



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

**“Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo
maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz
blanco en el sector La Argelia, Loja”**

Trabajo de titulación
previa a la obtención del
título de Ingeniera
Agrónoma

AUTORA:

Jhulissa Stefania Ambuludi González

DIRECTORA:

Ing. Paulina Vanesa Fernández G. Mg.Sc

Loja – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DE DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICADO

Loja, 08 de abril del 2022

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

Certifica:

Que he revisado y dirigido el trabajo de tesis titulado **“Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz blanco en el sector La Argelia, Loja”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, de la egresada Jhulissa Stefania Ambuludi González, se autoriza su presentación ya que cumple con lo lineamientos establecidos y exigidos por la carrera de Ingeniería Agronómica y la Universidad Nacional de Loja.

En mi calidad de Directora de tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio del egresado.



Firmado electrónicamente por:
**PAULINA VANESA
FERNANDEZ
GUARNIZO**

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Jhulissa Stefania Ambuludi González, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja ya sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma, adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Jhulissa Stefania Ambuludi González

Cédula: 1105678500

Fecha: 10 de agosto del 2022

Correo electrónico: jhulissa.ambuludi@unl.edu.ec

Celular: 0939668114

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO

Yo Jhulissa Stefania Ambuludi González declaro ser la autora de la tesis titula “Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz blanco en el sector La Argelia, Loja” como requisito para optar el título de Ingeniería Agrónoma autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 10 días del mes de agosto del 2022.

Firma:



Autora: Jhulissa Stefania Ambuludi González

Cédula: 1105678500

Dirección: Sta. Narcisa de Siena, Ciudadela “Víctor Emilio Valdivieso”-Loja

Correo electrónico: jhulissa.ambuludi@unl.edu.ec

Celular: 0939668114

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de tesis: Ing. Paulina Vanesa Fernández G. Mg.Sc

Tribunal de grado:

PhD. Mirian Capa Morocho **Presidenta**

PhD. Marlene Molina Müller **Vocal**

PhD. Jorge Armijos Rivera **Vocal**

DEDICATORIA

Va dedicado especialmente a mi hijo Dylan, puesto que es la razón por la que seguí adelante con mis estudios, para que se sienta orgulloso de su madre, y en un futuro el también cumpla sus sueños y vea en mí un ejemplo a seguir, que los sueños se cumplen si uno se lo propone y se esmera, no importa cuánto sacrificio cueste siempre al final del día valdrá la pena.

A mi madre por su incondicional apoyo, amor, ya que ella me dio la fuerza y la valentía de luchar por mis sueños.

Jhulissa Stefania Ambuludi González

AGRADECIMIENTO

A Dios por mantenerme de pie siempre, por no dejarme rendir ante las adversidades de la vida, por darme salud y sabiduría para concluir con éxito mis estudios.

Agradezco infinitamente a mi esposo e hijo que fueron pilares fundamentales en mi formación y fueron el motivo que me llevo a cumplir este sueño maravilloso sin importar los sacrificios que conlleva este logro.

A mi madre, hermanos y sobrinos por su apoyo incondicional, por brindarme su mano cuando la necesitaba.

A mi suegra que dios la puso en el momento exacto para seguir con mis estudios ya que sin su apoyo no hubiera podido concluir mis estudios.

Jhulissa Stefania Ambuludi González

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación del Trabajo de Titulación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
Objetivo general.....	5
Objetivo específico.....	5
4. Revisión de literatura.....	6
4.1. Generalidades del cultivo de maíz.....	6
4.1.1. Origen.....	6
4.1.2. Importancias del cultivo de maíz.....	6
4.1.3. Morfología.....	7
4.1.4. Taxonomía.....	7
4.1.5. Fenología.....	7
4.1.6. Importancia nutricional.....	10
4.2. Rendimiento de maíz.....	10
4.3. Malezas en el cultivo de maíz.....	11
4.3.1. Efecto de las malezas en el cultivo de maíz.....	12

4.3.2.	Tipos de control de malezas.....	12
4.3.3.	Periodo crítico de interferencia de las malezas.....	12
4.4.	Agricultura de conservación.....	13
4.5.	Cultivos de cobertura.....	14
4.6.	Cultivos de cobertura en el control de malezas.....	14
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5.1.	Ubicación geográfica.....	16
5.2.	Diseño experimental.....	16
5.3.	Modelo matemático.....	17
5.4.	Metodología.....	18
5.4.1.	Establecimiento y manejo agronómico de los cultivos de cobertura y el cultivo de maíz.....	18
5.4.2.	Metodología para el primer objetivo: Evaluar la producción de la biomasa aérea de los cultivos de cobertura como antecesores del cultivo de maíz.....	19
5.4.3.	Metodología para el segundo objetivo: Determinar el efecto de los cultivos de cobertura sobre la diversidad y crecimiento de malezas bajo el sistema de siembra directa del maíz.....	20
5.4.4.	Metodología para el tercer objetivo: Evaluar el rendimiento y los componentes del maíz cultivado bajo un sistema de cultivos de cobertura.....	22
5.5.	Análisis estadístico.....	23
6.	RESULTADOS.....	25
6.1.	Clima y fenología del maíz.....	25
6.2.	Arvenses asociadas al cultivo.....	26
6.3.	Biomasa, altura y densidad de los cultivos de cobertura.....	27
6.4.	Biomasa seca de las arvenses.....	28
6.5.	Cobertura vegetal de arvenses.....	29
6.6.	Supresión de malezas en el estadio fenológico V5 y V7 del maíz.....	29
6.7.	Índice de diversidad de Simpson y Margalef.....	30
6.8.	Altura de planta del maíz.....	31
6.9.	Índice de área foliar.....	32
6.10.	Rendimiento y componentes del rendimiento.....	32
6.11.	Relación entre el rendimiento con la biomasa de CC, con la biomasa de arvenses y con la supresión de malezas.....	33
7.	DISCUSIÓN.....	35

8.	CONCLUSIONES.....	39
9.	RECOMENDACIONES.....	40
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
11.	ANEXOS.....	51

Índice de figuras

Figura 1. Periodo crítico de interferencia de malezas del maíz.....	13
Figura 2. Mapa de la ubicación geográfica del experimento.....	16
Figura 3. Diseño del experimento.....	18
Figura 4. Temperatura media y humedad relativa diaria, registradas en la QEDA, Loja durante el ciclo del cultivo de maíz julio 2021-enero 2022.....	25
Figura 5. Duración de las etapas fenológicas del maíz cultivado en La Argelia, Loja.....	26
Figura 6. Biomasa, densidad y altura de los CC previo al virado; A) representación gráfica de la biomasa; B) densidad de plantas m ² y C) altura de plantas.....	28
Figura 7. Peso seco de las arvenses cosechadas durante el periodo crítico de las mismas.....	29
Figura 8: Porcentaje de cobertura vegetal de las arvenses tomadas cada 15 días durante el ciclo del cultivo de maíz.....	29
Figura 9. Porcentaje de supresión de malezas de los distintos tratamientos.....	30
Figura 10. Dinámica de crecimiento de las plantas de maíz bajo distintos tratamientos.....	32
Figura 11. Dinámica del índice de área foliar de las plantas de maíz sometidas a distintos tratamientos de CC	32
Figura 12. Relación lineal del rendimiento en función de: A) Biomasa de los CC; B) Biomasa de las arvenses y C) Porcentaje de supresión de arvenses.....	34
Figura 13. Medición del terreno.....	62
Figura 14. Delimitación del terreno.....	62
Figura 15. Cultivos de cobertura establecidos.....	62
Figura 16. Recolección de muestras de CC con el cuadrante.....	62
Figura 17. Muestras etiquetadas para llevarlas al laboratorio.....	63
Figura 18. Virado mecánico de los CC.....	63
Figura 19. Sensor de temperatura.....	63

Figura 20. Pesado de los CC.....	63
Figura 21. Datos de altura.....	64
Figura 22. Toma de datos de IAF.....	64
Figura 23. Arvenses con mayor población encontradas en el cultivo de maíz.....	65
Figura 24. Cultivo de maíz establecido.....	65
Figura 25. Grano de maíz.....	65
Figura 26. Secado de las muestras de maíz.....	65
Figura 27. Tamaños de mazorcas de los distintos tratamientos.....	66
Figura 28: Interpretación del magnesio.....	66

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía del maíz.....	7
Tabla 2. Etapas vegetativas y reproductivas del maíz.....	8
Tabla 3. Principales arvenses que afectan al cultivo de maíz.....	11
Tabla 4. Tratamientos del experimento.....	17
Tabla 5. Resultado del análisis de suelo y dosis de corrección.....	19
Tabla 6. Población de arvenses presentes durante el ciclo del cultivo de maíz.....	26
Tabla 7. Índice de diversidad de Simpson y Diversidad de malezas y Margalef de las malezas crecidas en el cultivo de maíz a los 105 DDS	31
Tabla 8. Medias de rendimiento del grano de maíz variedad INIAP 101 y sus componentes bajo tres tratamientos usando cultivos de cobertura y dos controles uno con arvenses y el otro sin arvenses.....	33

Índice de anexos

Anexo 1. Cálculos de fertilización.....	51
Anexo 2. Análisis de suelo.....	57
Anexo 3. Escala fenológica BBCH del maíz.....	58
Anexo 4. Evidencias fotográficas.....	62
Anexo 5. Certificado de traducción.....	67

“Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz blanco en el sector La Argelia, Loja”

2. RESUMEN

El maíz es un cereal importante a nivel mundial, este cultivo es considerado la base para la alimentación humana y animal, sin embargo, su rendimiento se ve afectado por la interferencia de arvenses que compiten por agua, nutrientes y radiación solar. Generalmente el control de las arvenses se realiza mediante el empleo de productos químicos, lo que deriva en problemas ambientales, incremento de gastos de producción e incluso resistencia de las arvenses a los herbicidas. Una alternativa para el manejo de arvenses es el uso de cultivos de cobertura (CC), como parte de un manejo integrado. Los CC pueden inhibir el crecimiento de las arvenses, y a su vez aportan beneficios al suelo y a la planta. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar distintos cultivos de cobertura como una alternativa tecnológica para el control de malezas en la producción de maíz blanco. El ensayo se lo estableció en la Quinta Experimental Docente la Argelia ubicada al sur de la ciudad de Loja, se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones, los cuales consistieron en diferentes especies como cultivos de cobertura: monocultivo de vicia, monocultivo de avena, mezcla de avena + vicia, también se incluyó un tratamiento control donde se removió las arvenses y un control absoluto donde nunca se sacaron las arvenses. Se evaluó la densidad, altura y biomasa de los CC; además, se identificaron las arvenses asociadas al cultivo de maíz y se cuantificó su biomasa. En relación al cultivo de maíz, se evaluó la altura de planta, índice de área foliar (IAF), biomasa aérea, rendimiento y sus componentes. En resultados la avena alcanzó los valores más altos en altura, biomasa y densidad de plantas de los CC, además este tratamiento fue el que produjo mayor supresión de arvenses con 67,56 % en el estado fenológico V7 del maíz. Por otro lado, el mayor rendimiento de grano de maíz se lo consiguió con el CC de vicia 9,51 t ha⁻¹, mientras que los tratamientos sin CC tuvieron los menores rendimientos entre 7,2 y 7,5 t ha⁻¹; demostrando que los CC como antecesores del cultivo de maíz son una alternativa ecológica para el control de arvenses y mejoran el rendimiento de grano.

Palabras claves: *Zea mays*, arvenses

2.1. ABSTRACT

Corn is a cereal considered as one of the most important products worldwide for human and animal feeding and maintenance however its production has been affected specially by weeds that compete for water, minerals and sun irrigation, generally weeds' control is related to some problems such as: environment damage and pollution by using pesticides, resistance to pesticides and production outcome increase. An alternative for Good weeds management is the use of cover crops as part of an integrated management. The cover crops can prevent weeds growth and also provide minerals to soil and plants.

The current research was aimed to identify different cover crops as a technological alternative to control weeds in the White corn production. The try was carried out in the teachers' field placed in "La Argelia" south of the city. There was used a random model with 5 tries and 3 repetitions, divided in many species as well as cover crop, monoculture of vicia, oatmeals monoculture, and a mixture of vicia with oatmeal, also there was included a control treatment where weeds were removed and another where they were not removed.

Density, high and biomass were evaluated in the cover crops, there were identified weeds related to corn crop also its mass was quantified.

In reference with corn crop we evaluated the plant high, leaf area index, biomass area, performance and its components. In summary oats got better results than others, it refers to biomass, high, and plant density into the cover crops; besides this process was which led the highest weed prevention ranking 67,56 percent in the phenological state V7 of corn. On the other side the biggest corn grain was thanks to vicia as cover crop 9,51 t ha⁻¹; while treatments without cover crops had lower performance 7,2 and 7,5 t ha⁻¹. Demonstrating that cover crops as preventor of corn crop are an ecological alternative to control weeds and improve its production.

Key words: Zea mays, weeds.

3. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, usado tanto en la alimentación humana como en la animal. El maíz blanco es un cultivo ampliamente sembrado en Loja, y constituye la base de la alimentación en varias zonas de la provincia.

Las malezas son consideradas un problema difícil de controlar en los cultivos debido a su alta resistencia a los agroquímicos, competencia por nutrientes, luz, agua, y pueden ser hospederas de patógenos e insectos plagas. La pérdida de rendimiento de los cultivos por la competencia con las arvenses podría deberse en gran medida al aumento de la biomasa de malezas, la densidad de malezas y las especies de malezas (Blackshaw *et al.*, 2002), lo que produce una competencia por los recursos del suelo y la radiación.

Desde el punto de vista de la producción agronómica, las malezas son definidas como plantas, exóticas o nativas que interfieren negativamente en cultivos importantes para el humano, como es el maíz. Según los estudios de Evans, *et al* (2002), existen alrededor de 25 a 30 especies de arvenses anuales y perennes en el cultivo de maíz. El rendimiento se puede ver afectado hasta con el 72,93 % de pérdidas debido a la infestación de arvenses (Anzalone *et al.*, 2006). Se conoce que entre las tecnologías que pueden ayudar a manejar las malezas en los cultivos está el uso de cultivos de cobertura, que logran disminuir el uso de herbicidas y los costos en la mano de obra para el desmalezamiento. Según Brennan & Smith (2015) los cultivos vigorosos tienen la capacidad de suprimir las malezas que crecen al tiempo con estos.

Los cultivos de cobertura pueden prevenir el desarrollo de la población de malezas, controlar enfermedades del suelo, enriquecer el suelo mediante la fijación de nitrógeno en el suelo, mejorar la estructura del suelo, evitar la absorción de nitrógeno, aumentar la materia orgánica del suelo y disminuir la erosión del suelo (Kruidhof *et al.*, 2008).

Los cultivos de cobertura de leguminosas pueden suministrar la mayor parte del N necesario para obtener el máximo rendimiento de maíz (Clark *et al.*, 1997; Bayer *et al.*, 2000). Dentro de los cultivos de cobertura más utilizados tenemos las gramíneas en las cuales se encuentra a la avena y el centeno (*Secale cereale* L.) son conocidos por recolectar nutrientes del suelo y producir biomasa (Brandi-Dohrn *et al.*, 1997; Snapp *et al.*, 2005).

El presente trabajo tiene como objetivos:

Objetivo general

- Evaluar distintos cultivos de cobertura como una alternativa tecnológica para el control de malezas y la producción del maíz.

Objetivos específicos

- Evaluar la producción de la biomasa aérea de los cultivos de cobertura como antecesores del cultivo de maíz.
- Determinar el efecto de los cultivos de cobertura sobre la diversidad y crecimiento de malezas bajo el sistema de siembra directa del maíz.
- Evaluar el rendimiento y sus componentes en maíz cultivado bajo un sistema de cultivos de cobertura.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del cultivo de maíz

4.1.1. Origen

La primera tendencia y más extendida sitúa su origen en una evolución del Teocintle (*Zea mays* L. ssp. Mexicana) y el género *Tripsacum* (*Zea mexicana* Schrader Kuntze), que posiblemente sea el más cercano al maíz. La segunda tendencia cree que se desarrolló a partir de un maíz silvestre hoy desaparecido (Kato *et al.*, 2009).

En una parte de México se originó el maíz, los tipos de maíz que más se desarrollaron migraron a distintos lugares de América. Hoy en día no existe ninguna duda que el maíz se originó en América (McClintock *et al.*, 1981; CIMMYT, 2006)

Según Bejarano & Segovia (2000) indica que a pesar de que existen evidencias contundentes de que Teocintle es el ancestro directo del maíz, se han planteado distintas teorías sobre su origen botánico, las cuales son: 1) teoría del maíz tunicado, Saint Hilaire, 2) teoría del origen común del maíz y el Teocintle, Montgomery y luego Watherwax, 3) teoría de tripartida, Mangelsdorf y Reeves y 4) teoría de la mutación catastrófica en una especie silvestre, Iltis.

Hallauer & Carena (2009) afirman que el maíz se empezó a cultivar desde hace unos 7 000 a 10 000 años, mientras que (Tapia & Fries, 2007; Acosta, 2009) mencionan que el origen del maíz se dio a partir de que se encontraron restos arqueológicos de mazorcas, de hace más de 5 000 años, en México.

4.1.2. Importancias del cultivo de maíz

En el mundo, entre todos los cereales existentes, el maíz es el producto agrícola más importante, ha desplazado al trigo de este sitio y se perfila como el grano más valioso, esto debido a la gran versatilidad de usos, debido a que puede consumirse como alimento humano en forma directa, utilizarse también en alimento para ganado o puede transformarse industrialmente en productos con mayor valor agregado (Keleman & Hellin, 2009).

4.1.3. Morfología

Según Maroto (1998), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

- **Raíces:** Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta.
- **Tallo:** Es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, alcanza los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.
- **Hojas:** Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz.
- **Inflorescencia:** Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde.
- **Grano:** contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90 % del peso del grano.

4.1.4. Taxonomía

Según Kato *et al.*, (2009) la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente (Tabla 1):

Tabla 1. Taxonomía del maíz

Reino	Vegetal
División	Traqueophyta
Clase	Angiosperma
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>
Nombre común	Maíz

4.1.5. Fenología

El desarrollo del maíz se divide en 2 etapas, etapas vegetativas (V) y reproductivas (R) (Tabla 2). El uso de este sistema marca etapas fisiológicas definidas en el desarrollo de la planta (Endicott *et al.*, 2015).

Tabla 2. Etapas vegetativas y reproductivas del maíz

Etapas vegetativas		Etapas reproductivas	
VE	Emergencia	R1	Aparición de los estigmas
V1	Primera hoja	R2	Blíster
V2	Segunda hoja	R3	Granos lechoso
V3	Tercera hoja	R4	Grano pastoso
V(n)	Enésima hoja	R5	Grano dentado
VT	Aparición de las panojas	R6	Grano maduro

4.1.5.1. Etapas vegetativas

Las etapas vegetativas (V) se caracterizan por la presencia del cuello de una hoja en hojas emergidas. La hoja de maíz tiene tres partes principales: el cuerpo, la vaina y el cuello. La punta de la hoja es la primera parte visible; luego le sigue el cuerpo de la hoja, y finalmente el cuello y la vaina (Endicott *et al.*, 2015).

a. Germinación y Emergencia (VE)

Cuando el coleóptilo rompe la superficie del suelo, se ha producido la emergencia (VE). Las hojas embrionarias crecen a través del coleóptilo, y la primera hoja verdadera (con punta redondeada) emerge y se cuenta como la primera hoja (V1) durante las etapas tempranas (Endicott *et al.*, 2015).

b. Etapas vegetativas tempranas (de V1 a V5)

Durante estas etapas vegetativas el tallo tiene una mínima elongación (nodo interno). Un brote se inicia en cada nodo (axila de cada hoja) (Endicott *et al.*, 2015).

c. Etapas vegetativas intermedias (V6 a V11)

Durante estas etapas, las plantas de maíz comienzan un período de elongación del nodo interno muy rápida. La cantidad de hileras de granos alrededor del elote se establece aproximadamente en la V7, momento en el que los vástagos o brotes de la mazorca son visibles, como también la panoja (Endicott *et al.*, 2015).

d. Etapas vegetativas tardías (V12 a VT)

La longitud de la mazorca (número de granos por hilera) se determina las últimas semanas antes de la aparición de las panojas; sin embargo, el número final de granos se determina durante y después de la polinización (Endicott *et al.*, 2015).

Etapas de transición (VT a R1)

La transición del desarrollo vegetativo al desarrollo reproductivo (de VT a R1) es un período crucial para la determinación del rendimiento de los granos. La VT ocurre cuando la última rama de panoja ha emergido y se extiende hacia afuera. La VT se superpone con la R1 cuando los estigmas visibles aparecen antes de que la panoja emerja completamente. El desarrollo vegetativo ahora está completo; y la planta pasa al desarrollo reproductivo (R1) (Endicott *et al.*, 2015).

4.1.5.2. Etapas reproductivas

Las etapas reproductivas se caracterizan por la emergencia de granos en desarrollo en la mazorca, excepto por la primera etapa reproductiva (R1), que se identifica únicamente por la emergencia de estigmas de las chalas. Hay seis etapas reproductivas (Tabla 2).

a. Aparición de los estigmas (R1)

La R1 ocurre cuando los estigmas son visibles fuera de las chalas. En esta etapa, los granos están casi completamente envueltos en glumas (sépalos). Este período es importante para el desarrollo de los granos y, finalmente, para el rendimiento (Endicott *et al.*, 2015).

b. Etapa de “blíster” (R2)

La R2 ocurre de 10 a 14 días después de la aparición de los estigmas y se la denomina la etapa de “blíster”. A medida que los granos se expanden, las glumas se vuelven menos visibles (Endicott *et al.*, 2015).

c. Etapa de grano lechoso (R3)

La R3 ocurre de 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas cuando los granos comienzan a mostrar el color final, que es amarillo o blanco. Los granos tienen alrededor del 80% de humedad (Endicott *et al.*, 2015).

d. Etapa de grano pastoso (R4)

La R4 ocurre de 24 a 28 días después de la aparición de los estigmas. Los granos tienen alrededor del 70% de humedad, los granos obtienen alrededor de la mitad de su peso seco maduro (Endicott *et al.*, 2015).

e. Etapa de grano dentado (R5)

La R5 ocurre de 35 a 42 días después de la aparición de los estigmas y representa casi la mitad del tiempo de desarrollo reproductivo (Endicott *et al.*, 2015).

f. Madurez fisiológica (R6)

La R6 ocurre de 60 a 65 días después de la aparición de los estigmas. La humedad de los granos es de aproximadamente el 35%, los granos se consideran maduros fisiológicamente y han alcanzado su peso seco máximo (Endicott *et al.*, 2015).

4.1.6. Importancia nutricional

De todos los cereales el maíz es el más importante en el mundo, debido a que actualmente existe una tendencia creciente por la diversificación en su uso, ya que puede utilizarse para consumo humano y pecuario, especialmente para la producción de pollo y cerdo; en la industria se utiliza para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructuosa, aceites, botanas y etanol, entre otros. Se emplea también en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas y otros productos utilizados como materia prima, entre otras, en la industria minera, textil, farmacéutica y alimentaria (FIRA, 1998).

En muchos países en desarrollo con altos niveles de pobreza, el cultivo del maíz es una fuente importante para la nutrición de las familias (Aquino *et al.*, 2008).

En la sierra ecuatoriana el maíz es considerado el principal abastecimiento para la alimentación rural como urbana y por ende aporta a la economía del país (Delgado, 2011).

4.2. Rendimiento de maíz

Al igual que la mayoría de los cultivos, en maíz existe una estrecha relación entre el rendimiento y la producción de biomasa, la cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada en el Canopeo. En el maíz el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos. Para lograr aumentos de rendimiento es más importante aumentar la supervivencia de estructuras que den origen a los granos (Satorre *et al.*, 2015).

Por otro lado, el peso de los granos es el componente del rendimiento más estable. En maíz el peso de granos se encuentra altamente relacionado tanto con el número de células

endospermáticas y la cantidad de gránulos de almidón formados; estos dos componentes definen conjuntamente la capacidad como destino del grano, debido a que conforman lugares potenciales de disposición de reserva. El periodo de formación del grano es muy importante para la determinación del peso potencial, las condiciones durante el llenado efectivo pueden modificar el peso dependiendo de la cantidad de fuente disponible por grano (Satorre *et al*, 2015).

Aguilar *et al.*, (2015) mencionan que el rendimiento del maíz depende del genotipo que se utilice, y del lugar que se lo cultive ya que las condiciones ambientales son factores por la cual el rendimiento puede ser mayor o menor.

4.3. Malezas en el cultivo de maíz

Una maleza es cualquier planta que constituye un peligro, molestia o causa daños al hombre, animales o, en este caso, al cultivo de maíz, teniendo así un sinnúmero de malezas para este cultivo (Tabla 3), (Deras, 2015).

El desarrollo del cultivo de maíz en los primeros 30 días es crítico, por lo que se debe asegurar que crezca libre de la competencia de malezas, pues se estima que estas son causantes del 10 al 84% de la reducción en su rendimiento (Deras, 2015).

Tabla 3. Principales arvenses que afectan al cultivo de maíz.

Tipo de maleza	Nombre científico	Nombre común
Hoja ancha	<i>Baltimore recta</i>	Flor amarilla
	<i>Bidens pilosa</i>	Mozote, mozote negro
	<i>Melampodium divaricatum</i>	Flor amarilla, hierva de chucho
	<i>Physalis sp</i>	Tomatillo, farolito
	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo o güisquilite
	<i>Ageratum conyzoides</i>	Santa Lucía, mejorana
	<i>Euohorbia hirta</i>	Golondrinilla, hierva de sapo
	<i>Boerhavia erecta</i>	Palo de leche
	<i>Ipomoea sp</i>	Campanilla
	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga
Hoja angosta (gramíneas)	<i>Sida sp</i>	Escobilla
	<i>Eleusine indica</i>	Zacate amargo, pasto de gallina
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Salea
	<i>Ixophorus unisetus</i>	Zacate de agua
	<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda, barrenillo
Ciperáceas	<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson
	<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo
	<i>Cyperus spp</i>	Coyolillo

4.3.1. Efecto de las malezas en el cultivo de maíz

Según la FAO (2014), indica que aquellas plantas que interfieren con la actividad humana en las áreas cultivadas o no cultivadas son consideradas malezas. Las malezas compiten con los cultivos por los nutrientes del suelo, el agua y la luz; hospedan insectos y patógenos dañinos a las plantas de los cultivos y sus exudados de raíces y/o filtraciones de las hojas pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas. Las malezas además interfieren con la cosecha del cultivo e incrementan los costos de tales operaciones. Además, en la cosecha, las semillas de las malezas pueden contaminar la producción. Por lo tanto, la presencia de malezas en las áreas de cultivo reduce la eficiencia de los insumos tales como el fertilizante y el agua de riego, fortalecen la densidad de otros organismos y plagas y, finalmente, reducen severamente el rendimiento y calidad del cultivo. En cualquier sistema de cultivo hay varias operaciones dedicadas al control de malezas. Los procedimientos de preparación de la tierra y el cultivo entre hileras están en su mayor parte dirigidos a controlar las malezas.

4.3.2. Tipos de control de malezas

El control eficiente y oportuno de malezas es la clave para la aplicación exitosa del sistema: se puede llevar a cabo de forma manual o mediante herbicidas, así como a través de la utilización de rotaciones de cultivos adecuadas que también incluyen los abonos verdes y cultivos de cobertura (Castro *et al.*, 2012).

4.3.3. Periodo crítico de interferencia de las malezas

Es importante diferenciar competencia de interferencia entre las malezas y el cultivo. Competencia hace referencia a elementos esenciales para el crecimiento, como luz, nutrientes, agua y espacio, mientras que interferencia, es la combinación de la competencia con otros factores como alelopatía, eficiencia de cosecha, calidad de cosecha, etc., (Moreno, 2017).

En el caso particular del maíz la mayoría de los trabajos muestran que el período crítico está comprendido entre V2 y V7 (Figura 1), sin embargo, hay trabajos que muestran que este período puede comenzar antes de V2 o finalizar después de V7 (Moreno, 2017).

Los factores más significativos que modifican este período son:

1. El momento de emergencia de las malezas con respecto al cultivo,
2. La densidad de las malezas, y

3. La especie de la maleza.

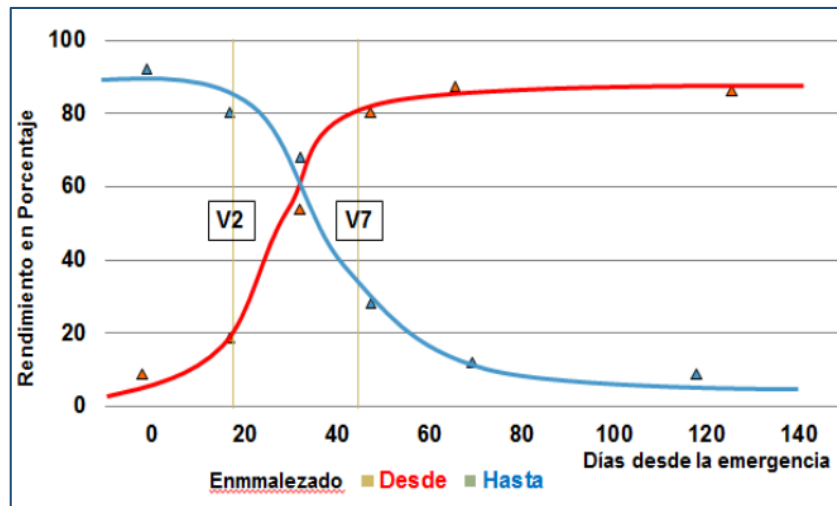


Figura 1. Periodo crítico de interferencia de malezas del maíz

Fuente: Moreno, 2017

Swanton (2005), determinó que la competencia en estadios muy tempranos de desarrollo del maíz puede predisponer a pérdidas importantes de rendimiento.

En un estudio realizado en Cuba por Da Silva *et al.*, (2010) mencionan que en variedades de maíz de ciclo corto determino el periodo crítico de competencia de las arvenses con el maíz, entre los 24 y 40 días después de la geminación del maíz, mientras que en estudios realizados por Labrados (2004) encontró que el periodo crítico de la arvenses con el cultivo de maíz es a los 28 y 45 días después de la germinación, así mismo Vaz Pereira & Leyva (2015) mencionan que el periodo crítico de competencia de la arvenses con el maíz es de entre los 21 y 49 días después de la germinación.

4.4. Agricultura de conservación

Un sistema de cultivo que fomenta la alteración mecánica mínima del suelo es la agricultura de conservación ya que mantiene una cobertura permanente de los suelos y la diversificación de los cultivos. Así mismo este sistema tiene la capacidad de realzar la biodiversidad y los procesos biológicos naturales por encima y por debajo de la superficie del suelo, debido a esto se tiene un mayor aprovechamiento del agua y una mayor eficiencia en el uso de nutrientes, así como a la mejora y sostenibilidad de la producción de cultivos (FAO, 2021).

Según la FAO (2021) hay tres principios de la agricultura de conservación:

1. **Alteración mecánica mínima del suelo:** Cultivo sin laboreo, mediante el depósito directo de las semillas y los fertilizantes. La preparación del suelo para la siembra o la plantación sin labranza consiste en cortar o aplanar la maleza, los residuos de cultivos anteriores o los cultivos de cobertura; o rociar herbicidas para el control de la maleza y sembrar directamente a través del recubrimiento orgánico.
2. **Cobertura orgánica permanente del suelo:** Un 30 % como mínimo con residuos de cultivos o cultivos de cobertura. Los cultivos de cobertura mejoran la estabilidad del sistema de agricultura de conservación, no solo por el mejoramiento de las propiedades del suelo, sino también por su capacidad para favorecer una mayor biodiversidad en el ecosistema agrícola.
3. **Diversificación de especies:** Mediante asociaciones y secuencias de cultivos variadas que comprendan al menos tres cultivos diferentes. La rotación de cultivos no solo es necesaria para proporcionar una “dieta” variada a los microorganismos del suelo, sino también porque, al arraigar en diferentes profundidades edáficas, los cultivos pueden explorar diferentes capas del suelo en busca de nutrientes.

4.5.Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura son fuente de materia orgánica, que al ser incorporados al suelo interactúan con microorganismos y pueden transformar los compuestos orgánicos en moléculas orgánicas las cuales aumentan la mineralización y disponibilidad de nutrientes para la planta (Labrados, 2012). Los cultivos de cobertura son una alternativa para cubrir el suelo y promover la conservación de su estructura y reducir la erosión.

El aumento de materia orgánica es significativo al finalizar el ciclo de la cobertura vegetal, ya que proporciona un mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo por la acumulación de nutrientes. Además, contribuyen con el crecimiento de poblaciones de insectos benéficos para los cultivos y disminuyen la población de malezas (Jhonson & Toensmeier, 2009).

4.6.Cultivos de cobertura en el control de malezas

Según Pizarro *et al.*, (2019) la tecnología sobre cultivos de cobertura (CC), es una de las mejores para el control de malezas ya que estas reducen las poblaciones de malezas. Actúan a través de distintos mecanismos entre los principales encontramos la competencia por

nutrientes, agua y luz, evitando así la emergencia, crecimiento, desarrollo y la producción de semillas de las malezas, otro de sus mecanismos es que interfieren físicamente liberando compuestos que inhiben el crecimiento de malezas.

Las especies que más se usan son raigrás, críticale, centeno, vicia, avena y cebada entre otros. Los CC cuando ya están en pie evitan que las malezas obtengan las condiciones de radiación adecuadas, disminuyen el espacio en el suelo, compiten por nutrientes, agua (Pizarro *et al.*, 2019).

“Una vez finalizado el ciclo, los residuos en superficies también son capaces de afectar el crecimiento de las malezas primavera-estivales. Pueden inhibir la germinación atenuando las señales ambientales, ejercer una barrera física sobre la emergencia y también en este caso liberar compuestos alelopáticos” (Pizarro *et al.*, 2019).

Con el fin de mejorar la competitividad entre los cultivos de cobertura y las malezas, es recomendable utilizar especies o variedades de hojas anchas y grandes, con crecimiento semirastrero con el fin que cubra el suelo y las malezas no emerjan (Zanettini *et al.*, 2019).

Garay (2018) dice que según vaya aumentado la biomasa de los CC, también se reducirá la emergencia de las arvenses ya que la biomasa de estos CC evita que la radiación y la amplitud térmica de este logro llegue al suelo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la Quinta Experimental Docente la Argelia de (QEDA) la Universidad Nacional de Loja la cual está ubicada en la ciudad de Loja al sur del Ecuador, parroquia Punzara San Sebastián, se sitúa en las coordenadas geográficas, 4° 02'17.8"S y 79°12'00.3"W (-4.038277 S, -79.200075 W) (Figura 2). Cuenta con clima temperado subhúmedo a una altura de 2143m s.n.m, presenta una temperatura media de 16,6 °C, 70 % de humedad relativa.

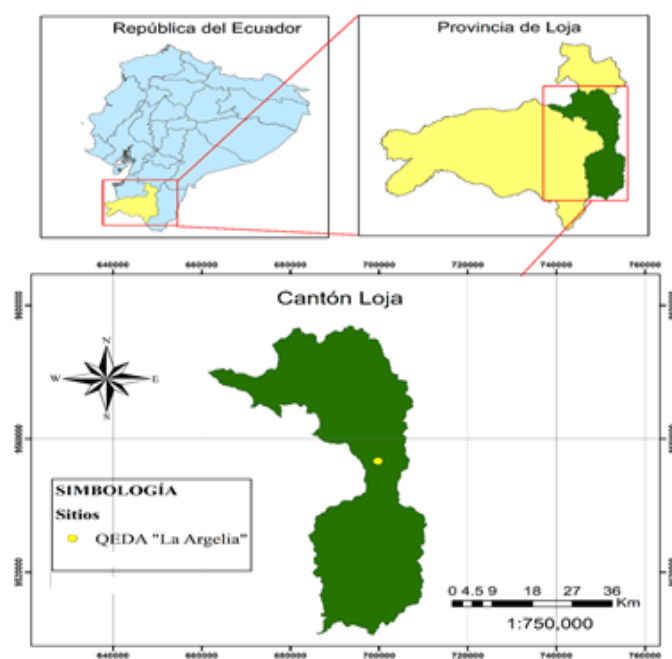


Figura 2. Mapa de la ubicación geográfica del experimento

Fuente: Peña, 2020

5.2.Diseño experimental

El ensayo se lo estableció en un diseño completamente al azar (Figura 3), el cual consto de cinco tratamientos, tres repeticiones y quince unidades experimentales (Tabla 4).

Tratamientos: 5

Número de repeticiones: 3 por tratamiento

Variedad: Maíz blanco INIAP 101, variedad precoz, grano grande y harinoso de color blanco tanto en estado lechoso como en seco, la tusa también es de color blanco. Por lo general a los

125 días ya se lo puede cosechar en estado de choclo y a los 205 días ya cuando el grano está seco.

Número de unidades experimentales: 15

Unidad experimental: una parcela de 3,5 m de largo x 3 m de ancho

Tabla 4. Tratamientos del experimento

Tratamiento	Variedad	Cultivo de cobertura
1	Maíz blanco INIAP 101	Vicia (A)
2	Maíz blanco INIAP 101	Avena (B)
3	Maíz blanco INIAP 101	Vicia + avena (C)
4	Maíz blanco INIAP 101	Sin CC libre de arvenses (D)
5	Maíz blanco INIAP 101	Sin CC con arvenses (E)

5.3. Modelo matemático

Modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta

μ : Media global de la variable respuesta

τ_i : Efecto del cultivo de cobertura (i: 1, 2, 3, 4,5)

ε_{ij} : Error experimental

Para el establecimiento del experimento se utilizó el siguiente esquema grafico (figura 3), donde indica los 5 tratamientos que se utilizó de forma aleatoria.



Figura 3. Diseño del experimento en campo. Los rectángulos verdes pequeños representan el cultivo de maíz (var. INIAP 101), mientras que, las letras dentro de cada cuadro representan los CC, A= vicia, B= avena, C= vicia + avena, D= control sin arvenses y E= control con arvenses.

5.4. Metodología

5.4.1. Establecimiento y manejo agronómico de los cultivos de cobertura y el cultivo de maíz.

Primeramente, se preparó el terreno, se removió y desmalezó de forma convencional utilizando maquinaria agrícola, pasando una sola vez el arado de disco debido al intenso tiempo de lluvias, se estableció las unidades experimentales las cuales tuvieron una dimensión de 3 m ancho x 3,5 m largo y 1,20 m de camino. Se establecieron los cultivos de cobertura (CC) como antecesores del maíz, se empleó avena (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sp.*) y a la vez la mezcla de las dos en porciones iguales, la siembra fue al voleo y se la llevo a cabo el 26 de marzo del 2021.

A los tres meses después de establecido los CC, con un rodillo se procedió a compactar o virar esto se hizo el 24 de junio del 2021, se lo dejo en las parcelas en barbecho por 8 días. El 01 de julio del 2021 se estableció el maíz variedad blanco INIAP 101, la densidad de siembra fue de 66 666 plantas ha^{-1} que se logró con un arreglo espacial de 75 cm entre hileras y 25 cm entre plantas sembrando una semilla/golpe con un total de 5 hileras por unidad experimental. El

manejo del cultivo se lo llevó en condiciones de rendimiento potencial, es decir el riego, la fertilización y el control preventivo de plagas y enfermedades se lo hizo homogéneamente a todos los tratamientos.

Se realizó un análisis de suelo previo a la siembra de maíz con el fin de elaborar un plan de fertilización según la disponibilidad de nutrientes del suelo y la demanda del cultivo, así se lo detalla en la Tabla 5. Se fertilizo a los 2 meses de establecido el cultivo de maíz cuando estaba en V6.

Tabla 5. Resultado del análisis de suelo y dosis de corrección.

	Análisis de suelo	de	Requerimiento del cultivo	Dosis nutrientes kg/ha	Dosis fertilizante kg/ha	Dosis fertilizante kg/parcela	Dosis fertilizante g/planta
N	50,47 medio	ppm	200 kg/ha	284,04 kg/ha	617,39 kg/ha urea	0,65 kg/parcela	11 g
P₂O₅	114,74 alto	ppm	85 kg/ha	-69,8968 kg/ha	No necesita corregir		
K₂O	217,22 alto	ppm	150 kg/ha	28,9144 kg/ha	48,33 kg/ha muriato de potasio	0,05 kg/parcela	0,92 g
Mg	0,49meq/100 ml bajo		No se corrigió ya que se tomó en cuenta el anexo 4, Figura 28.				

Se efectuó controles fitosanitarios constantes para el control de Diabrotica spp., y para el gusano cogollero que fueron las dos plagas que se presentaron principalmente. Para el tratamiento sin arvenses, la deshierba se realizó manualmente.

Para obtener la temperatura y la humedad relativo se instaló un sensor de temperatura, el cual tomaba los datos de cada hora al final de experimento se procedió a descargar los datos obtenidos y se sacó promedios por día para graficar.

La cosecha del maíz se la ejecuto cuando llegó a madurez fisiológica.

5.4.2. Metodología para el primer objetivo: Evaluar la producción de la biomasa aérea de los cultivos de cobertura como antecesores del cultivo de maíz.

Cuando los CC llegaron al estado de pre anthesis, se procedió al virado mecánico de los mismos usando un rodillo artesanal. Al momento del virado de los CC se tomó muestras para obtener

la biomasa de estos en un cuadrante de 0.5 m x 0.5 m de cada una de las unidades experimentales, estas muestras se las llevó al laboratorio donde se las seco en la estufa a 60°C por 48h hasta que se obtuvo un peso constante. Para la altura y densidad de planta se consideró las que se encontraron dentro del cuadrante de 0,5m x 0,5m.

5.4.3. Metodología para el segundo objetivo: Determinar el efecto de los cultivos de cobertura sobre la diversidad y crecimiento de malezas bajo el sistema de siembra directa del maíz.

Cuando el cultivo de maíz ya estuvo establecido, cada quince días se ejecutó muestreos de arvenses con un cuadrante de 0,5m x 0,5m, donde se identificó y se estimó la biomasa de las mismas.

Identificación de arvenses: al final del experimento con el cuadrante de 0,5m x 0,5m, se tomó muestras de las arvenses de las hileras centrales de cada unidad experimental, donde se identificó el número, especie de arvenses y se las agrupo por mono y dicotiledóneas.

Diversidad de arvenses: para calcular la diversidad de arvenses se tomó muestras con el cuadrante de 0,5m x 0,5m., de entre las hileras de maíz de cada unidad experimental, utilizando dos aproximaciones:

1. Índice de diversidad de Simpson

Cuando las plantas de maíz se encontraron en el estadio VT (105DDS), se cuantificaron las malezas y se calculó en el índice de diversidad de Simpson, el cual representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad (1) existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población indicando menor diversidad; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero (0), mayor es la biodiversidad de un hábitat.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

n = Número total de arvenses de una especie en particular.

N = Número total de arvenses de todas las especies.

S= Número de especies

2. Índice de Margalef

Para la determinación de la diversidad mediante el índice de Margalef, también se cuantifico las malezas en los mismos cuadrantes descritos anteriormente, para este cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Valores inferiores a 2 son considerados como zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1951).

Biomasa de arvenses: se tomó muestra de arvenses con el cuadrante de 0,5m x 0,5m, de cada unidad experimental se lo realizo en el estado V5 y V7 (periodo crítico de las arvenses), se colocó las muestras en fundas de papel previamente identificadas se las seco en la estufa a 60 °C por 48 h hasta que se obtuvo peso constante.

Cobertura de arvenses: cada 15 días se midió en porcentaje (%) la cobertura del área foliar de las arvenses mediante la aplicación programa Canopeo considerando un estudio previo de Patrignani y Ochsner (2015).

Supresión de arvenses: el efecto de los cobertores vegetales sobre el crecimiento de las malezas se cuantificó mediante el porcentaje de supresión de arvenses, esta variable se midió en el estado fenológico V5 y V7 del maíz que se encuentra dentro del periodo crítico de interferencia de malezas del maíz informado por Moreno (2017).

La supresión de malezas se calculó como la reducción porcentual en la biomasa de malezas por cada repetición de los tratamientos de los cultivos de cobertura, en relación con la biomasa de

malezas en las repeticiones del tratamiento testigo (sin control de arvenses) como informa previamente Sturm et al., 2018.

$$\% \text{ de Supresion de Maleza} = 1 - \frac{\text{Biomasa de malezas con cultivo de cobertura}}{\text{Biomasa de malezas sin cultivo de cobertura}} * 100$$

5.4.4. Metodología para el tercer objetivo: Evaluar el rendimiento y los componentes del maíz cultivado bajo un sistema de cultivos de cobertura.

Índice de área foliar: el índice de área foliar (IAF) se la registró cada 15 días. Se seleccionó tres plantas por unidad experimental, en las cuales se midió el largo y el ancho de las hojas con una cinta métrica hasta que llego a madurez fisiológica, posteriormente se calculó el área foliar multiplicando el largo por el ancho de cada hoja, ese resultado se multiplicó por el factor 0,75. Consecutivamente se sumó los valores obtenidos de cada hoja por planta, luego se promedió el área del suelo ocupada por la planta. Finalmente, el IAF se determinó dividiendo el área foliar de la planta entre el área de suelo ocupada (Watson, 1947).

$$\text{IAF} = \left(\frac{(\text{Área foliar})(\text{Densidad poblacional})}{\text{Área sembrada}} \right)$$

Altura de planta: se etiqueto tres plantas de las hileras centrales por parcela, cada 15 días registro la altura desde la base hasta el primer nudo apical del tallo.

Fenología de planta: se la registrará cada cambio de etapa durante todo el ciclo, se tomó como referencia la escala fenológica BBCH (Weber & Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991), es decir cuando el 50 % de las plantas de cada parcela cambiaban de estado se las registró las etapas fenológicas.

Estas evaluaciones se las realizo en madurez fisiológica, donde se evaluó el rendimiento y sus componentes.

Rendimiento del grano: se lo calculó tomando muestras de 5 plantas de las hileras centrales a través del producto del número de granos por m^{-2} y el peso promedio del grano.

Número de granos y mazorca: se tomó muestras de cinco plantas de las hileras centrales, se contó el número de granos y de mazorca por planta de cada unidad experimental.

Peso de grano: se recolecto muestras de los granos de cinco plantas de cada unidad experimental se los llevó al laboratorio y se las seco en la estufa a 60 °C por 48 horas y se determinó el peso promedio del total de los granos, además se obtuvo peso de 100 granos.

Biomasa del cultivo de maíz: se cosecho cinco plantas de las hileras centrales de las cuales se separó los granos del resto de la planta. Las plantas, tusas y las hojas que envuelven las mazorcas se las seco conjuntamente en la estufa a 60°C por 48 horas y se obtuvo biomasa.

Índice de cosecha: se la obtuvo dividiendo el peso de los granos de cada unidad experimental para la biomasa total (biomasa + granos) de la superficie cosechada.

5.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en campo y laboratorio se los ordeno y tabulo en Excel, posteriormente se realizó pruebas de homogeneidad y normalidad, por medio de análisis de supuestos, posteriormente se realizó análisis de varianza ANOVA, (p-valor<0,05) con el cual se evaluó efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas (rendimiento, altura, índice de cosecha, Índice de área foliar, biomasa), para las medias se aplicó el test de Tukey (p-valor < 0,5), el mismo que nos sirvió para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos y compararlas. Se utilizó el software Infostat para los análisis estadísticos.

Se usó el programa GraphPad Prism 8.0.1 para los análisis de regresiones lineales para del rendimiento con la biomasa de arvenses, con la supresión de malezas y con la biomasa de los CC y para construir las gráficas.

Formula del modelo ANOVA:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta

μ : Media global de la variable respuesta

τ_i : Efecto del cultivo de cobertura (i: 1, 2, 3, 4,5)

ε_{ij} : Error experimental

Formula del test de Tukey:

$$W = q(t, glee, a) * \sqrt{\frac{CMee}{r}}$$

Donde:

q: amplitud total estudentizada. En función de:

a: nivel de significancia

t: número de tratamientos, y

glee: grados de libertad del error experimental

CMee: cuadrado medio del error experimental

r: número de repeticiones de las medias de los tratamientos que se van a comparar

Formula de regresión lineal:

$$Y = A + BX + u$$

Donde:

Y: variable dependiente

X: variable independiente

A, B: parámetros fijos y desconocidos

u: término de error de los factores que afectan a Y, que no están incluidos en el modelo.

El objetivo de la regresión lineal será estimar los valores de A y B a partir de la muestra.

6. RESULTADOS

6.1. Clima y fenología del maíz

En la Figura 4, se representa las condiciones climáticas de la QEDA a las que el cultivo estuvo expuesto desde el inicio hasta el fin de su ciclo. La temperatura media que presentó fue de 16,6 °C y la humedad relativa promedio fue de 77,4 %.

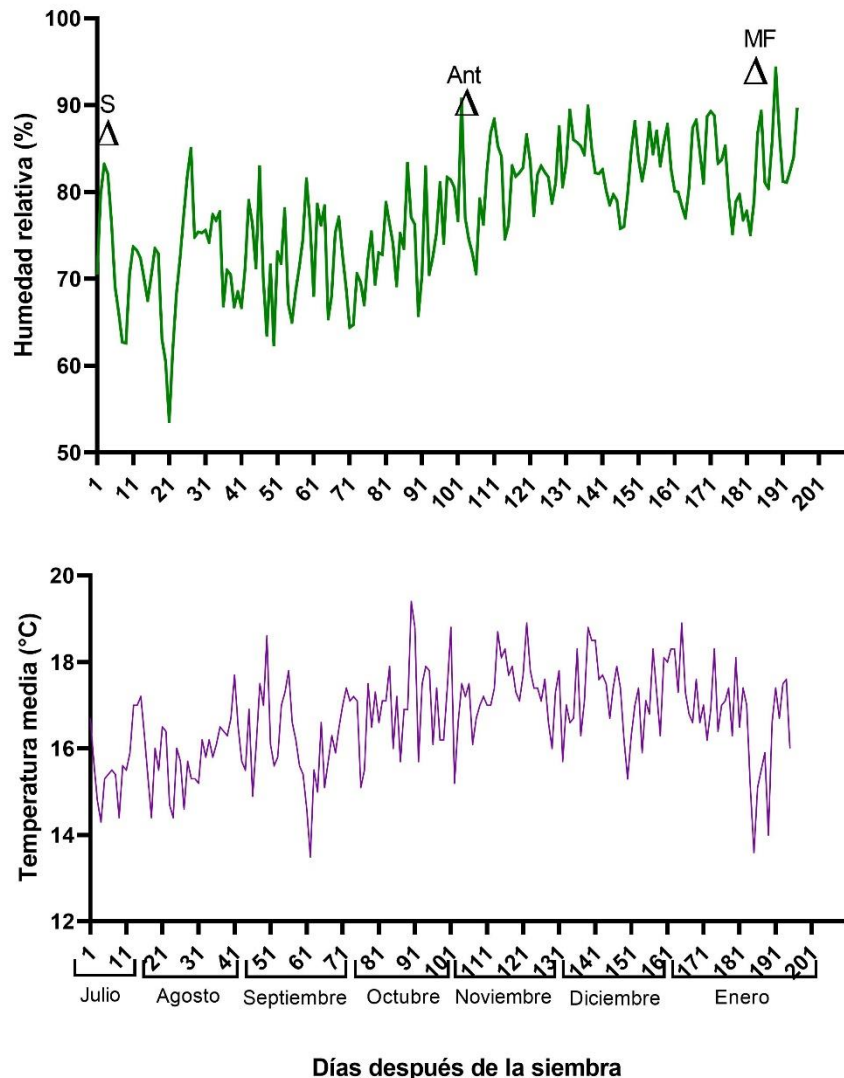


Figura 4. Temperatura media y humedad relativa diaria, registradas en la QEDA, Loja durante el ciclo del cultivo de maíz julio 2021-enero 2022.

En la Figura 5, se representan la duración fenológica del cultivo de maíz desde la siembra hasta la senescencia; es así que la etapa vegetativa inicia con un VE (emergencia) que se dio a los 9 días después de la siembra (DDS), se tuvo el fin de las etapas vegetativas con el surgimiento de la enésima hoja (V) a los 98 DDS, a los 105 DDS se dio la VT que es la etapa de transición

donde aparecen las panojas y con esto se marca el inicio de la etapa reproductiva y el fin de la etapa vegetativa, teniendo la aparición de los estigmas como R1 y se la reportó a los 112 DDS, la etapa del *blíster* (R2) se dio a los 126 DDS, el grano lechoso (R3) se lo registro a los 134 DDS, grano pastoso (R4) se lo obtuvo a los 140 DDS, R5 que es la etapa del grano dentado se dio a los 154 DDS, R6 que es cuando el grano está maduro se registró a los 172 DDS y por último se dio la senescencia de las plantas a los 195 DDS, teniendo una duración del ciclo del cultivo de 195 DDS.

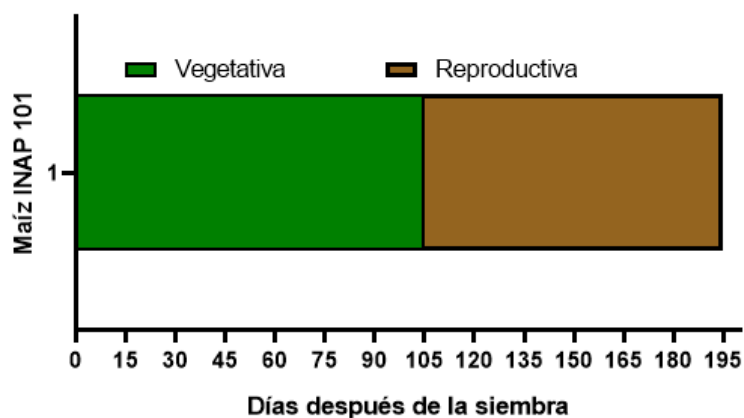


Figura 5. Duración de las etapas fenológicas del maíz cultivado en La Argelia, Loja.

6.2. Arvenses asociadas al cultivo

En la presente Tabla 6, se describe la población de arvenses en el cultivo de maíz, con mayor presencia de plantas Magnoliopsidas que representa la clase 2 con un 84,23% y con menor proporción las Liliopsidas las cuales representan la clase 1 y equivalen a un 15,77 % del total de la población de arvenses. Se registraron 9 especies distribuidas en 6 familias; siendo la arvense *Rumex crispus* L la más predominante, con un porcentaje significativo de 42,12 %, seguido de *Brassica rapa* L. con 27,81 %, mientras que la especie con menor importancia relativa fue la *Sonchus oleraceus* (L.) L. con 0,67 % del total de arvenses.

Tabla 6. Población de arvenses presentes durante el ciclo del cultivo de maíz

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ciclo de vida	Plantas m ⁻²	Arvenses (%)	Clase (%)
2	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	Lengua de vaca	Perenne	16	42,12	
2	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L.	Nabo silvestre	Anual o bianual	11	27,81	

2	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L.	Cerraja	Anual o perenne	1	0,67	
2	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Pacunga	Anual	2	6,25	84,23
2	Asteraceae	<i>Sigesbeckia serrata</i> DC.	Sacha jícama	Anual	1	3,67	
2	Apiaceae	<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Spreng	Culantrillo	Anual	1	3,77	
1	Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquito	Perenne	3	7,30	
1	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Raygras	Anual, o bianual perenne	2	3,96	
1	Poaceae	<i>Paspalum candidum</i> (Flüggé) Kunth	Yuruza	Perenne	2	4,58	15,77

Nota: 1=Liliopsida; 2=Magnoliopsida

6.3. Biomasa, altura y densidad de los cultivos de cobertura

La biomasa de los CC (Figura 6, A) no fue estadísticamente significativa, sin embargo, la avena obtuvo 580,2 g m², la vicia 422,33 g m² y la mezcla de vicia + avena obtuvo una biomasa seca de 390,13 g m².

En la densidad de plantas si hubo diferencias significativas ($p < 0,0009$), ya que la avena y la mezcla de CC obtuvieron la mayor población (210 plantas m² y 187, 67 plantas m² respectivamente), mientras que, la vicia tuvo la menor población (130, 67 plantas m²), así se lo puede observar en la Figura 6, B.

La altura de los CC (Figura 6, C) también presento diferencias significativas ($p < 0,0116$), ya que la avena presento mayor altura (1,21 m) que la mezcla de CC y que la vicia (0,82 m y 0,75 m respectivamente).

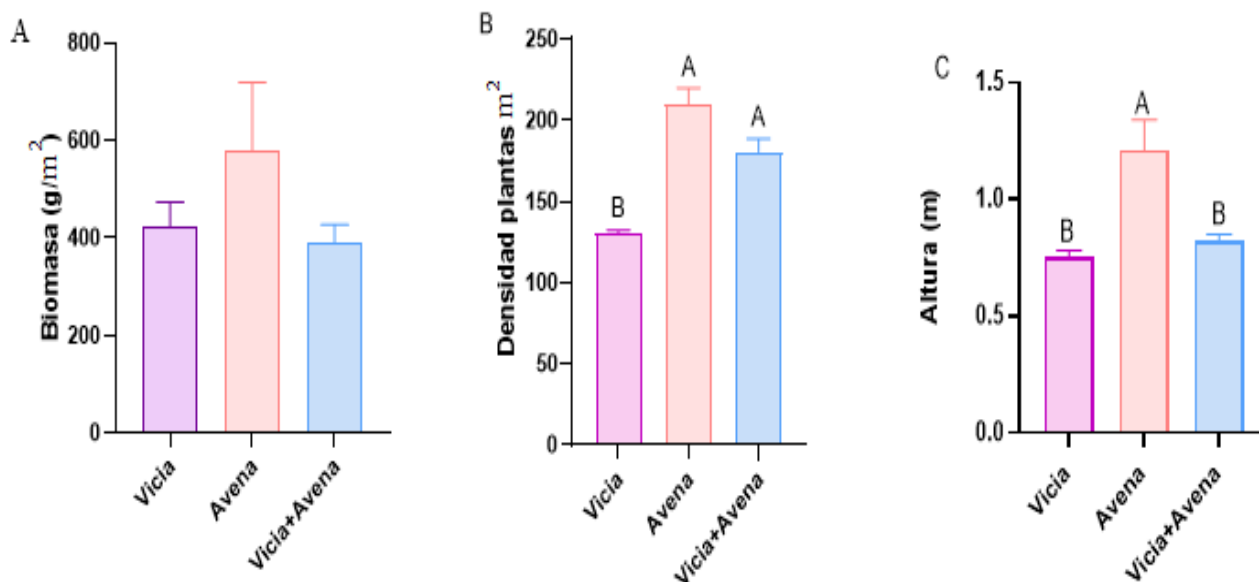


Figura 6. Biomasa, densidad y altura de los CC previo al virado; A) representación gráfica de la biomasa; B) densidad de plantas m² y C) altura de plantas.- las letras diferentes hacen mención a que existen diferencias significativas entre los tratamientos mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$) las barras en los gráficos representan el error estándar de las medias de las tres repeticiones.

6.4. Biomasa seca de las arvenses

La biomasa de arvenses presentó diferencias significativas ($P < 0,0005$) de los cultivos de cobertura sobre la biomasa generada por las malezas, así se lo puede apreciar en la Figura 7. Las arvenses que crecieron libremente fue el tratamiento que presentó mayor biomasa de arvenses (408,57 g m²), seguidamente las que crecieron sobre el cultivo de cobertura conformado por vicia + avena (235,4 g m²), mientras que, el tratamiento de CC avena fue el que menor biomasa de arvenses obtuvo (122,57 g m²), en cuanto al tratamiento de vicia tuvo una biomasa de 180,47 g m², siendo así que el control con arvenses fue diferente de los demás tratamientos.

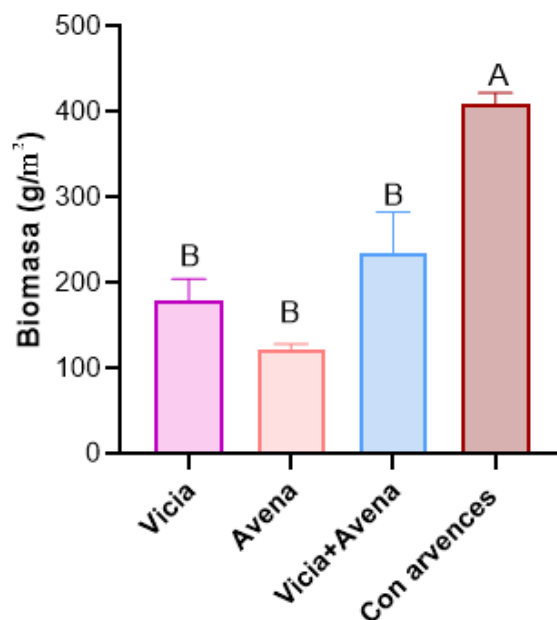


Figura 7. Peso seco de las arvenes cosechadas durante el periodo crítico de las mismas, las letras diferentes hacen mención a que existen diferencias significativas entre los tratamientos mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$) las barras en los gráficos representan el error estándar de las medias de las tres repeticiones.

6.5. Cobertura vegetal de arvenes

Como se puede observar en la Figura 8, a partir de los 30 DDS el tratamiento con arvenes presenta mayor número de arvenes, a diferencia de los otros tratamientos que se mantuvieron por debajo del 40 % hasta los 60 DDS, a partir de los 75 DDS incremento el porcentaje de arvenes sin embargo siempre estuvieron por debajo del control con arvenes.

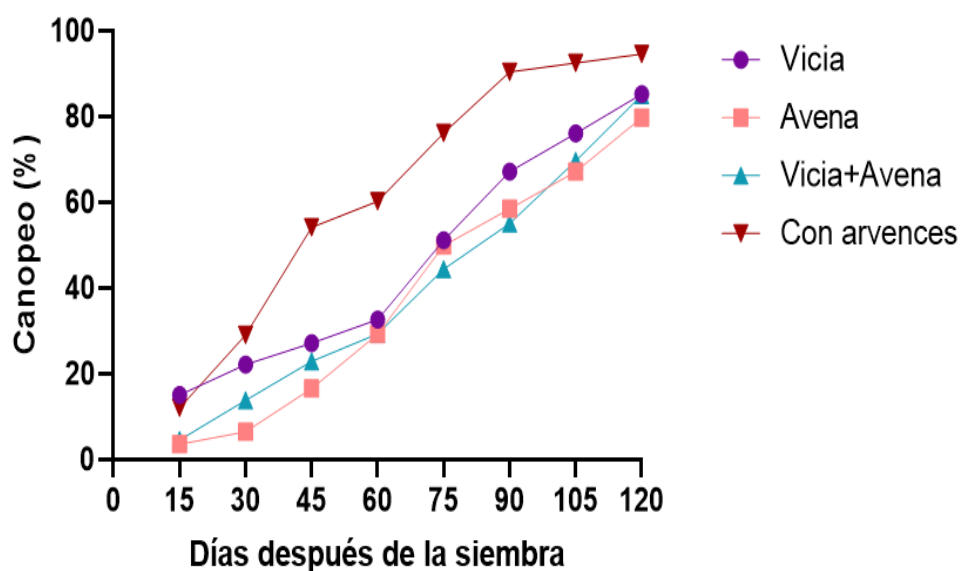


Figura 8: Porcentaje de cobertura vegetal de las arvenes tomadas cada 15 días durante el ciclo del cultivo de maíz.

6.6. Supresión de malezas en los estados fenológicos V5 y V7 del maíz

La supresión de arvenses es una variable que indica el grado de efectividad de la inhibición de las arvenses por efecto de los CC. En el estado fenológico V5 del maíz (Figura 9, A) no se encontraron diferencias significativas, siendo así que se obtuvieron porcentajes de supresión de 70,51 %, 62,80% y 45,83%. En el estado fenológico V7 del maíz (Figura 9, B) si se encontraron diferencias significativas siendo así que en el tratamiento avena en monocultivo presento un porcentaje de supresión de arvenses de 67,56 %, mientras que el CC vicia en monocultivo y al mezcla vicia + avena tuvieron porcentajes de supresión de 47,38 % y 40,53 % respectivamente.

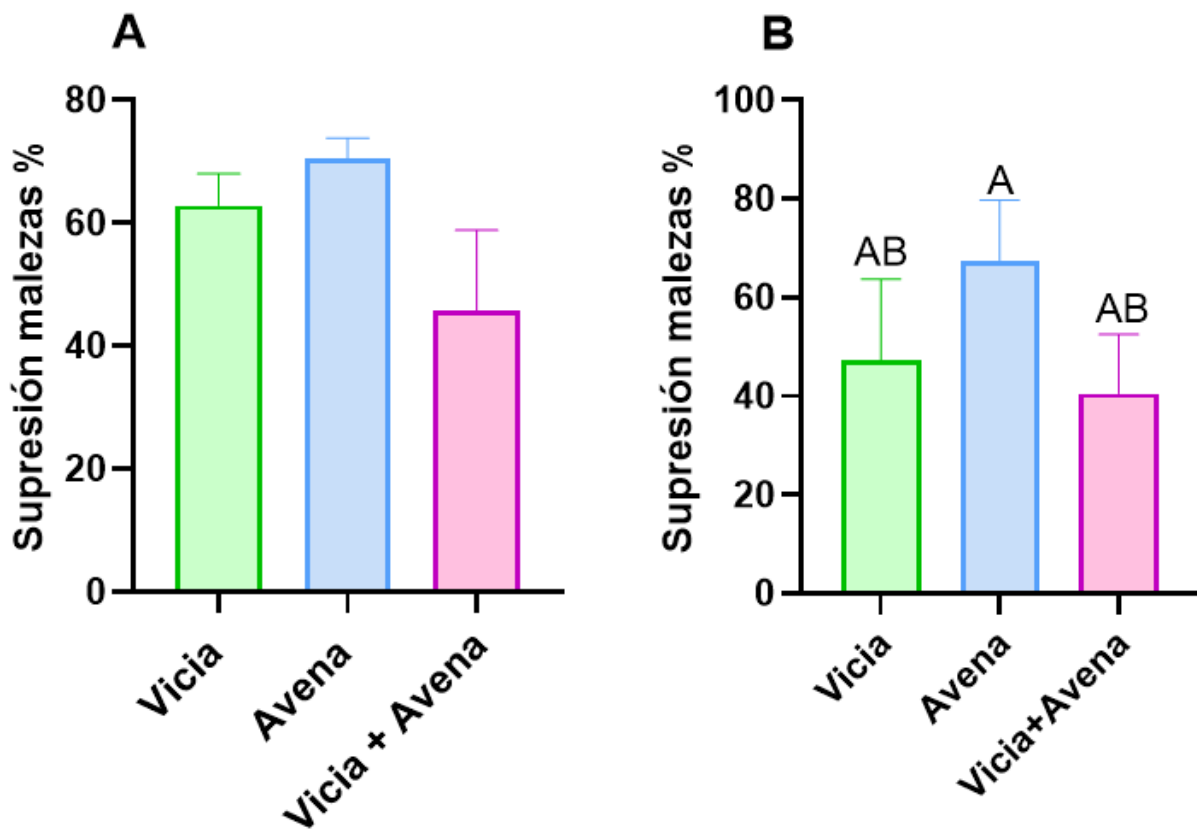


Figura 9. Porcentaje de supresión de malezas de los distintos tratamientos en dos estados fenológicos del maíz: A) estado fenológico V5 y B) estado fenológico V7, las letras diferentes hacen mención a que existen diferencias significativas entre los tratamientos mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$) las barras en los gráficos representan el error estándar de las medias de las tres repeticiones.

6.7. Índice de diversidad de Simpson y Margalef

Para estimar la diversidad de especies de arvenses, se tomaron muestras de arvenses en el estadio fenológico VT del maíz a los 105 DDS (aparición de las panojas). En la diversidad de arvenses usando el índice de diversidad de Simpson indica que existe una mayor diversidad de arvenses en el tratamiento control, esto debido a que las arvenses crecieron libremente durante

el ciclo del cultivo. Valores cercanos a 1 indica que la diversidad de especies es menor, esto es consecuente con los resultados encontrados en los CC, ya que la diversidad de especies es menor, siendo el tratamiento con CC avena, el que exhibió menor diversidad como consecuencia de una mayor supresión de arvenses (tabla 6), el índice de diversidad de Margalef indica que valores menores a 2 son indicativos de baja biodiversidad mientras que los mayores a 5 indican alta biodiversidad, en este experimento todos los tratamientos las arvenses encontradas son de baja biodiversidad ya que estos valores son inferiores a 2 (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de diversidad de Simpson y Diversidad de malezas y Margalef de las malezas crecidas en el cultivo de maíz a los 105 DDS.

Tratamiento	Índice de diversidad de Simpson	Diversidad de Margalef
Vicia	0,36 b	1,20 b
Avena	0,58 a	0,91 d
Vicia + Avena	0,35 c	1,14 c
Control con arvenses	0,16 d	1,69 a

**Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencia significativa mediante prueba de Tukey ($p > 0,05$). Los valores son medias de tres repeticiones.*

6.8. Altura de planta del maíz

La altura de las plantas de maíz presentó diferencias significativas entre sus tratamientos (Figura 10) a los 30, 60, y 105 DDS. A los 30 DDS ($p < 0,0216$) las plantas con tratamiento vicia tuvieron una altura mayor (0,43 m) y con el control sin arvense y con arvenses obtuvieron una altura de 0,31 m y 0,32 respectivamente, mientras que a los 60 DDS ($p < 0,0274$) se puede observar que con el CC vicia y la mezcla de vicia + avena obtuvieron una altura de 0,82 m y 0,79 m respectivamente, mientras que el control sin arvenses obtuvo la menor altura (0,58 m), y al final del ciclo también se encontraron diferencia significativas ($p < 0,0159$) obteniendo así la mayor altura con el tratamiento vicia (1,94 m), mientras que la menor altura se dio con el control con arvenses (1,31 m).

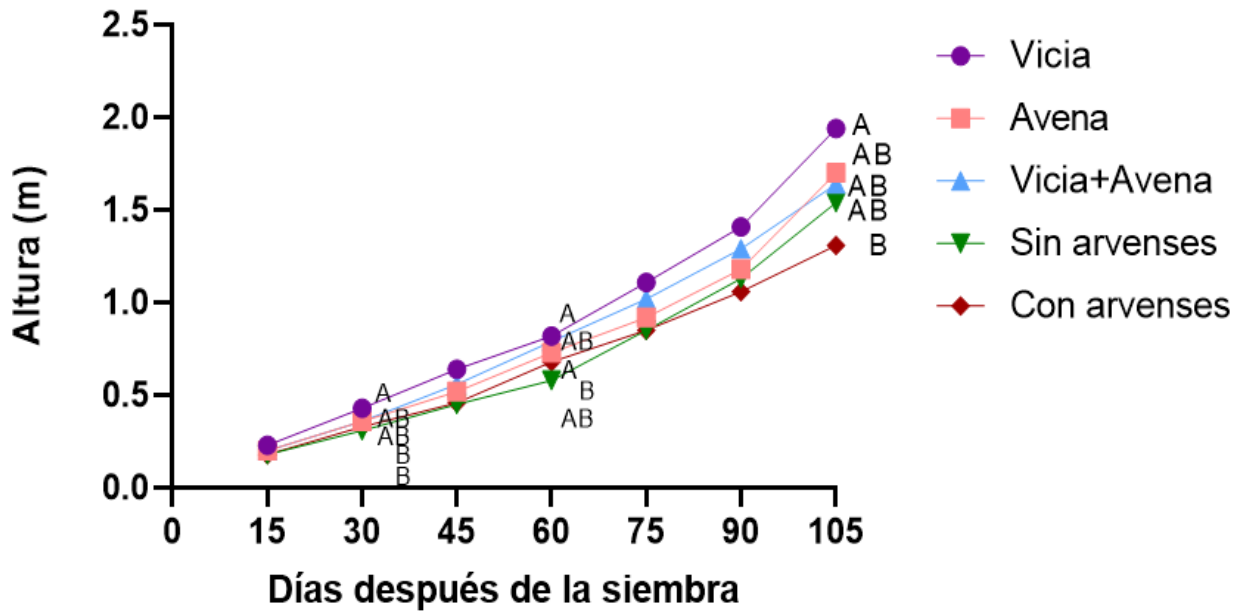


Figura 10. Dinámica de crecimiento de las plantas de maíz bajo distintos tratamientos. Cada punto representa el promedio de las tres repeticiones, las letras diferentes hacen mención a que existen diferencias significativas entre los tratamientos mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$).

6.9. Índice de área foliar

El IAF de cultivo de maíz no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, las plantas con el tratamiento vicia presentaron un IAF de 2,91 y el tratamiento con avena que obtuvo un IAF de 2,67, así lo podemos apreciar en la Figura 11.

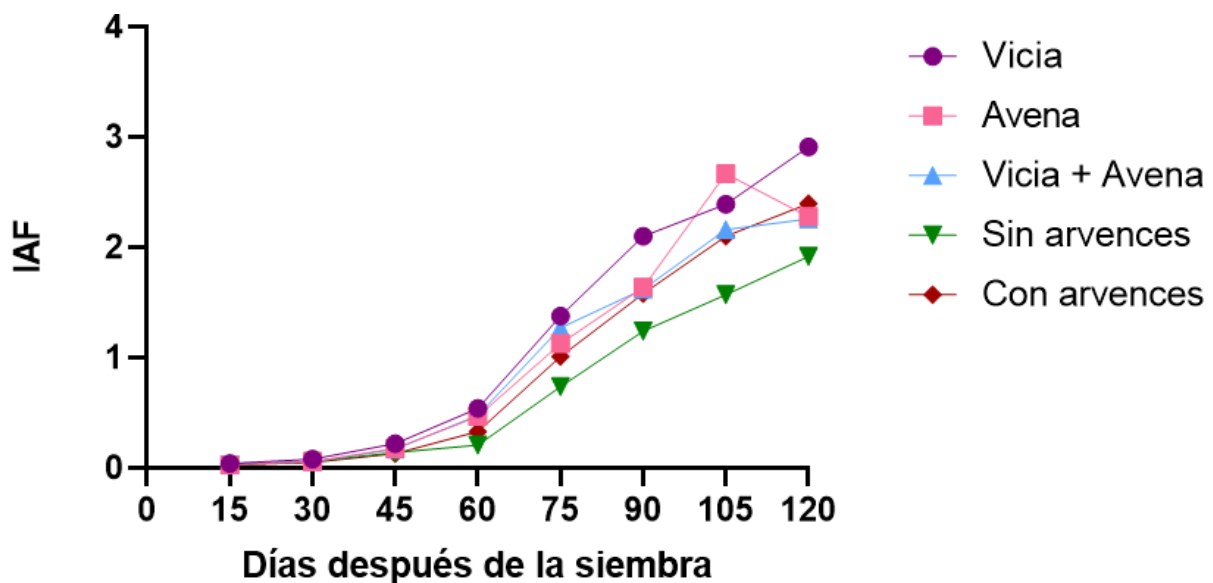


Figura 11. Dinámica del índice de área foliar de las plantas de maíz sometidas a distintos tratamientos.

6.10. Rendimiento y componentes del rendimiento

En la Tabla 8 se puede apreciar los valores que se obtuvieron tanto del rendimiento como de sus componentes, los cuales se detallan a continuación:

La biomasa seca de las plantas de maíz no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), el control sin arvenses obtuvo una biomasa seca de las plantas de maíz de $1469,09 \text{ g/m}^2$ y el control con arvenses una biomasa seca de $859,48 \text{ g/m}^2$.

El peso de 100 granos de maíz no obtuvo significancia entre los tratamientos ($p < 0,05$), teniendo así un rango de peso de $41,93 \text{ g}$ a $48,47 \text{ g}$, de igual manera ocurre con el número de granos por m^2 no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, teniendo que la avena alcanza $2001,78 \text{ granos m}^2$, así mismo encontramos el caso de número de granos por planta que no hubo significancia estadísticamente entre los tratamientos ($p > 0,05$), sin embargo en los tratamientos avena y vicia se obtuvo $380,33$ y $371,67$ granos por planta respectivamente.

En el peso seco de los granos de maíz no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$), es así que en los tratamientos con vicia y avena se tuvo un peso seco de $938,81 \text{ g m}^2$ y $910,81 \text{ g m}^2$ respectivamente, mientras que el control con arvenses presentó un peso seco de los granos de $710,95 \text{ g m}^2$. En cuanto al número de mazorcas por planta no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos obteniendo un rango de 1 a 2 mazorcas por planta.

El rendimiento no se vio influenciado por los tratamientos, es decir no presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) sin embargo, con el uso de CC de vicia y avena se obtuvo un rendimiento de $9,51 \text{ T ha}^{-1}$ y $9,23 \text{ T ha}^{-1}$ respectivamente, mientras que los demás tratamientos se mantuvieron en 7 T ha^{-1} .

El índice de cosecha no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), obteniendo así que los tratamientos en monocultivos de vicia y avena presentaron $0,39$ y $0,38$ respectivamente, siendo así los más altos respecto de los otros tratamientos.

Tabla 8. Medias de rendimiento del grano y sus componentes en el cultivo maíz var. INIAP 101 usando cultivos de cobertura y dos controles uno con arvenses y el otro libre de arvenses.

Tratamientos	Rendimiento (T ha^{-1})	Ic	Peso de 100 (g)	Número de granos m^2	Número de granos por planta	Biomasa de plantas de maíz (g/m^2)	Número de mazorcas por planta
Vicia	9,51	0,39	48,47	1956,43	371,67	1353,37	2,00

Avena	9,23	0,38	45,50	2001,78	380,33	1223,96	1,67
Vicia+Avena	7,27	0,33	41,93	1714,15	325,67	1050,35	2,00
Control sin arvenses	7,50	0,33	44,30	1657,82	315	1469,09	1,67
Control con arvenses	7,20	0,33	42,93	1646,78	312,67	859,48	1,33
E st	0,71	0,02	2,20	136,31	25,90	116,17	7,5E-02
p	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los valores son medias de tres repeticiones ns efecto no significativo.

6.11. Relación entre el rendimiento con la biomasa de CC, con la biomasa de arvenses y con la supresión de malezas.

De acuerdo a la Figura 12, en ninguna de las tres relaciones se encontraron diferencias significativas.

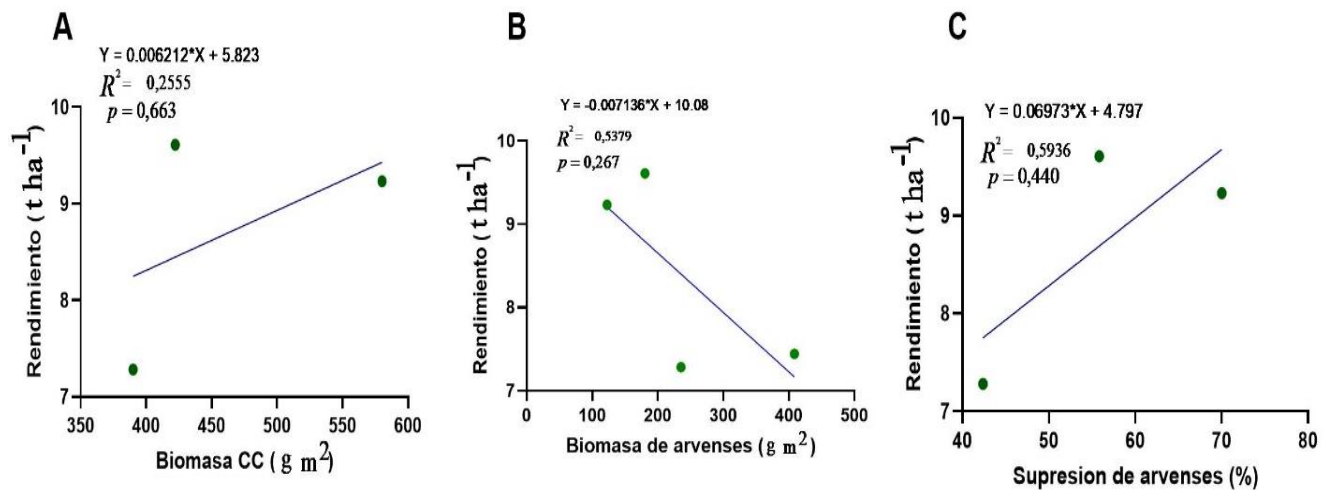


Figura 12. Relación lineal del rendimiento en función de: A) Biomasa de los CC; B) Biomasa de las arvenses y C) Porcentaje de supresión de arvenses.

7. DISCUSIÓN

Según Yáñez *et al.*, (2010), la variedad de maíz INIAP 101, crece en las sierra ecuatoriana de 2 400 a 3 000 m s.n.m, con una temperatura promedio de 15 °C y abundante agua, en nuestro estudio obtuvimos una temperatura promedio de 16,6 °C y una humedad relativa de 77,4 % por lo que se mantuvo dentro del rango de las condiciones adecuadas para el crecimiento del cultivo.

El ciclo total del cultivo se dio en 195 DDS, y según INIAP (2002) el fin del ciclo se da a los 205, días por lo que se encuentra dentro del rango, los días de duración del ciclo del cultivo pueden variar según el lugar donde se lo cultive y al clima que está expuesto el mismo (INIAP, 2002).

En la Tabla 5 se presentó la población de arvenses, la cual fue diversa, teniendo así 9 especies distribuidas en 6 familias, la arvense que predominó fue la *Rumex crispus* L. con un porcentaje significativo de 42,12 %, seguido de la *Brassica rapa* L. con 27,81 %, siendo así que la clase Magnoliopsida representó la mayor población presente en el cultivo de maíz (84,23 %) y con 15,77 % se registró como clase Liliopsida. En un estudio realizado en México sobre diversidad de malezas en el cultivo de maíz, encontraron 4 especies abundantes (*Acalypha indica* var. Mexicana, *Lopezia racemosa*, *Galinsoga parviflora* y *Sativa tilifolia*), las mismas que son clase Magnoliopsidas y representaron el 93 % del total de las arvenses registradas (Molina *et al.*, 2008).

Los CC utilizados fueron la avena, vicia y la asociación de las mismas, el CC avena presentó mayor densidad de plantas, biomasa y sus plantas fueron más altas que las plantas de vicia, por lo tanto, el canopeo de arvenses nos arrojó como resultados que el CC avena presentó menos arvenses que los demás tratamientos, según Mirskky *et al.*, (2012); Schmidt *et al.*, (2019) menciona que el manejo de los CC, la selección de la semilla, el riego, la fertilización son fundamentales para la producción de biomasa adecuada, ya que la densidad y biomasa son claves para suprimir las arvenses, además que mejoran la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos comerciales. Las especies como la cebada (*Hordeum vulgare* L.), triticale (*Triticosecale Wittmack*) y avena (*Avena sativa* L.) producen grandes cantidades de biomasa, aportan proporciones de carbono a nitrógeno mayores, lo que hacen que la descomposición de los residuos sea lento, lo cual mantiene la cobertura que suprimirá las arvenses durante todo el ciclo del cultivo principal (Mirsky *et al.*, 2012).

El CC vicia también fue un buen cobertor, aunque el problema que se tuvo es que cuando ya estuvo establecido el cultivo comercial, la vicia brotó nuevamente, es por lo cual estadísticamente no se vio reflejado como buen cobertor (Figura 8); sin embargo, Mirsky *et al.*, (2012) dice que la arveja velluda, produce grandes niveles de biomasa, además de producir N sustancial lo que la diferencia de otras leguminosas. Esta especie de leguminosa es capaz de producir de 4900 a 6000 kg ha⁻¹ de biomasa, lo que proporcionaría alrededor de 140 a 225 kg N ha⁻¹, lo que teóricamente llegaría a satisfacer los requerimientos de N del maíz. La vicia ha tenido como resultados los mayores rendimientos de maíz a diferencias de otras especies de leguminosas utilizadas como CC (Parr *et al.*, 2011). Griffin *et al.*, (2000) mencionan que si solo se utiliza vicia como CC es capaz de proveer todo el nitrógeno necesario para producir 20 000 kg ha⁻¹.

En el control con malezas presentó el mayor peso seco de arvenses debido a que las arvenses crecieron libremente, mientras que el CC avena y el CC vicia presentaron menor biomasa de arvenses, lo cual concuerda con los estudios realizados por Yeganehpobre *et al.*, (2014), quienes obtuvieron menor biomasa de arvenses usando CC como el trébol y la veza (*vicia sativa*), ya que fueron eficaces para el control de arvenses. Estos CC pueden afectar el establecimiento de las arvenses por medio de los efectos de la radiación e inhiben el crecimiento de estas haciendo que no accedan a luz (Teasdale & Mohler, 2000).

El CC avena en monocultivo en el estado fenológico V5 del maíz alcanzó una supresión de arvenses del 70,51 % y el CC vicia en monocultivo tuvo 62,80 % es decir, fueron capaces de suprimir más del 50 % de las arvenses que normalmente se presentan en el cultivo, a diferencia de Cazorla *et al.*, 2012 quienes mencionan que el CC vicia es capaz de disminuir la población de arvenses hasta un 80 %. El nivel de supresión de las arvenses depende de la o las especies que se utilice como CC, la cantidad y la densidad de los mismos (Creamer & Dabney, 2002). En otro estudio realizado por Dhima *et al.*, (2006) mencionan que las gramíneas centeno y cebada utilizados como CC tuvieron un porcentaje de reducción de arvenses del 27-87 % y 0-67 % respectivamente. El barbecho de los CC en la superficie del suelo puede reducir la emergencia de las arvenses a través de la resistencia mecánica y la interferencia de la luz y agua (Teasdale *et al.*, 2007), es lo que provoca la reducción de las arvenses significativamente.

La altura de las plantas tuvieron diferencias estadísticas a los 30, 60 y 105 DDS, teniendo así que a los 105 DDS la altura mayor con el tratamiento vicia (1,94 m), mientras que la menor altura se dio con el control con arvenses (1,31 m), debido a que tuvieron limitaciones de

nutrientes, luz y agua, sin embargo, en la investigación que realizada por Bezuidenhout *et al.*, (2012) mencionan que las plantas de maíz crecieron relativamente similar hasta las dos primeras semanas, después de esto el crecimiento fue mayor en el caso del control sin arvenses a comparación de los tratamientos con CC. Martínez *et al.*, (2021) menciona que tanto en los tratamientos con desmalezamiento como el los de infestacion de arvenses obtuvieron alturas similares (1,84 m y 1,95 m).

El IAF fue mayor para el tratamiento con vicia (2,91), siendo así que tuvo mayor capacidad fotosintética, por los que tuvo más recursos para el producto final que en este caso son los granos de maíz, mientras que el control sin arvenses presento menos IAF (1,92), esto se debe posiblemente a que hubo una temporada que este tratamiento fue afectado por una plaga (*Diabrotica*) que se comió la mayoría de las hojas de las plantas. Según Olalde *et al.*, (2000) el tamaño del área foliar y del IAF dependerá el rendimiento, ya que si mayor es el IAF mayor será la energía radiante, por lo tanto, la eficacia fotosintética será alta y se vera reflejada en el rendimiento.

El rendimiento está conformado por varios componentes, la biomasa de las plantas de maíz, el peso de 100 granos, número de granos m^2 , número de granos por planta, peso del grano ($g m^2$) y número de mazorcas ninguno de estos se vieron influenciada estadísticamente por los tratamientos.

En cuanto a la biomasa del maíz se registro un peso seco de $1469,09 g/m^2$ en el control sin arvenses, mientras que con el CC vicia se presento un peso seco de $1353,37 g/m^2$ debido a que la vicia emergio y hubo una competencia por nutrientes, sin embargo los resultadod de Ernst (2006) fue lo contrario ya que obtuvo que el peso seco utilizando CC vicia fue 10% mayor que el control sin CC, esto se debio a que el cultivo tuvo la capacidad de absorber desde 18 % hasta 34 % de N desde la etapa inicial hasta la cosecha debido a la vicia. Debido a la competencia de las malezas con el cultivo por agua, nutrientes, luz provoca que el cultivo tienda a tener un pobre desarrollo (Chamba *et al.*, 2017).

El peso de 100 granos no se encontraron diferencia significativas obteniendo valores desde 48,47 g hasta 41,93 g, es asi que Martínez *et al.*, (2021) en su estudio tambien no encontraron diferencias en el peso de los 100 granos, Ávila & Guzmán (2018) mencionan que esto se debe generalmente a la competencia de las arvenses con el cultivo lo que hace que la planta se

desarrolle negativamente, así mismo la panicula no se forma correctamente lo que hace que se disminuya el número de granos.

En el estudio realizado se obtuvo un rendimiento de 9,51 t ha⁻¹ y 9,23 t ha⁻¹ usando cultivos de CC vicia y avena respectivamente, mientras que Bezuidenhout *et al.*, (2012) afirma que obtuvo mayor rendimiento en los tratamientos libre de arvenses el cual fue manual (7,31 t ha⁻¹) y el control de arvenses con herbicidas (6,90 t ha⁻¹) a diferencia de los tratamientos con residuos, ya que los herbicidas a largo plazo desgastan los suelos, además las arvenses se vuelven resistentes a estos productos y son contaminantes para el ambiente y todo ser vivo.

El rendimiento para la variedad INIAP 101 es de 4,5 t ha⁻¹, en condiciones normales, sin utilizar cultivos de cobertura (Yanez *et al.*, 2010). Blanco *et al.*, (2014) también afirma que los maíces híbridos suelen tener un rendimiento de 4,94 t ha⁻¹, puesto que estos presentan resistencias a las plagas y enfermedades y además el tamaño de las mazorcas es uniforme.

Los resultados emitidos por Ortíz & Pegoraro (2012), asumen que hubo un incremento significativo en el rendimiento de maíz utilizando CC vicia como antecesor del maíz bajo una siembra directa del mismo.

Según Cazorla *et al.*, (2017) menciona que luego de 6 años de utilizar CC vicia y sin usar fertilización, el rendimiento tendrá un incremento significativo del 24 %. Debido a la inclusión de CC, el rendimiento podría tener un impacto positivo además que estos mejoran la actividad microbiana del suelo.

8. CONCLUSIONES

- Existieron distintas especies de arvenses que crecieron en el cultivo de maíz, 84,23 % fueron dicotiledóneas y 15,77 % monocotiledóneas, de las cuales las más abundantes fueron la lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) (42,12 %) y nabo silvestre (*Brassica rapa* L.) (27,81 %).
- El cultivo de cobertura avena superó en altura de planta en 32,2 % a la mezcla y 38,0 % a la vicia en monocultivo. De igual manera, la avena tuvo mayor densidad de plantas por unidad de superficie, superando en 38 % a la vicia en monocultivo y 11 % a la mezcla.
- Los cultivos de cobertura fueron capaces de suprimir el crecimiento de arvenses en el cultivo de maíz. En la etapa fenológica V7 del maíz, la avena en monocultivo tuvo 67,56 %, la vicia en monocultivo tuvo 47,38 % y la mezcla 40,53 % de supresión de arvenses.
- El crecimiento del maíz se vio favorecido cuando creció bajo los cultivos de cobertura. Las plantas de maíz que crecieron en el CC vicia monocultivo alcanzaron la máxima altura (1,92 m) superando en 24 % (control sin arvenses) y 32,36 % (control con arvenses), a las plantas que crecieron sin cultivos de cobertura.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar experimentos similares con distintas variedades ya sé en maíz blanco y amarillo, con el fin de tener una alternativa para la producción de maíz sin el uso de químicos.
- Evaluar otros cultivos que puedan ser usados como cultivos de cobertura como el centeno y cebada en el caso de las gramíneas y de las leguminosas se puede usar trébol blanco y alfalfa.
- Debido a los cultivos cobertura se dificulta la fertilización edáfica, se recomienda utilizar fertilizantes foliares.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abdin, O. A., Zhou, X. M., Cloutier, D., Coulman, D. C., Faris, M. A., & Smith, D. L. (2015). Cultivo de cobertura y labranza entre surcos para el control de malezas en maíz de temporada corta (*Zea mays*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179. Obtenido de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/1-s2.0-S1658077X1400023X-main%202.pdf>
- Abdin, O. A., Zhou, X. M., Cloutier, D., Coulman, D. C., Faris, M. A., & Smith, D. L. (2000). Cover crop and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020, de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/1-s2.0-S1658077X1400023X-main%202.pdf>
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30 (2).
- Agriculturers. (2019). Cultivos de cobertura: una llave para el control de malezas. *Red de especialistas en la agricultura*. Obtenido de <https://agriculturers.com/cultivos-de-cobertura-una-llave-para-el-control-de-malezas/>
- Aguilar, Carpio, C., Escalante, Estrada, J., & Aguilar, Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 33, 51-62. Obtenido de https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2929#content/citation_reference_11
- Aloni, R., & Griffith, M. (1991). *Xylem in the root shoot junction of cereals*. *Planta*. Nro 184.
- Anzalone, A., Meléndez, L., & Gámez, A. (2006). Evaluación de la interferencia de *Rottboellia cochinchinensis* sobre maíz (*Zea mays* L.) a través de un método aditivo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4), 373-383. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000400001&lng=es&tlng=es.
- Aquino, P., Peña, R., & Ortiz, I. (2008). *México y el CIMMY00T*. México DF, MX. Obtenido de <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/657/90966.pdf?sequence=1>

- Ávila , C., & Guzmán, G. (2018). El manejo de las malezas en el programa AMTEC. *FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz*, 70. Obtenido de http://www.fedearroz.com.co/docs/cartilla_malezas.pdf
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T, J. C., Martin-Neto, L., & Fernandes, S. V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179.
- Bejarano, A., & Segovia, M. (2000). Origen y evolución de la especie. Sección1 Origen del maíz. En: El maíz en Venezuela. *Fundación Polar*, 11-14. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016
- Bezuidenhout, S., Reinhardt, C., & Whitwell, M. (2012). Loa cultivos de cobertura de avena, centeno de heces y tres cultivares de raigrás anual influyen en el crecimiento del maíz y de *Cyperus esculentus*. *Weed Research*, 52, 153-160. Obtenido de <file:///D:/Downloads/8%20bezuidenhout2012%20es.pdf>
- Blackshaw, R. E., Lemerle, D., Mailer, R., & Young, K. R. (2002). Influencia del rabano silvestre en el redimiento y la calidad de la canola. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14, 179. Obtenido de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/1-s2.0-S1658077X1400023X-main%202.pdf>
- Blanco, Valdés, Y., Leyva, Galán , A., & Castro, L. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 62-69.
- Brandi-Dohrn, F. M., Hess, M., Selker, J. S., Dick , R. P., Kauffman, S. M., & Hemphill, D. D. (1997). Lixiviación de nitratos bajo un cultivo de cobertura de cereal de centeno . *Crop Science, Research*, 56, 1246. Obtenido de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/belfry2016%20%206.pdf>
- Brennan , & Smith. (2015). Effects of cover crops and weed management. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179.
- Castro Carvajal, J. M., Portillo Molina, J., & Cruz Ortega, J. E. (2012). Manejo y control de malezas en maíz. *AgroSintesis*. Obtenido de <https://www.agrosintesis.com/manejo-y-control-de-malezas-en-maiz/>

- Cazco, C. (2006). *Maíz Cultivos andinos. Clase tercer año de ingeniería agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador.*
- Cazorla , C., Cisneros, J., Moreno, E., & Galarza, C. (2017). Mejora en el carbono del suelo y estabilidad de agregados por fertilización y cultivos de cobertura. *Ciencias del suelo* , 35(2), 301-313. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142019000300412&lang=es
- Cazorla, C., Lardone, A., Bojanich, M., Aimetta, B., Vilches, D., & Baigorria, T. (2012). Antecedentes de maíz:¿Barbecho o cultivos de cobertura? En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. *INTA*, 181-185. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142019000300412&lang=es
- Chamba, Morales , M., Cordero, Rojas, F., & Ramiro, Vásquez, E. (2017). Implicaciones sociales, técnicas y económicas de la comercialización de Zea mays L. en el cantón Espíndola, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 16. Obtenido de <file:///D:/Downloads/1364-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5242-1-10-20211229.pdf>
- CIMMYT. (2006). Generation Challenge Programme Partner and Product. *Highlights*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016
- Clark, A. J., Decker, A. M., Meisinger, J. J., & McIntosh, M. S. (1997). Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: II. Soil moisture and corn yield. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179.
- Creamer, N., & Dabney, S. (2002). Matar cultivos de cobertura mecánicamente: revisión de la literatura reciente y evaluación de nuevos resultados de investigación. *Am J Altern Agric*, 17(1), 32-40. Obtenido de <https://doi.org/10.1079/AJAA20014>
- Da Silva , H., Gama, J., Neves, J., & Karam, D. (2010). Levantamento das plantas espontâneas na cultura do girasso. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(1), 167. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175002.pdf>

- Delgado, Y. (2011). Control de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando tres herbicidas pre-emergentes, en la granja “la pradera” Chaltura- Imbabura. *Universidad Técnica del Norte*, 70. Obtenido de file:///D:/Downloads/1364-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5242-1-10-20211229.pdf
- Deras, F. H. (2015). Guia tecnica El cultivo de maiz. *IICA*, 18-19. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Dhima, K., Vasilakoglou, I., Eleftherohorinos, I., & Lithourgidis, A. (2006). Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass suppression and corn development. *Crop Science*, 46, 345-352. Obtenido de file:///D:/Documents/Proyecto%20de%20investigacion/8%20bezuidenhout2012.pdf
- Ebelhar, S. A., Frye, W. W., & Blevins, R. L. (1984). Nitrogeno de cultivos de cobertura de leguminosas para maiz de labranza cero. *Crop Science, Research*, 56, 1246. Obtenido de file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/belfry2016%20%206.pdf
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., . . . Carter, P. (2015). Maíz, crecimiento y desarrollo. *Corn Growth and Development de DuPont Pioneer*. Obtenido de https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- Ernst, O. (2006). EFECTO DE UNA LEGUMINOSA INVERNAL COMO CULTIVO DECOBERTURA SOBRE RENDIMIENTO EN GRANO Y RESPUESTA ANITRÓGENO DE MAÍZ SEMBRADO SIN LABOREO. *Agrociencia*, X(1), 25-30. Obtenido de <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/937/996>
- Evans, S. P., Knezevie, S. Z., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., & Blankenship, E. E. (12 de marzo de 2003). La aplicación de nitrógeno influye en el período crítico para el control de malezas en el maíz. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*(14), 178. Obtenido de file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/1-s2.0-S1658077X1400023X-main%202.pdf
- FAO. (2014). *Manejo Integrado de Malezas*. Obtenido de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/wm/weeds.pdf

- FAO, O. d. (2021). *Agricultura de conservación*. Obtenido de <http://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, M. (. (1998). Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. *Alternativas de Competitividad.s.e. Boletín Informativo*, 15, 30.
- Fisk, J. W., Hesterman, O. B., Shrestha, A., Kells, J. J., Harwood, R. R., Squire, J. M., & Sheaffer, C. C. (2001). Supresion de malezas mediante cultivos de cobertura de leguminosas anuales en maiz para labranza cero. *Crop Protection*, 81, 48. Obtenido de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/mhlanga2016%20%20%20%20%20%204.pdf>
- Garay, J. (2018). Los cultivos de cobertura como una estrategia de control de malezas con menor impacto ambiental. *INTA*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_25_de_mayo_el_cultivo_de_cobertura_en_el_control_de_malezas.pdf
- Griffin, T., Liebman , M., & Jemison, J. (2000). Cover crops for swet corn production in a short-season environment. *Agronomy Journal*, 92, 144-151. Obtenido de <http://agrocienauruguay.uy/ojs/index.php/agrocien/article/view/937/996>
- Hallauer, A., & Carena, M. (2009). Maize. *Springer US*, 3, 3-98. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1739/1776>
- INIAP. (2002). Programa de maíz y Dpto. de Producción de semillas de la EESC. *INTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS PROGRAMA DE MAÍZ; ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"; PLEGABLE DIVULGATIVO No. 82 SEGUNDA EDICIÓN* . Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2547/1/iniapscpl82.pdf>
- Jhonson, S., & Toensmeier, E. (2009). Crop rotation on organic farms. Ithaca. *Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES)*.
- Kato, T., Mapes, C., Serratos, J., & Rodolfo, A. (2009). *Reseña de nuevo libro: origen y diversificación del maíz una revisión analítica* (Vol. 4). Rev. Fitotecnia Mexicana. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-7

- Keleman, A., & Hellin, J. (2009). *Specialty Maize Varieties in Mexico: A Case Study in MarketDriven Agro-Biodiversity Conservation. Journal of Latin American Geography*, 8.
- Kruidhof, H. M., Bastiaans, L., & Kropff, M. J. (2008). Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179.
- Labrados, J. (2012). *Avances en el conocimiento de la dinámica de la materia orgánica dentro de un contexto agroecológico. Universidad de Extremadura Badajoz*. Obtenido de <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/30442/1/Avances>
- Labrados, R. (2004). Procedimientos para evaluación de los riesgos ecológicos de los cultivos resistentes a herbicidas e insectos con énfasis en problemas de malezas. *Dirección de Producción y Protección Vegetal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, 19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175002.pdf>
- Lancashire, P., Bleiholder, H., Langelüddecke, P., Stauss, R., Van Den Boom, T., Weber, E., & Witzemberger, A. (1991). An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl.*, 119, 561-601. Obtenido de https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/pdf_1_files/services_files/descarga.pdf
- Leguizamón, E. S. (2012). Competencia de malezas. Procedimientos para su monitoreo en cultivos extensivos y emisión de alertas de tratamientos de control. *Revista Técnica Especial*,. Recuperado el 18 de diciembre de 2020, de https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_012.pdf
- Maroto, J. (1998). *Horticultura herbácea especial. Mundi-Prensa* (4 ed.). Madrid, España.
- Martínez, Carriel, T., Zúñiga, Rivas, B., Martínez, Prieto, J., Cantos, Sánchez, E., & Muñoz, Chequer, J. (2021). Efecto de la interferencia de arvenses en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) el triunfo, provincia del Guayas. *Ciencia Latina*, 5(6). Obtenido de <file:///D:/Downloads/1364-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5242-1-10-20211229.pdf>

- McClintock, B., Kato, T., & Blumenschein, A. (1981). Constitución cromosómica de las razas de maíz. *Colegio de Post-graduados de Chapingo*, 168. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016
- Mirskky, S., Ryan, M., Curran, W., Teasdale, J., Maul, J., Spargo, J., & Moyer, J. (2012). Problemas de labranza de conservación: producción de granos de labranza cero rotativos orgánicos basadas en cultivos de cobertura en la región del Atlántico medio, EE.UU. *Renewable Agric Food Syst*, 27(01), 31-40. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/S1742170511000457>
- Molina Freaner, F., Espinosa García, F., & Sarukhán Kermez, J. (2008). Dinámica poblacional de la maleza en un campo de maíz de temporal del Valle de México. *SciELO*, 42(5). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000500002&lang=es
- Molina, Freaner, F., Espinosa, García, F., & Sarukhán, Kermez, J. (2008). Dinámica poblacional de la maleza en un campo de maíz de temporal del Valle de México. *Agrociencia SciELO*, 42(5). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000500002&lang=es
- Moreno, R. (2017). Manejo de Malezas en el Cultivo de Maíz. *INTA EEA Marcos Juárez*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_malezas_moreno_mj17.pdf
- Moreno, R. (2017). Manejo de Malezas en el Cultivo de Maíz*. *INTA EEA*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_malezas_moreno_mj17.pdf
- Olalde, Gutiérrez, V., Escalante, Estrada, J., Sánchez, García, P., Tijerina, Chávez, L., Mastache, Lagunas, A., & Carreño, Román, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido, México. *Terra*, 18(4), 313-323.
- Ortíz, J., & Pegoraro, V. (2012). Efecto de los cultivos de cobertura sobre los contenidos de agua, carbono, nitrógeno y fósforo en suelos de texturas contrastantes. *Tesis de grado. UNVM*, 90. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142019000300412&lang=es

- Parr, M., Grossman, J., Reberg-Horton, C., Brinton, C., & Crozier, C. (2011). Entrega de nitrógeno de cultivos de cobertura de leguminosas en la producción de maíz orgánico sin labranza. *Agron J*, 103(6), 1578. Obtenido de <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0007>
- Peña, G. R. (2020). Rendimiento de tres ecotipos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres localidades del cantón Loja. 14. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23574/1/Richard%20Fabricio%20Pe%c3%b1a%20Gonz%c3%a1lez.pdf>
- Pioneer. (2015). Maiz ; crecimiento y desarrollo. *DuPont Pioneer*, 8-18. Obtenido de <file:///D:/Documents/Proyecto%20de%20investigacion/fenologia.pdf>
- Pizarro, J., Morán , A., & Morales , N. (2019). Cultivos de cobertura: una llave para el control de malezas. *Agriculturers*. Obtenido de <https://agriculturers.com/cultivos-de-cobertura-una-llave-para-el-control-de-malezas/>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de , L. (2015). *El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja 2015 - 2025*. Loja. Obtenido de <https://prefectura Loja.gob.ec/documentos/lotaip/2019/PDOT-2019.pdf>
- Polanco, A., & Flores, T. (2008). *Bases para una política de I & D e innovación de la cadena de valor del maíz*. Mexico DF, MX. Obtenido de http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/maiz.pdf
- Ramírez, R. (2015). *Historia del maíz*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/11996681/Historia-Del-Maiz>
- Reganold, J. P., Glover, J. D., Andrews, P. K., & Hinman, H. R. (2001). Sostenibilidad de tres sistemas de producción de manzana. *Crop Protection*, 81, 48. Obtenido de <file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/mhlanga2016%20%20%20%20%20%20%204.pdf>
- Sainju, U. M., & Singh, B. P. (1997). Winter cover crop for sustainable agricultural systems. Influence on soil properties, water quality and crop yields. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179.
- Schmidt, J., Junge, S., & Finckh, M. (2019). Lo cultivos de cobertura y el abono evitan la acumulación de bancos de semilla de malezas en rotaciones trigo-papa sin herbicidas

- bajo labranza de conservación . *Ecol* , 9(5), 2715-2724. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/ece3.4942>
- Snapp, S. S., Swinton, S. M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., . . . O'Neil, K. (2005). evaluación de los beneficios, costos y desempeño de los cultivos de cobertura dentro de los nichos del sistema de cultivo. *Crop Science*, 56, 1246. Obtenido de file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/belfry2016%20%206.pdf
- Sturm, D., Peteinatos, G., & Gerhards, R. (2018). Contribution of allelopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, 58(5), 331-337.
- Swanton, C. J. (2005). *White Papers on Weed Control: Getting to the root of yield loss in corn (Zea mays) (2)*.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú*. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1739/1776>
- Teasdale, J. R. (1998). Cultivos de cobertura, asfixia de plantas y manejo de malezas. manejo integrado de malezas y suelos. *Crop Protection*, 81, 48. Obtenido de file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/mhlanga2016%20%20%20%20%20%204.pdf
- Teasdale, J., & Mohler, C. (2000). Transmisión de luz, temperatura del suelo y humedad del suelo bajo residuos de arveja vellosa y centeno. *Agron J*, 85(3), 673-680. Obtenido de <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030029x>
- Teasdale, J., Coffman, C., & Mangum, R. (2007). Beneficios potenciales a largo plazo de los sistemas de cultivo orgánico y sin labranza para la producción de granos y la mejora del suelo. *Agron J*, 99(5), 1297-1305. Obtenido de <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0362>
- Thobatsi, T. (2009). Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in an intercropping system. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 179. Obtenido de file:///H:/Proyecto%20de%20investigacion/1-s2.0-S1658077X1400023X-main%202.pdf
- Vaz Pereira, D., & Leyva, G. Á. (2015). PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE LAS ARVENSES CON EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN HUAMBO, ANGOLA.

- Cultivos Tropicales*, 36(4), 14-20. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175002.pdf>
- Watson, D. J. (1947). Comparative physiological studies in the growth of field crops, I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann*, 11, 41-76. Obtenido de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/438/1/PCB_RN_M_Tesis_2017_Nafarrate_Ana.pdf
- Weber, E., & Bleiholder, H. (1990). Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse – mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen*, 42, 308-321. Obtenido de https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/pdf_1_files/services_files/descarga.pdf
- Yanez, C., Zambrano, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2010). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. *INIAP*, 4. Obtenido de <file:///D:/Documents/Proyecto%20de%20investigacion/19%20iniapscg96.pdf>
- Yáñez, G. C., Velasquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano, J., Caicedo, M., Heredia, J., . . . Quimbita, A. (2010). Guía de producción de maíz de altura. *INIAP*(96). Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2440/1/iniapscg96.pdf>
- Zanettini, J., Orden, N., & Dubo, G. (2019). El cultivo de cobertura en el control de malezas. *INTA*, 10(39), 56-59. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_25_de_mayo_el_cultivo_de_cobertura_en_el_control_de_malezas.pdf

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1. Cálculos de fertilización

	Requerimientos del cultivo	Datos del análisis de suelo
N	200 kg/ha	50,47 ppm
P ₂ O ₅	85 kg/ha	114,74 ppm
K ₂ O	150 kg/ha	217,22 ppm
Mg		0,49 meq/100ml
MO		2,23 %

11.1.1. Cálculo del nitrógeno con la materia orgánica

Perfil del suelo = 0,20 m

Masa de 1ha?

Densidad aparente = 1,3 t m⁻³

1. Área

Área = lado * lado

Área = 100 m * 100 m

Área = 10 000 m²

2. Volumen

Volumen = área * profundidad

Volumen = 10 000 m² * 0,20 m

Volumen = 2 000 m³

3. Masa 1 ha

Masa = densidad aparente * volumen

Masa = 1,3 t m⁻³ * 2 000 m³

Masa = 2 600 t de suelo en 1 ha

Masa = 2 600 000 kg de suelo en 1 ha

4. Nitrógeno disponible

4.1.MO en 1 ha

100 kg de suelo-----2,23 %

2 600 000 kg suelo-----x?

$$x = \frac{2\,600\,000 \text{ kg de suelo} * 2,23 \%}{100 \text{ kg de suelo}}$$

$$x = 57\,980 \text{ MO en 1 ha}$$

4.2.Nitrógeno total

Constante N total = 5 % de la MO

100 kg MO-----5 kg N total

57 980 kg MO-----x?

$$x = \frac{57\,980 \text{ kg MO} * 5 \text{ kg N total}}{100 \text{ kg MO}}$$

$$x = 2\,899 \text{ kg de N en 1 ha}$$

4.3.Nitrógeno mineral disponible

Constante N mineral = 2 %

100 kg N total-----2 kg de N mineral

2 899 kg N total-----x?

$$x = \frac{2\,899 \text{ kg N total} * 2 \text{ kg de N mineral}}{100 \text{ kg N total}}$$

$$x = 57,98 \text{ kg/ha}$$

5. Dosis de Nitrógeno

$$DN = \frac{\text{Requerimiento cultivo} - \text{Requerimiento análisis}}{\text{Eficiencia}}$$

$$DN = \frac{200 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} * 57,98 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}}{0,5}$$

$$DN = 284,04 \text{ kg/ha}$$

6. Dosis de urea (N = 46 %)

100 kg-----46 kg N

X-----284,04 kg N

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} * 284,04 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ N}}{46 \text{ kg N}}$$

$$x = 617,48 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de urea}$$

617,48 kg de urea----- 10 000 m²

X-----10,5 m²

$$x = \frac{617,48 \text{ kg de urea} * 10,5 \text{ m}^2}{10\ 000 \text{ m}^2}$$

$$x = 0,65 \text{ kg/parcela}$$

0,65 kg de urea-----10,5 m²

X-----0,19 m²

$$x = \frac{0,65 \text{ kg de urea} * 0,19 \text{ m}^2}{10,5 \text{ m}^2}$$

$$x = 0,011 \frac{\text{kg}}{\text{planta}}$$

$$x = 11 \frac{\text{g}}{\text{planta}}$$

11.1.2. Cálculo del fosforo con el volumen

1. Área

Área = lado * lado

Área = 100 m * 100 m

Área = 10 000 m²

2. Volumen

Volumen = área * profundidad

Volumen = 10 000 m² * 0,20 m

$$\text{Volumen} = 2\,000 \text{ m}^3$$

3. Peso del suelo

$$\text{peso del suelo} = \frac{\text{densidad aparente} * \text{volumen}}{1\,000}$$

$$\text{peso del suelo} = \frac{1,3 \text{ t m}^{-3} * 2\,000 \text{ m}^3}{1\,000}$$

$$\text{peso del suelo} = 2,6$$

4. P₂O₅

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P}_2\text{O}_5 \text{ analisis} * \text{peso del suelo} * 2,29$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 114,74 \text{ ppm} * 2,6 * 2,29$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 683,17 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

5. Fosforo disponible

$$\% = 15$$

$$100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ -----} 15 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ disponible}$$

$$683,17 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ -----} x?$$

$$x = \frac{683,17 \text{ kg P}_2\text{O}_5 * 15 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ disponible}}{100 \text{ kg P}_2\text{O}_5}$$

$$x = 102,47 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ P}_2\text{O}_5$$

6. Dosis de P₂O₅

$$\text{DN} = \frac{\text{Requerimiento cultivo} - \text{Requerimiento análisis}}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{DN} = \frac{85 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} * 102,47 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}}{0,25}$$

$$\text{DN} = -69,896 \text{ kg/ha}$$

11.1.3. Cálculos de potasio con el volumen del suelo

1. Área

$$\text{Área} = \text{lado} * \text{lado}$$

$$\text{Área} = 100 \text{ m} * 100 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 10\,000 \text{ m}^2$$

2. Volumen

$$\text{Volumen} = \text{área} * \text{profundidad}$$

$$\text{Volumen} = 10\,000 \text{ m}^2 * 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 2\,000 \text{ m}^3$$

3. Peso del suelo

$$\text{peso del suelo} = \frac{\text{densidad aparente} * \text{volumen}}{1\,000}$$

$$\text{peso del suelo} = \frac{1,3 \text{ t m}^{-3} * 2\,000 \text{ m}^3}{1\,000}$$

$$\text{peso del suelo} = 2,6$$

4. K₂O

$$\text{K}_2\text{O} = \text{K}_2\text{O análisis} * \text{peso del suelo} * 1,2$$

$$\text{K}_2\text{O} = 217,22 \text{ ppm} * 2,6 * 1,2$$

$$\text{K}_2\text{O} = 677,73 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

5. K₂O disponible

$$\% = 20$$

$$100 \text{ kg K}_2\text{O} \text{-----} 20 \text{ kg de K}_2\text{O disponible}$$

$$677,73 \text{ K}_2\text{O} \text{-----} x?$$

$$x = \frac{677,73 \text{ kg K}_2\text{O} * 20 \text{ kg de K}_2\text{O disponible}}{100 \text{ kg K}_2\text{O}}$$

$$x = 135,55 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ K}_2\text{O}$$

6. Dosis de K₂O

$$DN = \frac{\text{Requerimiento cultivo} - \text{Requerimiento análisis}}{\text{Eficiencia}}$$

$$DN = \frac{150 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} * 135,54 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}}{0,5}$$

$$DN = 29 \text{ kg/ha}$$

7. Dosis de muriato de potasio ($K_2O = 60\%$)

100 kg-----60 kg K_2O

X-----29 kg K_2O

$$x = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} * 29 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}}{60 \text{ kg N}}$$

$$x = 48,33 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ muriato de potasio}$$

48,33 kg de muriato de potasio----- 10 000 m²

X-----10,5 m²

$$x = \frac{617,48 \text{ kg de muriato de potasio} * 10,5 \text{ m}^2}{10\ 000 \text{ m}^2}$$

$$x = 0,05 \frac{\text{kg}}{\text{parcela}} \text{ de muriato de potasio}$$

0,05 kg de muriato de potasio-----10,5 m²

X-----0,19 m²

$$x = \frac{0,05 \text{ kg de urea} * 0,19 \text{ m}^2}{10,5 \text{ m}^2}$$

$$x = 0,0009 \frac{\text{kg}}{\text{planta}} \text{ de muriato de potasio}$$

$$x = 0,92 \frac{\text{g}}{\text{planta}} \text{ de muriato de potasio}$$

11.2 Anexo 2. Análisis de suelo



Provincia:	Loja	FECHA DE INGRESO:	09-06-2021
Cantón:	Loja	FECHA DE EGRESO:	09-07-2021
Parroquia:	San Sebastián	RESPONSABLE:	Jhulissa Stefanía Ambuludí González
Sector:	La Argelia		
Tesis:	"EFECTO DE CULTIVOS DE COBERTURA COMO ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ SOBRE LA SUPRESIÓN DE MALEZAS Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ BLANCO EN EL SECTOR LA ARGELIA, LOJA"		

1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	M.O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
			%	ppm			meq/100ml
2666	Muestra 1	7.15	2.23	50.47	114.74	217.22	0.49

2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	M.O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
			%	ppm			meq/100ml
2666	Muestra 1	Prácticamente Neutro	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo



Firmado electrónicamente por:
OMAR AUGUSTO OJEDA OCHOA

Ing. Omar Ojeda Ochoa, Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

11.3 Anexo 3. Escala fenológica BBCH de maíz

Maíz Weber und Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo del maíz (*Zea mays* L.)

Código	Descripción
--------	-------------

Estadio principal 0. Germinación

00	Semilla seca
01	Comienza la imbibición de la semilla
03	Imbibición completa de la semilla
05	Radícula (raíz embrional), emergida de la semilla
07	Coleóptilo, emergido de la semilla
09	Emergencia: el coleóptilo atraviesa la superficie del suelo (se abren grietecitas en la superficie)

Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas (tallo principal)^(1) 2)

10	1a hoja, a través del coleóptilo
11	1a hoja, desplegada
12	2 hojas, desplegadas
13	3 hojas, desplegadas
1.	Los estadios continúan hasta ...
19	9 o más hojas, desplegadas

Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal del tallo principal

30	Comienzo del alargamiento de la caña
31	Primer nudo, detectable
32	2 nudos, detectables
33	3 nudos, detectables
3.	Los estadios continúan hasta
39	9 o más nudos, detectables ³⁾

Estadio principal 5. Aparición del órgano floral (tallo principal)

51	Comienzo de la salida del penacho: el penacho es detectable en lo alto de la caña
53	Visible el extremo del penacho
55	Mitad de la emergencia del penacho: la mitad del penacho empieza a separarse
59	Fin de la emergencia del penacho: penacho, completamente fuera y separado

Maíz Weber und Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo del maíz

Código	Descripción
--------	-------------

Estadio principal 6. Floración (tallo principal)

- | | |
|----|---|
| 61 | (M) Estambres de la parte central del penacho, visibles
(F) Punta de la mazorca, saliendo de la vaina foliar |
| 63 | (M) Comienza a desprenderse el polen.
(F) Puntas de los estigmas, visibles |
| 65 | (M) Las partes altas y bajas del penacho, en flor
(F) Estigmas, completamente emergidos |
| 67 | (M) Floración finalizada
(F) Los estigmas secándose |
| 69 | Fin de la floración; estigmas, completamente secos |
-

Estadio principal 7. Formación del fruto

- | | |
|----|---|
| 71 | Comienzo del desarrollo del grano: granos, en el estadio de "ampollitas"; alrededor de 16 % de materia seca |
| 73 | Lechoso temprano |
| 75 | Granos de la mitad de la mazorca, blanco-amarillentos; contenido lechoso; alrededor de 40 % de materia seca |
| 79 | Casi todos los granos han alcanzado su tamaño final |
-

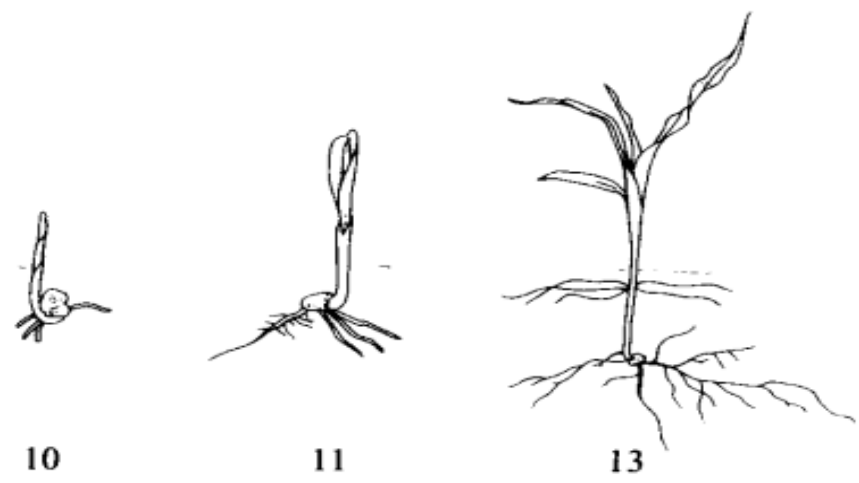
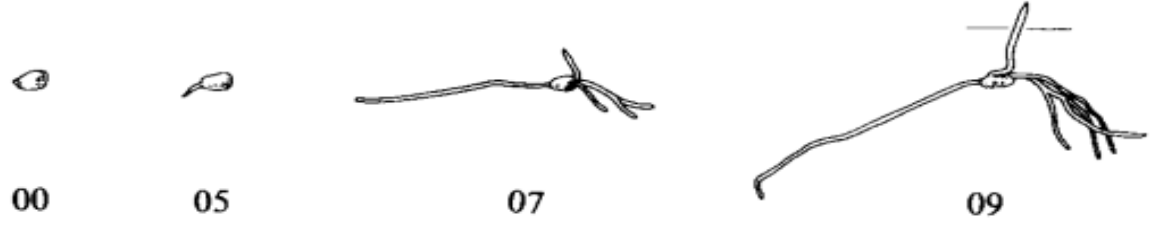
Estadio principal 8. Maduración de frutos y semillas

- | | |
|----|--|
| 83 | Pastosa temprano: el contenido de los granos, blando; alrededor de 45 % de materia seca |
| 85 | Estadio pastoso (= Madurez de silaje): los granos amarillentos a amarillo (según la variedad); acerca del 55 % de materia seca |
| 87 | Madurez fisiológica: puntos o rayas negras, visibles en la base de los granos, acerca de 60 % de materia seca |
| 89 | Madurez completa: granos duros y brillantes; acerca de 65 % de materia seca |
-

Estadio principal 9. Senescencia

- | | |
|----|--|
| 97 | Planta totalmente muerta, tallos se quiebran |
| 99 | Partes cosechadas |
-

Maiz (Zea mays L.)



Maiz (*Zea mays* L.)



63



69



79



89

11.4 Anexo 4. Evidencias fotográficas



Figura 13. Medición del terreno.



Figura 14. Delimitación del terreno.



Figura 15. Cultivos de cobertura establecidos.



Figura 16. Recolección de muestras de CC con el cuadrante.



Figura 17. Muestras etiquetadas para llevarlas al laboratorio.



Figura 18. Virado mecánico de los CC.



Figura 19. Sensor de temperatura.



Figura 20. Pesado de los CC.



Figura 21. Datos de altura.



Figura 22. Toma de datos de IAF.



Figura 23. Arvenses con mayor población encontradas en el cultivo de maíz.



Figura 24. Cultivo de maíz establecido.



Figura 25. Grano de maíz.



Figura 26. Secado de las muestras de maíz.



Figura 27. Tamaños de mazorcas de los distintos tratamientos.

Análisis	Categoría			
	<i>Muy bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
pH	<5	5-6	6,1-7,1	+7,1
N disponible (ppm)	<10	10-20	21-40	+40
Fósforo (ppm)	<4	5-10	11-20	+20
Potasio (cmol/kg)	<0,15	0,16-0,30	0,31-0,50	+0,50
Calcio (cmol/kg)	<2,0	2,1-4,0	4,1-8,0	+8,0
Magnesio (cmol/kg)	<0,20	0,21-0,50	0,51-1,0	+1,0
Azufre (ppm)	<4	5-8	8-16	+16
POTENCIAL RENDIMIENTO	<65%	65-85%	85-95%	100%

Figura 28: Interpretación del magnesio

11.5 Anexo 5. Certificado de traducción del abstract

Loja, 03 de agosto del 2022

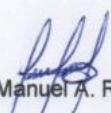
Lic. Manuel Alberto Robles Castillo

Docente de Inglés –

CERTIFICA

Haber realizado la traducción al idioma inglés del Resumen del Trabajo investigativo (Tesis) con el tema "Efecto de cultivos de cobertura como antecesores del cultivo maíz sobre la supresión de malezas y el rendimiento de maíz blanco en el sector La Argelia, Loja", misma que corresponde a Jhulissa Stefania Ambuludi González con cedula de identidad No. 1105678500 de la Carrera de Ingeniería Agronómica

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.


Lic. Manuel A. Robles.

DOCENTE DE IDIOMA INGLÉS

C.I. 1104793367