar a los 0 dds el T9 (Haba + maíz + sambo) empezó con una conductividad eléctrica de $0,42 \text{ ds/m}^{-1}$, sin embargo, con el manejo agroecológico que se llevó a cabo esta a los 210 dds fue de $0,28 \text{ ds/m}^{-1}$, es decir este bajo $0,17 \text{ ds/m}^{-1}$ en los ocho meses de investigación.

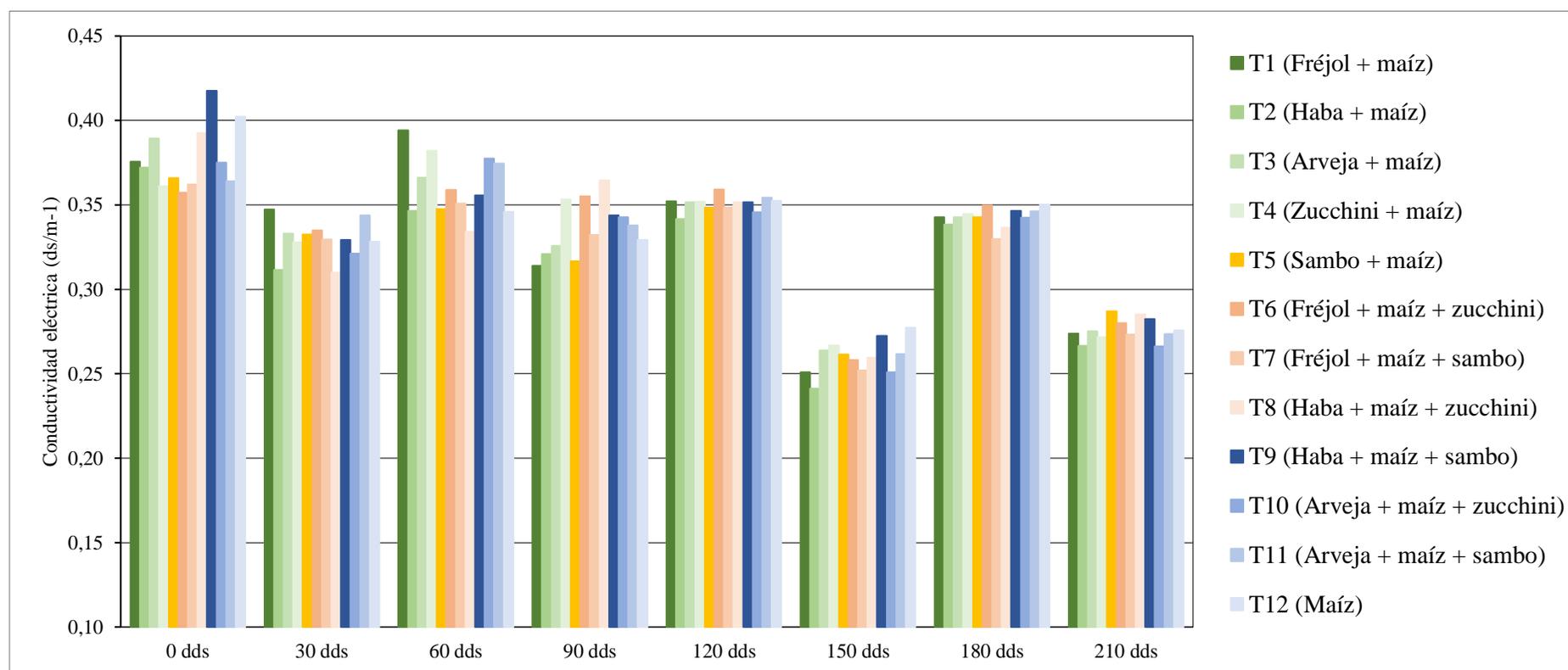


Figura 2. Conductividad eléctrica a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

En la investigación realizada por Guartasaca y León (2021) encontraron como la conductividad eléctrica utilizando acolchado de avena + vicia fue $0,28 \text{ dS.cm}^{-1}$ mientras que al no utilizar acolchado el valor fue de $0,41 \text{ dS.cm}^{-1}$, es decir este valor disminuyó indicando que al utilizar coberturas en los suelos la conductividad eléctrica es óptima para el intercambio de nutrientes en los suelos, en la presente investigación a los 210dds los valores de conductividad eléctrica presentaron valores mínimos siendo estos ocasionados por las coberturas y asociaciones.

La utilización de coberturas beneficia el aporte de materia orgánica la cual disminuye la salinidad de los suelos, como indican Sanabria et al (2021) quienes encontraron como la conductividad eléctrica se reduce mínimamente entre $0,132 \text{ dS.m}^{-1}$ a $-0,589 \text{ dS.m}^{-1}$ debido a la acción de coberturas en el suelo. Observando esto se confirma que el manejo orgánico y el uso de coberturas disminuyen la conductividad eléctrica de los suelos.

4.4. Propiedades biológicas del suelo

4.4.1. Macrofauna

La macrofauna del suelo fue medida mediante conteo cada 30dds desde el inicio de la investigación. Con los datos obtenidos se desarrolló una suma de todos los macroorganismos y se los clasificó por órdenes en los cuales se escogieron los más relevantes que fueron Dermáptera, Coleóptera, Lepidóptera, Himenóptera y Haplotaxida.

Orden Dermáptera

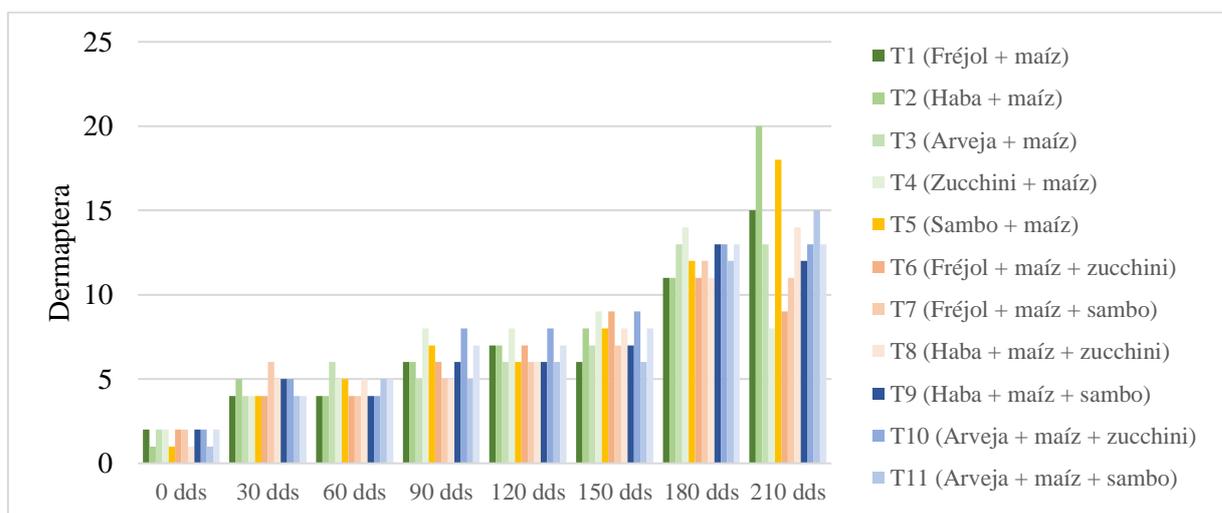


Figura 3. Crecimiento del orden Dermáptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

En la Figura 3 se identifica el crecimiento del orden Dermáptera en el desarrollo de la investigación. En este orden predominaron insectos como las tijeretas o también llamadas cortatijeras (*Labidura sp*), puesto que estos insectos crecen en zonas templadas, por lo cual buscan lugares húmedos como debajo de coberturas para su reproducción (Herrera, 2015).

Las dermápteras ayudan a la estructura del suelo impidiendo agregados o terrones de grandes tamaños difíciles de ser trabajados, razón por la cual se implementa maquinaria pesada en la agricultura, provocando la compactación de los suelos (Herrera, 2015). Sin embargo, Vallejos (2021) indica que las larvas de estos insectos se alimentan de follajes, frutos, brotes y animales vivos o muertos, con llevando pérdida en la producción, por ello menciona la importancia de implementar prácticas agroecológicas como control de rastrojos, trampas o infusión de ruda.

Orden Coleóptera

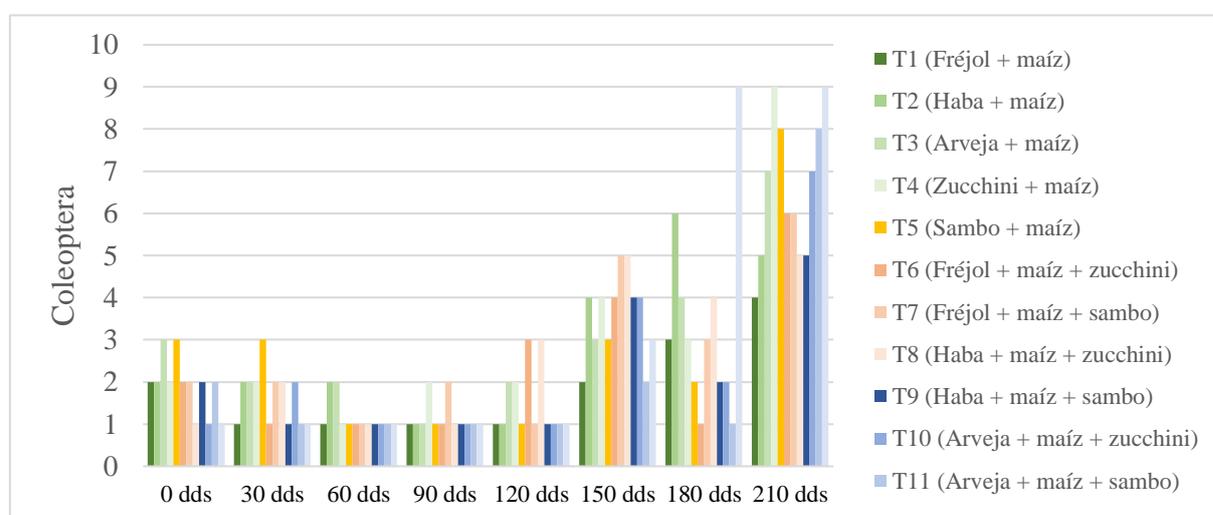


Figura 4. Crecimiento del orden Coleóptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

El crecimiento del orden Coleóptera se observa en la Figura 4, donde se identifica que estos insectos al final de la investigación fueron más numerosos en el T12 (Maíz). Los coleópteros más numerosos encontrados en todas las parcelas de la investigación fueron larvas de escarabajos.

Zumbado y Azofeifa (2018) menciona que en estado larval estos insectos son considerados como plagas en los cultivos, ocasionando pérdida total de la producción al no ser controlados a tiempo, sin embargo, cuando son adultos aportan múltiple beneficioso a los sistemas agrícolas pues sirven de polinizadores, contribuyen al reciclaje de materia orgánica, son controladores de malezas y lo más relevante es que son considerados como depredadores de insectos plaga.

Orden Lepidóptera

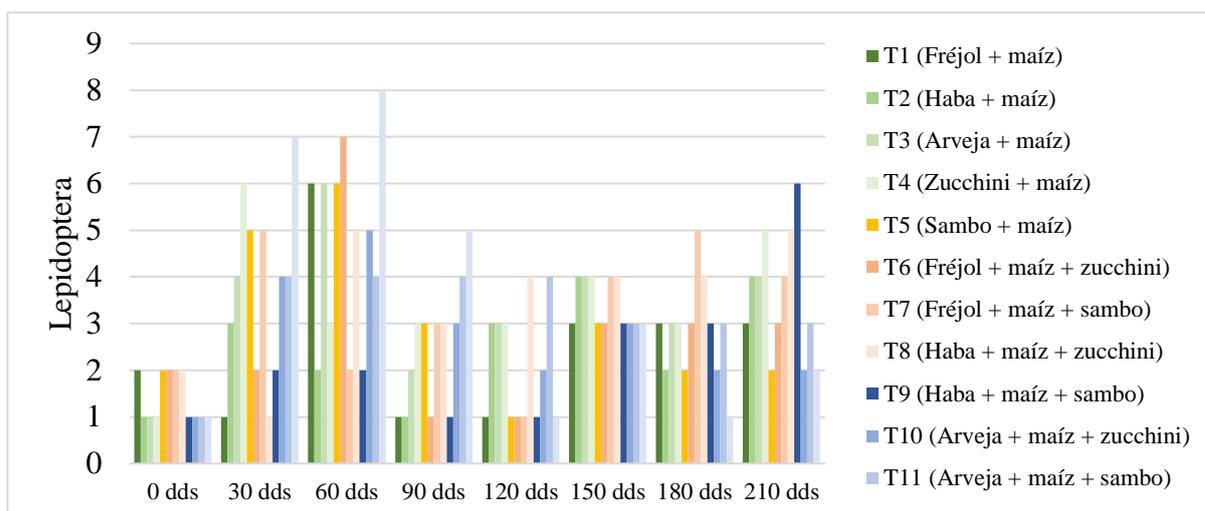


Figura 5. Crecimiento del orden Lepidóptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

En la Figura 5 se identifica el crecimiento del orden Lepidóptera, estos a partir de los 30 dds aumentaron hasta los 60dds, sin embargo, desde los 90dds a los 210 dds estos valores fueron disminuyendo. A partir de los 120 dds la mayor cantidad de lepidópteros encontrados en el muestreo fueron adultos.

El lepidóptero que más daño causó en el cultivo de maíz fue el *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) se eliminó la presencia de este mediante la utilización de la bacteria *Bacillus Thuringiensis*, la cual al ser ingerida provoca una parálisis intestinal impidiendo la alimentación del insecto (Hernández et al., 2019).

Se puede identificar como en el T12 (Maíz) a diferencia de los demás tratamientos presentó crecimientos más elevados a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, concordando con Tamayo y Alegre (2022) quienes manifiestan que en la asociación de cultivos se reduce la presencia de insectos nocivos, mientras que en los monocultivos se produce un aumento por la falta de biodiversidad y menor presencia de enemigos naturales.

Herrera (2015) declara que la utilización de coberturas aumenta la presencia de enemigos naturales de lepidópteros, como *Labidura sp* la cual es depredadora de larvas y huevos.

Orden Hymenoptera

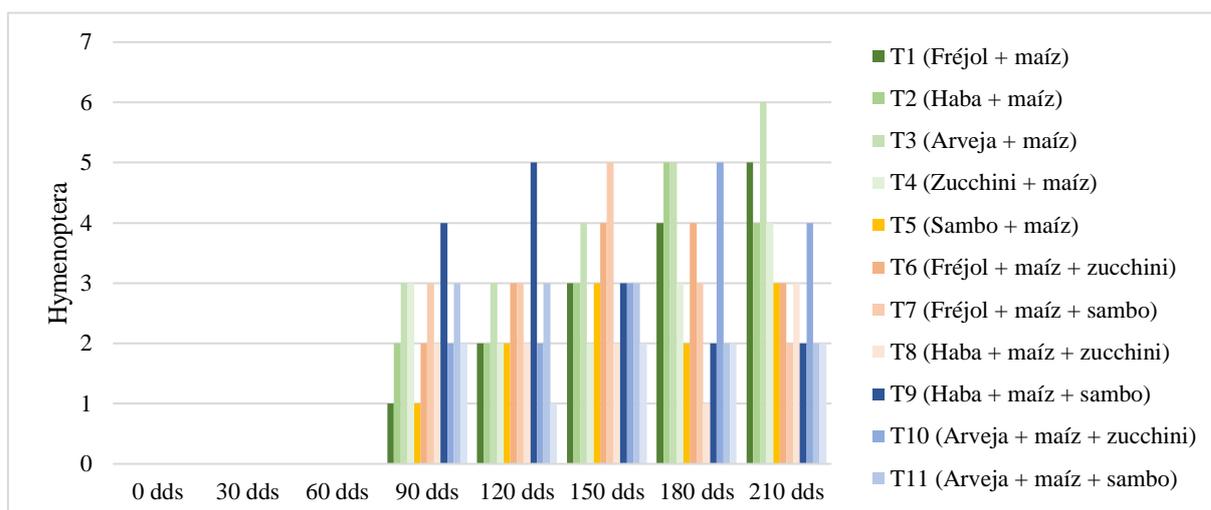


Figura 6. Crecimiento del orden Hymenoptera a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

El orden Hymenoptera alcanzó un elevado número de insectos al finalizar la investigación, como se puede observar en la Figura 6, al inicio no se encontraron insectos de este orden, sin embargo, a partir de los 90dds el crecimiento de estos fue elevado. En el monocultivo la presencia de himenópteros fue inferior en comparación con los cultivos asociados y de cobertura.

Resultados similares fueron recolectados por Gomez y Lara (2016) en su investigación sobre implementación de coberturas en sorgo para identificar la diversidad de artrópodos en el suelo quienes encontraron como la abundancia del orden Hymenoptera fue afectada positivamente en los tratamientos donde aumentó la cobertura vegetal, sin embargo, en el monocultivo los valores fueron relativamente bajos.

Gómez y Romero (2018) indican que este orden es uno de los más importantes a nivel mundial para la producción de cultivos, pues estos son los mayores polinizadores, además son recicladores de nutrientes y controladores naturales de insectos plaga, desarrollando su investigación identificaron como estos insectos aumentan su población en un 60% en sistemas asociados, además diagnosticaron la presencia de este orden en sistemas que utilizan técnicas convencionales y encontraron pérdida en la biodiversidad de himenópteros por la aplicación de insecticidas, por lo cual indicaron la necesidad de nuevas técnicas de manejo que permita erradicar las plagas sin causar un daño no deseado.

Orden Haplotaxida

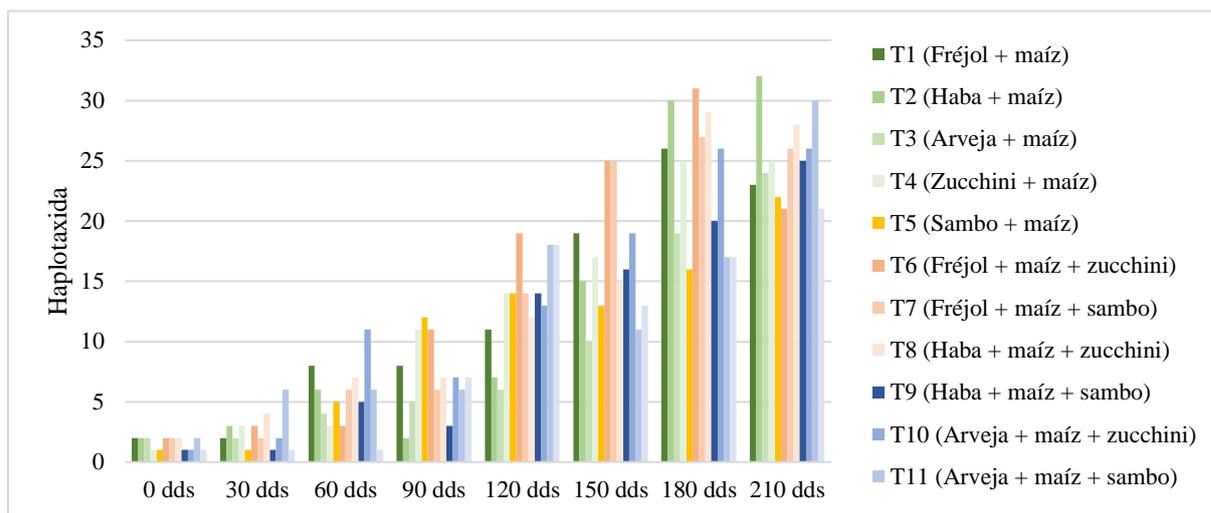


Figura 7. Crecimiento del orden Haplotaxida a los 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra.

En la Figura 7 se identifica como al inicio de la investigación la cantidad de haplotaxidas en los tratamientos era relativamente baja. A los 210dds existió presencia de abundantes insectos de este orden como lombrices, las cuales beneficiaron al crecimiento fenológico de las plantas.

En la presente investigación la presencia de lombrices fue relativamente alta en los cultivos asociados y coberturas, frente al monocultivo, resultados similares fueron encontrados por Arequipa (2017) quien evaluó la presencia de lombrices en suelos con y sin cobertura vegetal, obteniendo mayor cantidad de haplotaxidas en suelo con cubierta vegetal.

Noguera *et al* (2017) en su investigación realizó la siembra de fréjol, maíz y calabaza e indicó que la materia orgánica aumenta en sistemas donde el suelo se encuentra totalmente cubierto por las plantas, indicando que las lombrices se alimentan de la materia orgánica, posteriormente la degradan, favoreciendo la descomposición por parte de microorganismos, causando que los nutrientes sean más fáciles de asimilar por las plantas.

4.5. Porcentaje de cobertura del suelo

En la Tabla 23 se identifica que existieron diferencias altamente significativas ($<0,01$) a los 90, 120, 150 y 180 días después de la siembra. El promedio de la cobertura del suelo vario de 23,39% a 52,33%. Los coeficientes de variación observados son aceptables para el manejo de la investigación.

Tabla 24. Análisis de varianza para la variable cobertura del suelo.

		30dds	60dds	90dds	120dds	150dds	180dds	210dds
F.V.	G.L.	p-valor						
Rep/Bloq	3							
Tratamientos	11	0,150ns	0,077ns	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**
Error	225							
Total	239							
Media		4,0992	9,7771	25,101	31,197	46,228	56,269	76,376
C.V. (%)		6,65	4,35	10,77	4,24	5,37	4,47	6,36

Leyenda: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; p-valor= Grado de significancia; *= Significativo; ** = Altamente significativo; ns = no significativo; C.V.= Coeficiente de Variación; dds = días después de la siembra.

En la prueba de medias utilizando Tukey al 5% a los 90dds se pudo observar que el T3 (Arveja + maíz), T11 (Arveja + maíz + sambo) y T10 (Arveja + maíz + zucchini) mostraron valores superiores con 31,12; 32,61% y 32,36% respectivamente.

Así mismo a los 120dds, 150dd, 180dds y 210 dds el tratamiento con el promedio más alto frente a los demás fue el T5 (sambo y maíz), T7 (Fréjol + maíz + sambo) y T11 (Arveja + maíz + sambo) con un promedio de 36,06%; 50,39%; 71,95% y 82,83% respectivamente. En todos los días en las que fueron obtenidas las muestras se identificó que el T12 (Maíz) presentó los valores más bajos de la investigación.

Tabla 25. Prueba de Tukey para la variable cobertura del suelo a los 90, 120, 150 y 180 dds.

Tratamientos	90 dds	120 dds	150 dds	180 dds	210 dds
	Medias	Medias	Medias	Medias	Medias
T1	20,945 B	26,102 B	40,598 B	42,605 C	54,005 C
T2	21,012 B	26,850 B	45,432 AB	42,922 C	49,270 C
T3	31,125 A	34,633 A	40,667 B	42,097 C	52,563 C
T4	23,300 B	27,633 B	45,730 AB	45,545 C	53,215 C
T5	23,458 B	36,068 A	50,207 A	69,740 A	75,422 AB
T6	23,680 B	27,180 B	47,302 A	57,887 B	71,078 B
T7	23,455 B	35,810 A	50,393 A	71,950 A	81,200 AB
T8	23,540 B	28,808 B	47,235 A	60,335 B	74,480 AB
T9	23,962 B	35,415 A	49,400 A	69,455 A	81,325 AB
T10	32,360 A	34,510 A	47,265 A	58,170 B	70,868 B
T11	32,612 A	35,370 A	49,875 A	71,800 A	82,832 A
T12	20,763 B	25,992 B	40,633 B	43,715 C	50,260 C

Leyenda: Letras de grupos homogéneos = A,B,C; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz; T4= Zucchini + maíz; T5= Sambo + maíz; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo; T12= Maíz.

La cobertura permite reducir la evaporación directa de un suelo libre (Ross, 2017), al observar los resultados anteriores podemos identificar como la cobertura en el monocultivo presentó porcentajes más bajos en comparación con los demás tratamientos, razón por la cual la humedad del suelo fue menor, y por ende esto intervino en las variables sobre producción de maíz, situando al monocultivo en valores más bajos, que las asociaciones y coberturas.

El monocultivo presentó los valores más bajos, mismos resultados fueron encontrados por Pierre (2019), quien encontró que el porcentaje de cobertura en cultivo de zucchini fue más elevado utilizando cobertura viva con trébol que cobertura con vegetación espontánea, mientras que el valor más bajo fue en el monocultivo.

Huerta et al, (2018) identificó en su investigación que la calabacita llegó a cubrir el suelo con un 87,62% siendo así esta una de las cucurbitáceas más utilizadas como cobertura, lo cual ayuda a disminuir la erosión de los suelos y reducción de la pérdida de agua. En la presente investigación la cobertura con sambo ayudó a que la cobertura del suelo sea alta, impidiendo que el suelo se encuentre expuesto a las radiaciones solares, provocando la erosión de este.

Gómez y Lara (2016) afirman que la presencia de cobertura en el suelo ayuda a mejorar la biodiversidad del suelo, así la macrofauna de este empieza a aumentar con este tipo de prácticas agroecológicas, aumentando la población de artrópodos en su investigación un 82%. La cobertura en los suelos empieza a mostrar sus resultados a medida que las plantas como el sambo y zucchini se van desarrollando, esto con lleva múltiples beneficios como impedir la pérdida de agua, lo cual se ha podido identificar en la variable humedad del suelo en la presente investigación.

4.6. Análisis económico

La realización del análisis económico se hizo a partir del costo de producción y rendimiento de cada uno de los tratamientos, para determinar el mejor tratamiento en términos económicos se desarrolló el costo/beneficio.

Los precios utilizados en el análisis económico fueron obtenidos en la base de datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), observando los registros desde el 2015 al 2022.

En la Tabla 27 se detalla el costo beneficio del maíz asociado con leguminosas donde el T1 (Fréjol + maíz) presenta un valor de -0,34 esto quiere decir que por cada dólar que se invierta la pérdida será de 0,34, seguido del T2 (Haba + maíz) con una pérdida de 0,36 por cada dólar que se invierta, por último, el T3 presentó la pérdida más baja con 0,02 por cada dólar que se invierta.

Tabla 27. Análisis económico del maíz asociado con leguminosas

Tratamientos	Costo total/tratamiento (ha ⁻¹) USD	Producción Maíz (qq/ha ⁻¹)	Producción Leguminosa (qq/ha ⁻¹)	Venta Maíz (USD)	Venta Leguminosa (USD)	Total venta (USD)	Utilidad (USD)	C/B
T1	4560,55	108,74	39,43	1413,62	1577,31	2990,93	-1569,62	-0,34
T2	4552,73	111,86	103,79	1454,15	1453,04	2907,18	-1645,55	-0,36
T3	5094,40	158,60	65,02	2061,77	2925,91	4987,68	-106,72	-0,02

Leyenda: C/B= Costo/beneficio; T1= Fréjol + maíz; T2= Haba + maíz; T3= Arveja + maíz.

El análisis económico en cucurbitáceas se detalla en la Tabla 28 donde se puede identificar que el T4 (Zucchini + maíz) tuvo un costo beneficio de 0,18, mientras que la rentabilidad más baja se obtuvo en el T5 (Sambo + maíz) en donde el costo beneficio es -0,04.

Tabla 28. Análisis económico del maíz utilizando coberturas con cucurbitáceas

Tratamientos	Costo total/tratamiento (ha ⁻¹) USD	Producción Maíz (qq/ha ⁻¹)	Producción Cucurbitácea (kg/ha ⁻¹)	Venta Maíz (USD)	Venta Cucurbitácea (USD)	Total venta (USD)	Utilidad (USD)	C/B
T4	4729,82	157,46	14177,30	2046,94	3544,33	5591,26	861,44	0,18
T5	4534,51	164,18	11091,87	2134,29	2218,37	4352,66	-181,84	-0,04

Leyenda: C/B= Costo/beneficio; T4= Zuchinni + maíz; T5= Sambo + maíz.

En la Tabla 29 se detalla el análisis económico de las asociaciones y coberturas con leguminosa + maíz + cucurbitácea en donde la mejor rentabilidad se obtuvo en el T10 (Arveja + maíz + zucchini) donde la recuperación sería 0,75 por cada dólar invertido. Después el T6 (Fréjol + maíz + zucchini) tuvo un costo beneficio de 0,57, seguido del T8 (Haba + maíz + zucchini), en el cual la rentabilidad fue de 0,48 por cada dólar invertido, en cuarto lugar, el costo beneficio fue de 0,40 en el T11 (Arveja + maíz + sambo), por último, el T7 (Fréjol + maíz + sambo) y T9 (Haba + maíz + sambo) presentaron los valores más bajos en costo beneficio con valores de 0,27 y 0,17 respectivamente.

Tabla 29. Análisis económico del maíz con asociación (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas)

Tratamientos	Costo total/tratamiento (ha ⁻¹) USD	Producción maíz (qq/ha ⁻¹)	Producción leg (qq/ha ⁻¹)	Producción cucur (kg/ha ⁻¹)	Venta maíz (USD)	Venta leg (USD)	Venta cucur (USD)	Total venta (USD)	Utilidad (USD)	C/B
T6	4768,88	132,64	40,46	16538,98	1724,33	1618,59	4134,75	7477,67	2708,79	0,57
T7	4573,57	153,92	41,47	10717,65	2001,02	1658,62	2143,53	5803,17	1229,60	0,27
T8	4761,07	117,55	103,13	16263,75	1528,09	1443,85	4065,94	7037,88	2276,81	0,48
T9	4565,76	139,61	111,20	9758,01	1814,94	1556,80	1951,60	5323,34	757,58	0,17
T10	5302,73	169,75	61,98	17206,73	2206,81	2789,06	4301,68	9297,56	3994,83	0,75
T11	5107,42	169,90	63,75	10323,59	2208,64	2868,57	2064,72	7141,93	2034,51	0,40

Leyenda: C/B= Costo/beneficio; leg= leguminosas; cucur= cucurbitáceas; T6= Fréjol + maíz + zucchini; T7= Fréjol + maíz + sambo; T8= Haba + maíz + zucchini; T9= Haba + maíz + sambo; T10= Arveja + maíz + zucchini; T11= Arveja + maíz + sambo.

En la Tabla 30 se describe el análisis económico del monocultivo donde se presentó pérdida en la rentabilidad con un costo beneficio de -0,69, al utilizar el T12 (Maíz).

Tabla 30. Análisis económico del maíz (monocultivo)

Tratamientos	Costo total/tratamiento (ha-1) USD	Producción maíz (qq/ha-1)	Venta maíz (USD)	Utilidad (USD)	Costo/beneficio
T12	\$4.521,48	109,41	\$1.422,45	-\$3.099,03	-\$0,69

En la rentabilidad de cada tratamiento, se puede identificar como la interacción de tres cultivos presentó un mayor costo/beneficio, mismos resultados fueron encontrados por Aduviri (2019) quien obtuvo una rentabilidad de 2,20 dólares al asociar maíz, haba y tarwi frente al monocultivo el cual presentó un costo/beneficio de 1,53 dólares. Muñoz (2019) indica que las asociaciones son rentables porque no se utiliza grandes cantidades de fertilizantes, gracias a las coberturas hay control de malezas y se disminuye el uso de maquinaria pesada lo que conlleva a generar una buena calidad de los cultivos.

Sánchez y Romero (2018) afirman que un sistema milpa (fréjol, maíz y calabaza) es más rentable que un monocultivo, debido a que la milpa cumple con expectativas como la seguridad alimentaria, aprovecha los recursos naturales, es amigable con el medio ambiente, además hay menos utilización de mano de obra e impide la degradación de los suelos reduciendo la aplicación de fertilizantes químicos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El mejor rendimiento de maíz fue obtenido en asocio con arveja, maíz y sambo, así mismo el rendimiento de las leguminosas y cucurbitáceas fueron mayores en los tratamientos establecidos con tres cultivos, esto se debe principalmente a la retención de humedad, aumento de macrofauna, así como valores óptimos de pH y conductividad eléctrica.

Las variables de la producción agroecológica como altura de la planta, peso de 100 granos, peso de la mazorca y diámetro de mazorca obtuvieron valores más elevados en los policultivos que en el monocultivo.

La asociación de maíz con leguminosas presentó mejores resultados en la acidez del suelo aumentando el pH a medida que se implementan las labores culturales agroecológicas, así mismo la conductividad eléctrica mantuvo un valor óptimo en el desarrollo de la investigación.

La mayor presencia de humedad del suelo fue en las coberturas con sambo, ya que esta es una planta rastrera que protege al suelo, impidiendo así la escorrentía del agua.

Los sistemas agroecológicos sustentables benefician la incorporación de materia orgánica, ocasionando el aumento de la macrofauna, siendo Haplotaxida el orden más sobresaliente.

El tratamiento con mayor porcentaje de cobertura del suelo fue el T11 (arveja + maíz + sambo) el cual llegó a cubrir en un 82,83% la parcela, protegiendo así el suelo de la erosión causada por las lluvias que provoca el arrastre de las partículas de este.

La cobertura del suelo beneficia el desarrollo de las plantas, ya que, impide el crecimiento de las malezas, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad o pérdida de fertilización lo cual provoca que las plantas crezcan en un ambiente lo suficientemente apto para ellas.

El T10 (Arveja + maíz + zucchini) tuvo el mejor costo beneficio con 0,75 dólares frente a los demás tratamientos. La rentabilidad fue superior en los cultivos con triple asocio en comparación con los tratamientos de doble asocio o monocultivo.

5.2. Recomendaciones

Es recomendable dar a conocer a los agricultores alternativas para el cultivo de maíz, como la siembra en sistemas agroecológicos que llegan a mejorar la nutrición de los suelos beneficiando las características fenológicas del cultivo.

Realizar prácticas agroecológicas como asociaciones y coberturas ayudan a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, esto a mediano y largo plazo facilitará al productor el incremento de la producción.

Es aconsejable la siembra de cucurbitáceas como cultivos de coberturas, ya que protegen en mayor porcentaje al suelo manteniendo sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Es factible la utilización de triples asociaciones para obtener una mayor rentabilidad en sistemas agroecológicos, puesto que en dobles asociaciones o monocultivos el costo/beneficio es menor.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduviri, R. (2019). Evaluación del desarrollo de maíz (*Zea mays*) asociado al cultivo de tarwi y haba en diferentes densidades de siembra en la localidad de Achocalla del Departamento de La Paz. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Aguilar, C., Galdámez, J., Martínez, F., Guevara, F., Vázquez, H., y Llaven, J. (2019). Eficiencia del policultivo maíz-frijol-calabaza bajo manejo orgánico en La Frailesca. *Científica Agroecosistemas*, 64-72.
- Aguirre, S. (2017). Policultivos y silvopastoreo como estrategias agroecológicas de productores familiares en Colonia Gestido. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Altieri, M. (2001). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En *Ediciones Científicas Americanas* (pág. 25).
- Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2010). *La revolución agroecológica de América Latina Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino*. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/ilsa/20130711054327/5.pdf>
- Altieri, M. A., Hecht, S., Liebman, M., Magdof, F., Norgaard, R., y Sikor, T. (2010). *Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable*. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Alvarez, D. (2019). Análisis del sambo (*c.ficifolia*) y creación de propuestas gastronómicas de autor. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador.
- Alvarez, Y. (2015). *Evaluacion de indicadores de sustentabilidad agroecologica en sistemas de producción agrícola*.
- Araujo, E. (2014). Caracterización y evaluación de la asociación y rotación de policultivos de maíz y hortalizas en la parroquia San Joaquín. Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/721>
- Arequipa, A. (2017). Bioindicadores para la determinación de la calidad del suelo en la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun. Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

- Arevalo, M. J., y Arias, P. G. (2008). Caracterización Físico-Químico del zambo y la elaboración de dos productos a partir de la pulpa. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Arias, J., Rengifo, T., y Jaramillo, M. (2018). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble*. http://arsftfbean.uprm.edu/bic/wp-content/uploads/2018/04/Climbing_Bean_Production_Manual-Spanish.pdf
- Armbrecht, I. (2009). Avance de los monocultivos, soberanía alimentaria y derechos humanos: recomendaciones en la evaluación mundial de IAASTD-ALC. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Ávila, E. P. (2015). Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá.
- Baca, L. A. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Economía
- Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2014). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. *INTA*, 7-8.
- Behera, U., y France, J. (2016). Chapter Four - Integrated Farming Systems and the Livelihood Security of Small and Marginal Farmers in India and Other Developing Countries. *ScienceDirect*, 138, 235-282. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.04.001>
- Bernier, R., y Alfaro, M. (2006). Acidez de los suelos y efectos del encalado. *INIA N°151*.
- Boada, R., y Espinosa, J. (2015). *Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador*. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/262/252>
- Bravo, R., Villafuerte, A., Flor, J., Santana, F., Pico, J., y Trueba, S. (2018). Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana. *Dialnet*, 3(4), 3-7.
- Bucardo, E., y Mejía, M. (1999). Evaluación de diferentes de incorporación del frijol mungo (*vigna radiata*) en asocio con maíz. Managua, Nicaragua.

- Bunch, R. (2004). Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. *Leisa Revista Agroecológica*, 19(4).
- Cabrera, G., Robaina, N., y Ponce de León, D. (2011). Pastos y Forrajes. 34(3), 331-346.
- Calucho, P. E. (2017). Producción de zucchini (Curcubita pepo L.) con la aplicación de abonos orgánicos. La Maná, Ecuador.
- Carriel, I. (2017). Rendimiento de tres variedades de Zucchini (Cucúrbita pepo L.), mediante fertilización orgánica utilizando Bioles mineralizados en zona de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Castellanos, J. (2016). La Salinidad de los Suelos, un Problema que Amenaza su Fertilidad. *Intagri*.
- Caviedes, M., Yáñez, C., Silva, E., Dobronski, J., Caicedo, M., Zambrano, J., y Heredia, J. (2002). Ficha técnica de la variedad de maíz amarillo harinoso INIAP-124 “Mishca Mejorado” para las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Chalán, J. (2019). *Agricultura convencional y agroecología frente al cambio climático*. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6634/1/T2860-MDSCC-Chalan-Agricultura.pdf>
- Clavijo, N. (2013). Entre la agricultura convencional y la agroecología. el caso de las prácticas de manejo en los sistemas de producción campesina en el Municipio de Silvania. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Coba, G. (2022). La producción de maíz caería 35% por plagas y falta de fertilizantes. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/produccion-maiz-ecuador-crisis-urea-plagas/>
- Coronel, A. T. (2019). Los sistemas de producción agroecológica y su resiliencia frente al cambio climático en la parroquia San Lucas, provincia de Loja. *Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo* . Quito, Ecuador.
- Dane. (2016). El cultivo de la arveja (Pisum sativum. L) durante la temporada de lluvias. *Boletín Mensual de Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*.

- De Gracia, N., Guerra, J., y Cajar, A. (2003). *Guía para el manejo integrado del cultivo de zapallo*. <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/idiap/cultivodezapallo.pdf>
- Delgado, L. G. (2017). Rendimiento del cultivo de haba verde CV. por efecto de cuatro abonos orgánicos y bacthon en Chiguata-Arequipa . Arequipa, Perú.
- Ebel, R., Pozas, J., Miranda, F., y Cruz, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. Estado de México, México.
- Espinosa, J., y Molina, E. (1999). Acidez y Encalado de los Suelos. *IPNI (International Plant Nutrition Institute)*.
- Férrandez, M. (2002). Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes. *CCMA*, 195.
- Ferraris, G., y Couretot, L. (2014). Experimentos de nutrición en el cultivo de arveja. Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Pergamino.
- Flores, L., y Alcalá, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos, Laboratorio de Física de los suelos. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Gaibor, J. (2019). Influencia del uso del suelo en la infiltración del agua en la microcuenca alta del río Sábalo Valle Hermoso . Santo Domingo, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- García, F. (2002). *Requerimientos nutricionales de los cultivos*. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1091>
- García, Z. L., y Tubay, Z. L. (2017). Elaboración de harina a partir de semillas de sambo y su aplicación en preparaciones. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
- Gomez, L., y Lara, R. (2016). Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Gómez, L., Márquez , S., y Restrepo Luis. (2018). La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*). *SciELO*, 36(1), 123-131. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018000100123>
- Gómez, O. R., y Zavaleta, E. M. (2001). La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con *Tagetes* spp. *Revista Mexicana de*

Fitopatología, Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, km 35.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Estado de México CP 56230, 94-99.

- Gómez, S., y Romero, R. (2018). Hymenoptera (Apoidea- Chalcidoideachrysidoidea- Ichneumonoidea) asociados a siete cultivos promisorios del Departamento del Quindío. Colombia: Universidad del Quindío.
- Gonzales, M., Martinez, C., y Infante, D. (2010). Mildiu polvoriento en las cucurbitáceas. *Scielo*, 25(1), 44-50. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522010000100009
- González, A. (2015). Valoración de la sustentabilidad de los policultivos cafeteros del Centro Occidentey Sur Occidente Colombiano. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Grisales, N. Y., Henao, Camilo, R. J., Quintero, L. M., Franco, G., y Jaramillo, J. (2020). Influencia de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad de Calabacín (*Cucurbita pepo* L.) en Antioquia – Colombia. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(1).
- Guartasaca, T., y León , M. (2021). “*Evaluación de estrategias de manejo de cultivos de acolchado para la producción de col (Brassica oleracea L.) en un sistema de labranza reducida.*
- Guerrero, D. (2017). Efecto de microorganismos del suelo (Bacterias termofilas) en la producción del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) Centro Experimental San Francisco. Huaca, Ecuador: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Gutiérrez, P. (2015). Estrategias de adaptación ante el cambio climático en granos básicos: maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en cinco comunidades de San Ramón, Matagalpa 2014. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua: <https://repositorio.unan.edu.ni/3221/1/5628.pdf>
- Hernández, A., Estrada, B., Rodríguez, R., García, J., Patiño, S., y Osorio, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Scielo*, 10(4), 803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>

- Hernández, J. E., Tirado, D. T., y Beltrán, I. H. (2014). Captura de carbono en los suelos. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 1(2). <https://doi.org/10.29057/icbi.v1i2.506>
- Herrera, C., Hidrobo, J., y Basantes, E. (2016). Evaluación del efecto de la asociación de coberturas vege-tales vivas sobre el cultivo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en Huaca, provincia del Carchi, Ecuador. *Universidad Central del Ecuador*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.266>
- Herrera, L. (2015). Orden Dermaptera. Pamplona, España: Universidad de Navarra.
- Huerta, J., Oropeza, J., Guevara, R., Ríos, J., Martínez, M., Barreto, O., . . . Mancilla, O. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Scielo*, 36(2), 153-162. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005000701>
- INEC. (2021). Escuesta de superficie y producción agropecuaria continua-ESPAC. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística.
- Jaramillo, N., y Teodosio, T. (2021). Evaluación de cultivos asociados de frijo castillas y maíz marginal 28T en el Valle de Huaura. Huacho, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Jiménez, E., Sandino, V., García, K., y Angulo, L. (2010). Efecto de cultivos en asocio pepino (*Cucumis Sativus* L) pipian (*Cucurbita pepo* L) y frijol de vara (*Vigna unguiculata* L. Walp) en la ocurrencia poblacional de insectos plagas, benéficos y el rendimiento en Tisma, Masaya. *10(14)*, 13-24.
- Jiménez, I. (2016). Comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*zea mays* l.) asociado con maní (*arachis hypogaea* l.) con diversos distanciamientos de siembra y tres dosis de bioestimulante orgánico. Quevedo, Ecuador: Universdad Técnica Estatal de Ambato.
- Lardizábal, R., y Theodoracopoulos, M. (2004). Manual de Producción del zucchini. *Fintrac CDA Centro de Desarrollo de Agronegocios*.
- Lema, V. N. (2016). Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo; Facultad de Recursos Naturales

- Limones, C. (2020). Aplicacion de tres fuentes orgánicas (gallinaza, estiercol vacuno y humus de lombriz) para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) Balzar. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Loor, O. (2015). Comportamiento agronómico del haba pallar (*Vicia faba* L.) a la aplicación de dos fuentes de fertilizantes con tres niveles de macronutrientes. Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- López, F. (2017). Dinamica de la cobertura de residuos en suelos bajo siembra directa: relación con la humedad del suelo y la transformación de las fracciones orgánicas lábiles. Bahia Blanca, Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Lowry, C., y Smith, R. (2018). Chapter 5 - Weed Control Through Crop Plant Manipulations. *ScienceDirect*, 73-96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00005-X>
- Macuri, N. E. (2016). “Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L) en la sierra baja y media del Perú”. Lima, Perú.
- Martínez, C. R. (2002). Agroecología: atributos de sustentabilidad. *InterSedes*, 3, 25-45.
- Masaquiza, J. (2016). Valoracion del rendimiento de maíz (*zea mays*) en relacion con la aplicación de biodegradantes en el sector la isla, cantón Cumandá. Universidad Técnica de Ambato.
- Meirelles, L. (2015). La construcción de la Soberanía Alimentaria en las Américas. América Latina y el Caribe. <http://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/libros/Soberania-Alimentaria-Laercio-Meirelles.pdf>
- Molina, M., Chávez, J., Gil, A., López, P., Hernández, E., y Ortiz, E. (2016). Eficiencias productivas de asociaciones de maíz, frijol y calabaza (*Curcubita pepo* L.), intercaladas con árboles frutales. *Scielo*, 85(1), 36-50.
- Muñoz, J. (2019). Rendimiento de maíz y canavalia en monocultivo y asociación en agricultura de conservación en el Trópico Húmedo Mexicano. Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Nicholls, C., Pérez, N., Vasquez, L., y Altieri, M. (2002). The Development and Status of Biologically Based Integrated Pest Management in Cuba. *Integrated Pest Management Reviews*, 1-6. <https://doi.org/10.1023/A:1025728320114>

- Nivicela, T. (2021). Envejecimiento acelerado: Efectos sobre la viabilidad de semillas en cinco variedades de frejol. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Noguera, Á., Reyes, N., Mendieta, B., y Salgado, M. (2017). Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleifera* Lam. en Nicaragua. *Scielo*, 184-187.
- Núñez, F. D. (2016). Comparación de la macrofauna del suelo en agrosistemas de plátano en Santo Domingo y El Carmen. Santo Domingo, Ecuador.
- Ortega, A. (2013). Utilización de la leche de maíz suave (*Zea mays amylacea*) choclo, como sustituto de la leche de vaca en la elaboración de dulce de leche. Tulcán, Ecuador: Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Repositorio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/5/1/TESIS%20DULCE%20DE%20LECHE%20DE%20CHOCLO.pdf>
- Padilla, L. (2012). Estudio investigativo del zambo y su aplicación en la gastronomía. Quito, Ecuador.
- Paucar, P. (2014). Evaluación de tres niveles de fertilización química en dos variedades de habas (*Vicia faba* L.). El Ángel, Carchi, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Peralta, E., Murillo, A., Minchala, L., y Pinzón, J. (1997). INIAP-433 Roxana e INIAP-434 Esmeralda: Variedades mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tipo decumbente para la Sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas.
- Peralta, E., Vásquez, J., Mora, E., y Pinzón, J. (1994). INIAP-440 Quitumbe: Variedad mejorada de haba (*Vicia faba* L.) de grano mediano para la Sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Leguminosas.
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A., y Velarde, M. (2011). *Edafología 1*. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Pierre, L. (2019). Efecto de dos coberturas vegetales en el desarrollo y rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) cv. Black Beauty. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

- Pound, B. (2007). Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América. Natural Resources Institute.
- Quintero, O. (2016). Evaluación preliminar del uso productivo de los suelos y su relación con su estado de conservación en fincas de los cantones Huaca, Tulcán y Montúfar. Tulcán, Ecuador.
- Ramirez, R. C. (1997). Propiedades físicas, químicas y Biológicas de los suelo.
- Ross, F. (2017). Cultivos de cobertura para maíz en el centro-sur bonaerense. Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Sanabria, S., Mendoza, K., Sangay, S., y Cosme, R. (2021). Uso de coberturas vegetales en el manejo sostenible del suelo asociado al cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays*L.). *Scientia Agropecuaria*, 329-336.
- Sánchez, P., y Romero, O. (2018). Evaluación de la sustentabilidad del sistema milpa en el estado de Tlaxcala, México. *Scielo*, 8(15), 107-134.
- Sánchez, V. G. (2019). ¿Qué significa sustentabilidad?
- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., y Acevedo, E. (2015). Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos. La Pintana, Santiago-Chile: Universidad de Chile.
- Smith, H., y McSorley, R. (2000). Intercropping and Pest Management: A Review of Major Concepts: *American Entomologist [Am. Entomol.]*. Vol. 46, no. 3. 154-161.
- Soruco, E. (2006). Comportamiento agronómico del maíz (*Zea mays*) bajo sistemas de monocultivo y en asociación con arveja (*Pisum sativum*) y zapallo (*Cucurbita maxima*) . La Paz, Bolivia.
- Tamayo, C. V., y Alegre, J. C. (31 de enero de 2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable.
- Terán, C. (2016). Diseño de un sistema de producción integral bajo el modelo agroecológico en la finca Jardines del Cabuyal. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Tineo, A., y Roque, O. (2018). Udo equivalente de la tierra, para la asociación maíz-arveja, con captación de lluvias. Ayacucho. Ayacucho: Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias.

- Torres, S., Huaraca, J., Pezos, D., y Crisóstomo, R. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. Lima, Perú.
- Vaca, R. E. (2011). Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*pisum sativum* L.). En Santa Martha de Cuba - Carchi . Carchi, Ecuador.
- Vallejos, E. (2021). Manejo y control de tijeretas en huertos hortícolas. Los Ríos: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Vanegas, M. (2015). Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Vanzolini, J. I., Galantini, J., & Agamennon, R. (2013). Cultivos de cobertura de *Vicia villosa* Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. 21-29. INTA.
- Villasis, C., Cevallos, E., Acuña, J., y Pinzón Z, J. (1991). INIAP-403 variedad de frejol bolón bayo. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Leguminosas, 1991.
- Windfuhr, M., y Jonsén, J. (2005). *Soberanía Alimentaria. Hacia la democracia en sistemas alimentarios locales*. <http://www.ukabc.org/soberaniaalimentaria.htm>
- Yáñez, C. (2013). INIAP-124: "Mishca Mejorado". Quito, Ecuador: INIAP.
- Zerbino, S., y Altier, N. (2014). La biodiversidad del suelo su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas. *INIA*, 8-9.
- Zumbado, M., y Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. Guía básica de entomología. Heredia, Costa Rica: Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: MONCADA JARAMILLO STEFANIA JACQUELINE CÉDULA DE IDENTIDAD: 0705860187
NIVEL/PARALELO: EGRESADAS PERIODO ACADÉMICO: 2022 A

TEMA DE INVESTIGACIÓN: EVALUACION DE LA PRODUCCION DE MAIZ (Zea mays) Y PROPIEDADES DEL SUELO EN SISTEMAS AGROECOLOGICOS SUSTENTABLES CON ASOCIACIONES (LEGUMINOSAS) Y COBERTURAS (CUCURBITACEAS) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO, PROVINCIA DEL CARCHI

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO
LECTOR: MSC HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
ASESOR: MSC ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 AULA: 2
FECHA: viernes, 19 de agosto de 2022
HORA: 0,66666667

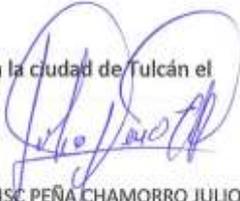
Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,88
2) Trabajo escrito 2,95
Nota final de PRE DEFENSA 9,83

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 19 de agosto de 2022.


MSC PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO
PRESIDENTE


MSC ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO
TUTOR


MSC HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: TOCAIN MALDONADO GISSELLA ALEXANDRA **CÉDULA DE IDENTIDAD:** 0401754841
NIVEL/PARALELO: EGRESADA **PERIODO ACADÉMICO:** 2022 A

TEMA DE INVESTIGACIÓN: EVALUACION DE LA PRODUCCION DE MAIZ (Zea mays) Y PROPIEDADES DEL SUELO EN SISTEMAS AGROECOLOGICOS SUSTENTABLES CON ASOCIACIONES (LEGUMINOSAS) Y COBERTURAS (CUCURBITACEAS) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO, PROVINCIA DEL CARCHI

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO
LECTOR: MSC HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
ASESOR: MSC ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del Informe de Investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 **AULA:** 2
FECHA: viernes, 19 de agosto de 2022
HORA: 0,66666667

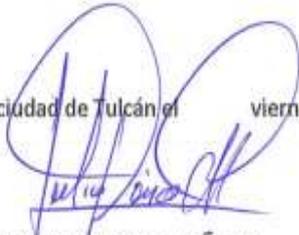
Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,88
2) Trabajo escrito 2,95
Nota final de PRE DEFENSA 9,83

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 19 de agosto de 2022


MSC PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO
PRESIDENTE


MSC ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO
TUTOR


MSC HERRERA RAMIREZ CARLOS DAVID
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Moncada Jaramillo Stefania Jacqueline y Tocaín Maldonado Gissella Alexandra

Fecha de recepción del abstract: 22 de agosto de 2022

Fecha de entrega del informe: 22 de agosto de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Escrito digitalmente por:
EDISON BOANERGES
PEÑAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3. Costos de producción del ensayo

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
(A) COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO:				
Arada y rastra	1	Yunta	\$30,00	\$30,00
Surcado	2	Jornal	\$14,00	\$28,00
SUBTOTAL				\$58,00
2. MANO DE OBRA:				
Siembra	2	Jornal	\$14,00	\$28,00
Fertilización	2	jornal	\$14,00	\$28,00
Retape	2	jornal	\$14,00	\$28,00
Deshierba	2	jornal	\$14,00	\$28,00
Fumigación	2	jornal	\$14,00	\$28,00
SUBTOTAL				\$140,00
3. INSUMOS AGRÍCOLA:				
Semilla maíz	8	lb	\$1,00	\$8,00
Semilla haba	3	lb	\$0,80	\$2,40
Semilla fréjol	3	lb	\$1,00	\$3,00
Semilla arveja	6	lb	\$3,00	\$18,00
Semilla sambo	1	lb	\$1,00	\$1,00
Plántulas de zucchini	160	Unidad	\$0,10	\$16,00
SUBTOTAL				\$48,40
4. FERTILIZANTES:				
Vermicompost	8	qq	\$5,00	\$40,00
Humitas 15	2	lt	\$8,00	\$16,00
Superbiol Pumamaqui	4	lt	\$2,50	\$10,00
Abonaza	4	qq	\$4,50	\$18,00
SUBTOTAL				\$84,00
5. INSECTICIDA BIOLÓGICO:				
Dipel 2x	500	gr	\$17,50	\$17,50
SUBTOTAL				\$17,50
6. COSECHA				
Tutoreo	104	Unidad	\$0,25	\$26,00

Costales	25	Unidad	\$0,25	\$6,25
Cabuya	1	rollo	\$3,50	\$3,50
SUBTOTAL				\$35,75
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				\$383,65
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)				
Asistencia técnica				\$30,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				\$30,00
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN (962,5 m²)				\$413,65

Anexo 4. Fotografías



Figura 8. Preparación del terreno (arada y rastra)



Figura 9. Delimitación del área del ensayo



Figura 10. Elaboración de surcos



Figura 11. Aplicación de fertilizantes orgánicos



Figura 12. Siembra de maíz, fréjol, haba, arveja, zucchini y sambo



Figura 13. Toma de muestras del suelo.



Figura 14. Medición de altura de la planta



Figura 15. Medición diámetro de la mazorca

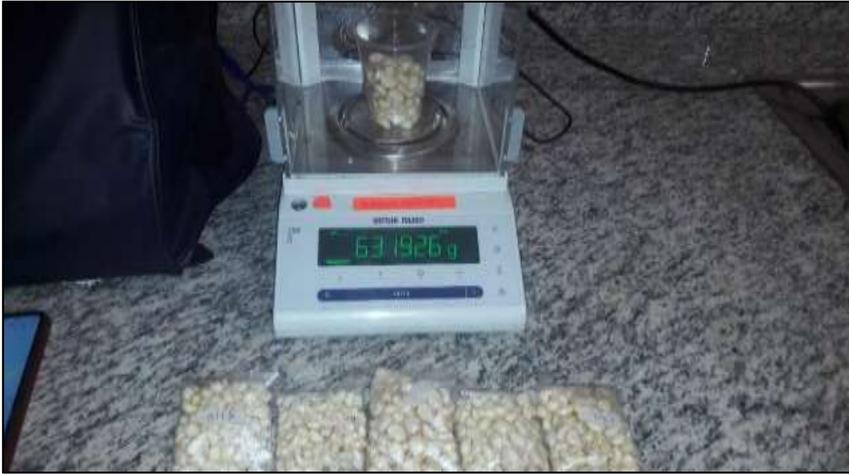


Figura 16. Peso de 100 granos de maíz



Figura 17. Cálculo de la cobertura del suelo



Figura 18. Recolección de datos de pH, conductividad eléctrica y humedad



Figura 19. Cuantificación de la macrofauna



Figura 20. Cultivos asociados



Figura 21. Cosecha de los cultivos asociados



Figura 22. Culminación del ensayo