



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

## **FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

#### **EFFECTO DE CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO, LA INCIDENCIA DE ARVENSES Y EL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ BLANCO**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA  
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO

#### **AUTOR:**

Galo Fernando Cuenca López

#### **DIRECTOR:**

Ing. Klever Iván Granda Mora *PhD.*

**LOJA – ECUADOR**

**2022**

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Loja, 09 de septiembre de 2021

**Ing.** Klever Iván Granda Mora *PhD*.

### **DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

#### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del trabajo de Titulación del grado titulado: **“EFECTO DE CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO, LA INCIDENCIA DE ARVENSES Y EL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ BLANCO”**, de la autoría del estudiante: **Galo Fernando Cuenca López**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación respectiva sustentación y defensa.



Firmado digitalmente por:  
**KLEVER IVAN  
GRANDA MORA**

.....  
Ing. Klever Iván Granda Mora *PhD*  
**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo, Galo Fernando Cuenca López, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a 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.

**Firma:**



**Autor:** Galo Fernando Cuenca López

**Cédula de identidad:** 1150167011

**Fecha:** 18 de abril de 2022

**Correo electrónico:** galo.cuenca@unl.edu.ec

**Celular:** 0985072624

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRONICA DE TEXTO COMPLETO**

Yo, Galo Fernando Cuenca López, declaro ser el autor de la tesis titulada **“Efecto de cultivos de cobertura sobre las propiedades del suelo, la incidencia de arvenses y el rendimiento de dos variedades de maíz blanco”**, como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la publicación intelectual 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 Repositorio Institucional, 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 dieciocho días del mes de abril de dos mil veintidós.

**Firma:**



Firmado electrónicamente por:  
**GALO FERNANDO  
CUENCA LOPEZ**

**Autor:** Galo Fernando Cuenca López

**Cédula de identidad:** 1150167011

**Dirección:** Francisco Arias y Luis Arroyo, Loja. **Correo electrónico:** galo.cuenca@unl.edu.ec

**Celular:** 0985072624

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de tesis:** Ing. Klever Iván Granda Mora PhD.

**Tribunal de Grado:** Mg. Sc. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay.

**Presidente**

PhD. Ángel Rolando Robles Carrión.

**Vocal**

PhD. Luis Oswaldo Viteri Jumbo.

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo va dedicado a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza necesaria para cada día avanzar en este largo proceso.

A mis padres por su amor y sacrificio, pero hago énfasis en el gran esfuerzo que ha realizado mi amada madre Elvia López.

A mis hermanos Paul, Efrén y Verónica, quienes siempre me motivaron para salir adelante y no decaer en el camino.

A mi amada Esposa Marjorie y toda su familia quienes me brindaron amor y la calidez que solo una familia puede dar.

A mis profesores, quienes me ayudaron y nutrieron de sabiduría a lo largo de mi carrera.

*Con cariño*

***Galo Fernando Cuenca López.***

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por la vida y la sabiduría para terminar con éxito el presente trabajo.

Agradecer a mi familia Marjorie & Felipe por ser mi inspiración cada día para salir adelante.

A mis amigos Pepe, Edwin, Fox, Erika y Wes quienes formaron parte de mi instrucción educativa, y vivimos muchas aventuras en la Universidad.

***Galo Fernando Cuenca López.***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
1. TÍTULO .....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN .....	4
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos.....	5
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	6
4.1 Generalidades del cultivo de maíz.....	6
4.2 Características morfológicas.....	6
4.2.1 Fenología del maíz.....	7
4.3 Generación del rendimiento de maíz .....	8
4.3.1 Biomasa.....	8
4.3.2 Rendimiento y sus componentes.....	8
4.4 Cultivos de cobertura.....	9
4.4.1 Especies usadas en CC en maíz .....	10
4.4.2 Efectos de CC sobre propiedades del suelo, agua, aporte de nitrógeno.....	10
4.4.3 Efecto de CC sobre los arvenses .....	11
4.5 Arvenses en maíz.....	11
4.6 Periodo crítico de interferencia de arvenses en el cultivo de maíz.....	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
5.1 Ubicación del estudio .....	13
5.2 Diseño experimental .....	13
5.3 Análisis estadístico .....	14

5.4 Metodología para el primer objetivo .....	14
5.4.1 Análisis del suelo .....	14
5.4.2 Establecimiento de los cultivos de cobertura .....	15
5.4.3 Establecimiento del cultivo de maíz .....	15
5.5 Metodología para el segundo objetivo.....	15
5.5.1 Identificación de arvenses .....	15
5.5.2 Diversidad de arvenses.....	15
5.5.3 Biomasa de arvenses .....	16
5.5.4 Cobertura de arvenses .....	16
5.5.5 Biomasa de los CC.....	16
5.6 Metodología para el tercer objetivo .....	16
5.6.1 Rendimiento del grano .....	16
5.6.2 Número de granos y mazorca.....	16
5.6.3 Peso de grano .....	17
5.6.4 Biomasa del cultivo de maíz .....	17
5.6.5 Índice de cosecha (IC).....	17
5.6.6 Índice de área foliar (IAF) .....	17
5.6.7 Altura de planta.....	17
5.6.8 Fenología de planta .....	17
6. RESULTADOS .....	18
6.1 Análisis del suelo y densidad aparente .....	18
6.2 Diversidad de arvenses .....	20
6.3 Biomasa de arvenses, porcentaje de cobertura de CC .....	20
6.4 Componentes del rendimiento; número de granos y mazorca, peso del grano y biomasa del cultivo de maíz.....	21
6.5 Altura de la planta de maíz .....	23
6.6 Índice de cosecha (IC) e índice de área foliar (IAF) .....	27
6.7 Correlaciones entre variables.....	29
7. DISCUSIÓN.....	31
8. CONCLUSIONES .....	35
9. RECOMENDACIONES .....	36
10. BIBLIOGRAFÍA.....	37
11. ANEXOS.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Fenología del cultivo de maíz. ....	<b>7</b>
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los tratamientos. ....	<b>13</b>
<b>Tabla 3.</b> Análisis del suelo, comparación del análisis inicial con el análisis final del ensayo. ....	<b>19</b>
<b>Tabla 4.</b> Índice de diversidad de arvenses .....	<b>20</b>
<b>Tabla 5.</b> Altura promedio por tratamiento (cm). ....	<b>23</b>
<b>Tabla 6.</b> Altura promedio del cultivo en (cm) influenciado por 5 tipos de cobertores.....	<b>24</b>
<b>Tabla 7.</b> Promedio del IC. ....	<b>27</b>
<b>Tabla 8.</b> Promedio del IC influenciada por la variable variedad. ....	<b>27</b>
<b>Tabla 9.</b> Correlaciones entre variables componentes del rendimiento. ....	<b>30</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema del Diseño experimental.....	14
<b>Figura 2.</b> Biomasa de arvenses de los 10 tratamientos.....	20
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de cobertura de arvenses .....	21
<b>Figura 4.</b> Rendimiento del grano de dos variedades de maíz; variedad 1 (INIAP 101) y variedad 2 (INIAP 103).....	21
<b>Figura 5. A:</b> Número de mazorcas/planta y <b>B:</b> Número de granos/mazorca .....	22
<b>Figura 6.</b> Peso de 100 granos (g).....	22
<b>Figura 7.</b> Biomasa del maíz en las dos variedades.....	23
<b>Figura 8.</b> Dinámica de crecimiento por variedad. ....	25
<b>Figura 9.</b> Dinámica de crecimiento influenciada por el cobertor. ....	26
<b>Figura 10.</b> Índice de cosecha.....	28
<b>Figura 11.</b> Índice de área foliar influenciada por el cobertor.....	28
<b>Figura 12.</b> Índice de área foliar según la variedad INIAP 103 (Var 2).....	29
<b>Figura 13.</b> Toma de muestras de suelo.....	46
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de cobertura de los CC.....	46
<b>Figura 15.</b> Volteo del CC. ....	47
<b>Figura 16.</b> Medición de los componentes del rendimiento. ....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Análisis de suelo inicial.....	42
<b>Anexo 2.</b> Análisis de suelo final .....	44
<b>Anexo 3.</b> Plan de fertilización.....	46
<b>Anexo 4.</b> Fotografías de fase de campo .....	46
<b>Anexo 5.</b> Identificación de arvenses en el cultivo de maíz.....	48
<b>Anexo 6.</b> Certificación del Tribunal de Grado.....	50
<b>Anexo 7.</b> Certificado de traducción del Abstract.....	51

**EFFECTO DE CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL  
SUELO, LA INCIDENCIA DE ARVENSES Y EL RENDIMIENTO DE DOS  
VARIETADES DE MAÍZ BLANCO**

## 2. RESUMEN

Los cultivos de cobertura (CC), tienen como objetivo la protección del suelo, mejorar la fertilidad, controlar arvenses, incrementar la biodiversidad, incluso podrían remplazar el uso de herbicidas, consideraciones que se desconocen en nuestro país. El manejo de arvenses es un gran problema que atraviesa el cultivo de maíz, debido a que existen aumentos en los costos de producción. En base a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue: determinar la capacidad de los cultivos de cobertura en la mejora de las propiedades del suelo, la disminución de las arvenses y el rendimiento de grano en dos variedades de maíz blanco en la provincia de Loja sector La Argelia. Para ello, se utilizó cinco tipos de cobertores: vicia, avena, avena + fréjol, sin CC y con arvenses y sin CC y sin arvenses, sembrado a chorro las gramíneas y vicia, y a una densidad de 0.10 x 0.35 m las leguminosas; las variedades de maíz blanco fueron INIAP 101 – 103, sembradas a una distancia de 0.2 x 0.7 m. Las variables evaluadas: % de cobertura, identificación de arvenses y componentes del rendimiento. Los resultados demostraron que los CC reducen el índice de diversidad de arvenses y la combinación de avena + fréjol proporcionó un incremento en la cantidad de nutrientes del suelo, los CC redujeron la cantidad de biomasa de los arvenses, además, la variedad INIAP 101 alcanzó una mayor altura, mientras que la variedad INIAP 103 alcanzó mayores rendimientos.

**Palabras clave:** Cultivos de cobertura, INIAP 101 e INIAP 103 y rendimiento.

## 2.1. ABSTRACT

The cover crops (CC) are intended to protect the soil, improve fertility, control weeds, increase biodiversity, and could even replace the use of herbicides, considerations that are unknown in our country. The management of weeds is a major problem in corn cultivation, due to the increase in production costs. Based on the above, the objective of this research was: to determine the capacity of cover crops in improving soil properties, the reduction of weeds and grain yield in two varieties of white corn in the province of Loja, La Argelia sector. For this, five types of cover crops were used: vetch, oats, oats + beans, without CC and with weeds and without CC and without weeds, sown in spurts for grasses and vetch, and at a density of 0.10 x 0.35 m for legumes; the white maize varieties were INIAP 101 - 103, sown at a distance of 0.2 x 0.7 m. The variables evaluated were: % cover, weed identification and yield components. The results showed that the CC reduced the weed diversity index and the oat + bean combination provided an increase in the amount of soil nutrients, the CC reduced the amount of weed biomass, in addition, the INIAP 101 variety reached a greater height, while the INIAP 103 variety reached higher yields.

**Key words:** cover crops, INIAP 101 and INIAP 103 and yield.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de cobertura (CC) o bien llamados cultivos de servicio ambiental, buscan proteger el suelo, mejorar la calidad, fertilidad, controlar arvenses e incrementar la biodiversidad en sistemas de producción de pequeñas y medianas escalas (Teasdale, 2016; Grahmann *et al.*, 2020).

Los CC podrían reemplazar el uso de herbicidas o disminuir el número de aplicaciones lo que mejora la productividad de los cultivos (Petit *et al.*, 2011). Sin embargo, no se conoce con claridad si los efectos de los CC varían entre sí o varían dependientemente de la calidad del suelo o el sistema de cultivo (Wittwer *et al.*, 2017). En Ecuador existe gran desconocimiento de esta tecnología, principalmente las recomendaciones están enfocadas al uso de herbicidas para el control de arvenses.

El manejo de los arvenses es uno de los grandes problemas del cultivo de maíz (*Zea mays*), por lo tanto, incrementa un 30 % los costos de producción del cultivo (Eyhérabide, 2015). En los sistemas de producción convencional, el uso de herbicidas de contacto es una práctica obligatoria que necesita aplicaciones de pre – siembra, así como durante el crecimiento del cultivo. Por otro lado, el uso continuo de herbicidas provoca el surgimiento de arvenses resistentes, cuyo control es difícil, lo que provoca problemas ambientales que degradan los agroecosistemas (Castro *et al.*, 2012).

El maíz es un cultivo importante para nuestro país y región, es así, que varios cantones de la provincia de Loja utilizan el grano como base de su alimentación y economía. Varios trabajos dan cuenta que los cultivos de cobertura pueden ser eficaces en el manejo de arvenses, lo que significa una reducción en la competencia por nutrientes con el cultivo de maíz, aspecto que se podría mejorar el rendimiento potencial (Wortman *et al* 2012; Wiggins *et al.*, 2012; Osipitan *et al.*, 2012).

De igual manera, la presente investigación contribuye con información precisa y breve del comportamiento de los CC sobre el rendimiento de dos variedades de maíz blanco, para ello se planteó los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Determinar la capacidad de los cultivos de cobertura en la mejora de las propiedades del suelo, la disminución de las arvenses y el rendimiento de grano en dos variedades de maíz blanco en la provincia de Loja sector La Argelia.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de los cultivos de cobertura en la disponibilidad de macronutrientes, micronutrientes, densidad aparente y pH del suelo en la provincia de Loja sector La Argelia.
- Calcular el efecto de los cultivos de cobertura sobre la emergencia de arvenses en la provincia de Loja sector La Argelia.
- Evaluar el efecto de los cultivos de cobertura en el rendimiento del cultivo de maíz en la provincia de Loja sector La Argelia.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Generalidades del cultivo de maíz

Paliwal (2018) afirma, el maíz es el rubro de mayor importancia dentro de la canasta básica alimenticia de la población latina, lo que genera 220 millones de t anuales, de igual manera nuestro país ha crecido potencialmente en la producción de este grano, Ecuador produce 1´260 656 t, con más de 60 000 maiceros distribuidos entre Manabí, Loja, Los Ríos y Guayas, por otro lado, la producción del maíz se adquiere para la industria alimenticia del consumo humano y animal (Faustos, 2018).

### 4.2 Características morfológicas

Según Pascal (2003); La planta de maíz posee una altura moderadamente robusta de fácil desarrollo, manejo y de producción anual.

- **Tallo:** es simple erecto, de una elevada longitud de 4 m, no posee ramificaciones, no presenta entrenudos y posee una médula esponjosa.
- **Inflorescencia:** es tipo monoica con inflorescencias masculinas y femeninas encontradas en la misma planta, la inflorescencia masculina, presenta una panícula de coloración amarilla que tiene una gran cantidad de polen de 20 a 25 millones de granos, cada florecilla presenta tres estambres donde se desarrolla el polen. La inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de 800 a 1000 granos, y este se forma en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.
- **Hojas:** son largas de gran tamaño, lanceoladas y alternas paralelinervias, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, los extremos de las hojas son afilados y cortantes.
- **Raíces:** son fasciculadas y su trabajo es la de proporcionar un anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces adventicias o secundarias.
- **Frutos:** es un grano cariopse, la pared del ovario es fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para formar la pared del grano o fruto, el mismo que constan de tres partes principales; la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide, la capa más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa aleurona.

· **Desarrollo vegetativo del maíz:** desde que se siembra las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurren un tiempo de 8 a 12 días, donde se ve una germinación y emergencia rápida de la plántula.

#### 4.2.1 Fenología del maíz

La germinación y emergencia es seguida de una fase durante la cual el maíz se desarrolla y acomoda el aparato radicular de acuerdo a la estructura foliar definitiva que va a sostener y aportar nutrientes para la formación de la mazorca y grano (Saavedra Del Real; González, 2014). En el cuadro 1, se describe la etapa fenológica del cultivo de maíz.

**Tabla 1.** Fenología del cultivo de maíz.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>
<b>VE</b>	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
<b>V1</b>	Se ve el cuello de la primera hoja.
<b>V2</b>	Presencia de la segunda hoja.
<b>V (n)</b>	Se ve el cuello de la hoja n ("n" es igual al número de hojas final de la planta, estas varían entre 16 a 22; sin embargo, al momento de la floración las cuatro o cinco hojas inferiores se pueden perder).
<b>VT</b>	Se ve completamente la última rama de la panoja; debe tenerse en cuenta que no es lo mismo que la floración masculina, la cual ocurre cuando comienza a derramarse el polen, ósea la antesis.
<b>R1</b>	Se puede visualizar los estambres en el 50 % de las plantas.
<b>R2</b>	Se observan los granos hinchados llenos de un fluido claro y el embrión.
<b>R3</b>	Entran en un estado lechoso, los granos están llenos de un fluido blanco lechoso.
<b>R4</b>	Estado pastoso, los granos están llenos de pasta blanca; el embrión tiene la mitad del ancho del grano.
<b>R5</b>	Estado de diente; la parte superior de los granos está llena de almidón sólido y si el genotipo del maíz es de tipo dentado, los granos son típicamente dentados; en una vista lateral del grano se nota una línea lechosa.
<b>R6</b>	Madurez fisiológica; en la base del grano se ve la capa oscura; la humedad del grano es cerca del 35 %.

## **4.3 Generación del rendimiento de maíz**

### **4.3.1 Biomasa**

El crecimiento del cultivo se obtiene de la acumulación de biomasa vegetal y el rendimiento en grano queda determinado por la manera en que el cultivo distribuye esa biomasa, la acumulación de la misma se debe principalmente al balance positivo del intercambio de carbono entre la planta y el ambiente, donde las pérdidas ocasionadas por la respiración son recompensadas a través de procesos fotosintéticos, por lo tanto, la acumulación de la biomasa del cultivo dependerá; la cantidad de radiación solar disponible, la capacidad del canopeo para interceptarla y de la eficiencia que el cultivo convierta la radiación capturada en biomasa vegetal (Andrade *et al.*, 2010).

### **4.3.2 Rendimiento y sus componentes**

El rendimiento en grano del cultivo de maíz se compone del número de granos producidos y del peso medio de los mismos. Tanto el número como el peso de los granos responden a los cambios que experimentan las condiciones de crecimiento del cultivo en los momentos del ciclo en que cada componente es determinado. De los dos componentes, el número de granos maduros está estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento del maíz a campo (Andrade *et al.*, 2010). La cantidad de estructuras florales diferenciadas, potencialmente viables para dar granos maduros, no es el principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Cayzac *et al.*, 2016).

#### **4.3.2.1 Número de granos**

El número de granos cosechables en el cultivo, corresponde a las variaciones en la tasa de crecimiento que experimenta el cultivo durante el periodo crítico, comportamiento que se relaciona con el estado fisiológico de las plantas individuales en el cultivo alrededor de la floración. Dicho estado se refleja en su tasa de crecimiento, y la capacidad para determinar los granos durante esa etapa crítica (Eyhéabide, 2015).

Los granos más susceptibles al aborto son los más jóvenes, por otro lado, los estigmas correspondientes a los óvulos apicales son los últimos en emerger, lo cual ocasiona su fertilización tardía y baja, lo que apunta a que el aborto de los granos de la espiga se relacione con una situación de competencia por asimilados (Eyhéabide, 2015).

#### **4.3.2.2 *Peso del grano***

El peso del grano resulta de la duración de su periodo de llenado y de la tasa de acumulación de la materia seca. Se determina posteriormente a la fecundación, donde la espiga completa su alargamiento y queda determinado el número de granos cosechables; así mismo, queda determinado el tamaño potencial del grano y su tasa de llenado (Eyhérbide, 2015).

#### **4.3.2.3 *Índice de cosecha (IC)***

El índice de cosecha en cultivos de grano se define formalmente como el porcentaje de biomasa aérea que entra en la porción de los granos de la planta, sin considerar la biomasa de las raíces. El índice de cosecha es una medida de la eficiencia de las plantas en la producción de semillas. Es decir, es la relación entre el rendimiento de grano y la biomasa aérea total. Aunque se considera que el IC es bastante constante dentro de los cultivares en ausencia de restricciones ambientales (Satorre *et al.*, 2012), existe una amplia evidencia de que en muchos cultivos anuales, el IC se reduce por diferentes tipos de estrés ambiental que afectan la producción de biomasa. (Ferreeres y Soriano, 2007; Hall y Sadras 2009).

### **4.4 Cultivos de cobertura**

Los cultivos de cobertura han sido usados desde los principios del siglo XX, los agricultores han utilizado CC para mejorar la fertilidad del suelo, además, proveen materia orgánica al suelo, previenen la erosión del mismo y suprimen los arvenses (Reynoso, 2016). Por otro lado, para implementar un CC se debe conocer la región y zona en que se encuentren para así saber que cultivos funcionarán mejor.

En el Ecuador existe gran cantidad de suelo degradado, problemática que se suma la falta de investigación en técnicas de conservación del suelo, en contraste, en Centroamérica, México y Brasil se ha reconocido el uso y los beneficios de los CC proporcionando buenos resultados, que aporta a la conservación y rehabilitación de los suelos, mejoramiento en los niveles y circulación del agua, impedimento del desarrollo de arvenses, aportación de nitratos al suelo y la contribución a mejorar la estructura del suelo (Ochoa y Oyarzum, 2008).

#### 4.4.1 Especies usadas en CC en maíz

Existen varias especies las cuales pueden ser usadas como CC pero, no todas tienen la misma acción sobre el suelo a continuación se caracterizará las más usadas.

- Leguminosas: Son plantas que comúnmente son utilizadas como CC, entre ellas destacan; vicia (*Vicia spp.*), trébol (*Trifolium spp.*), y fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*), por su capacidad fijadora de nitrógeno del medio ambiente y al mismo tiempo reciclar el nitrógeno que va a ser disponible en el suelo, estos cultivos tienen la capacidad para aumentar la fertilidad y calidad del suelo y por ende el rendimiento de los cultivos (Pierre, 2019).

Estas especies tienen la capacidad de asociarse con *Rhizobium* las cuales son bacterias nitrificantes, es decir, son capaces de capturar nitrógeno atmosférico y ponerlo en disposición de la planta, para optimizar la fertilidad del suelo (Pierre, 2019).

- Gramíneas: Las gramíneas también son utilizados como CC entre ellos; centeno (*Secale cereales L.*), avena (*Avena sativa L.*), cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*), triticale (*Triticosecale*) y ray Grass (*Lolium multiflorum*) (Dial, 2013).

Las gramíneas son capaces de producir una gran cantidad de biomasa, que sirven para optimizar a los suelos que se encuentran en un estado crítico por pérdida de nutrientes, además, al ser agregados al suelo incrementan el contenido de materia orgánica disponible para las plantas, por otro lado, evitan la aparición de arvenses (Dial, 2013).

- Mezclas: la mezcla de distintos CC puede ser beneficiosa para el suelo y el cultivo ya que benefician y generan ciertas ventajas, entre las cuales tenemos; mayor resistencia a plagas y enfermedades, mejor cobertura del suelo y mejor enraizamiento en diferentes capas del suelo.

Es recomendable utilizar especies de diferente familia (gramínea y leguminosa), pueden ser anuales o perennes, para obtener mayor diversidad. Por otro lado, el uso de las mezclas puede mejorar y balancear la relación C/N y la velocidad de descomposición de manera que se genera una mayor cantidad de biomasa (García *et al.*, 2006).

#### 4.4.2 Efectos de CC sobre propiedades del suelo, agua, aporte de nitrógeno

Los cultivos de CC fomentan el desarrollo de la flora y fauna, aumentando la biodiversidad del suelo, de igual forma, disminuyen los riesgos de inundaciones lo que mejora la infiltración y reduce la escorrentía del suelo (Altieri, 1999). Por otro lado, los CC mejoran la retención de nutrientes, pero no todas las variedades de cobertura son similares, por ejemplo, las leguminosas

pueden aportar una gran cantidad de nitrógeno en el suelo, reduciendo la necesidad de utilizar fertilizantes nitrogenados para el cultivo, y todo esto puede ser posible con un correcto manejo (Vargas, 2017).

Otro ejemplo que proporciona las gramíneas, es que dejan abundantes residuos vegetales, los que ocasionan una alta relación carbono/nitrógeno, lo que hace una descomposición más lenta y una mejor regulación de la temperatura y agua del suelo, además brinda una protección al suelo (Vargas, 2017).

#### **4.4.3 Efecto de CC sobre los arvenses**

Los efectos de los CC se muestran sobre la emergencia de arvenses, tanto durante su periodo de crecimiento como cuando sus residuos son dejados en la superficie, debido a que limita la germinación de las semillas de algunos arvenses debido a su efecto sobre la disminución receptiva de la luz y amplitud térmica (Vanzolini, Galantini, 2013).

#### **4.5 Arvenses en maíz**

El control de arvenses en los cultivos es muy importante en la producción agrícola. Según Castro *et al.*, (2012) las arvenses constituyen un factor biótico desfavorable en el cultivo de maíz, debido a la competencia que ocasionan en el ciclo del cultivo, durante los 30 primeros días de desarrollo del cultivo los arvenses ocasionan plantas cloróticas, de poco vigor y altura, todo esto genera una reducción en el rendimiento del cultivo pudiendo alcanzar el 25 % de afección al cultivo.

De igual manera, las pérdidas se incrementan severamente, cuando los periodos de competencia interespecífica se alargan, o cuando las arvenses emergen antes que el maíz o existe una sobre población de arvenses, esto puede alcanzar a un pico muy alto de competencia, y puede afectar de manera indirecta, provocando que las arvenses funcionen como hospederos para plagas y enfermedades.

#### **4.6 Periodo crítico de interferencia de arvenses en el cultivo de maíz**

Cuando se realiza el establecimiento y siembra del cultivo de maíz se busca una germinación y emergencia óptima para el desarrollo y crecimiento del cultivo. Blanco et al., (2014) señala, el periodo de competencia o periodo crítico del cultivo es importante debido a que puede causar afecciones irreversibles en el mismo, el periodo crítico oscila entre los 24 – 40 días post emergencia, donde el cultivo entra en una etapa de competencia interespecífica con las arvenses, y demanda mayor atención desde el punto de vista fitotécnico.

Por otro lado, Vaz *et al.*, (2015) manifiesta que el periodo crítico en el cultivo de maíz transcurre en los 28 – 45 días post emergencia, dado que en dichas fechas el cultivo presenta competencia por nutrientes y espacio, pero estas fechas podrían variar dependiendo el ciclo del cultivo.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la provincia de Loja, sector La Argelia, quintas experimentales de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en las coordenadas geográficas 4°01'53.0" S 79°12'00.3" O, a una altura de 2060 m.s.n.m., clima templado frío, lluvias irregulares y, parcialmente nublado (Weather Spark, 2020). La temperatura media mínima es de 9° C, la media máxima 21° y rara vez alcanza más de 23°, la precipitación es muy variada, donde a los inicios del año el promedio de lluvia es de 116 mm, los meses de menor precipitación se da entre julio-septiembre con una media total de 9 mm (Weather Spark, 2020).

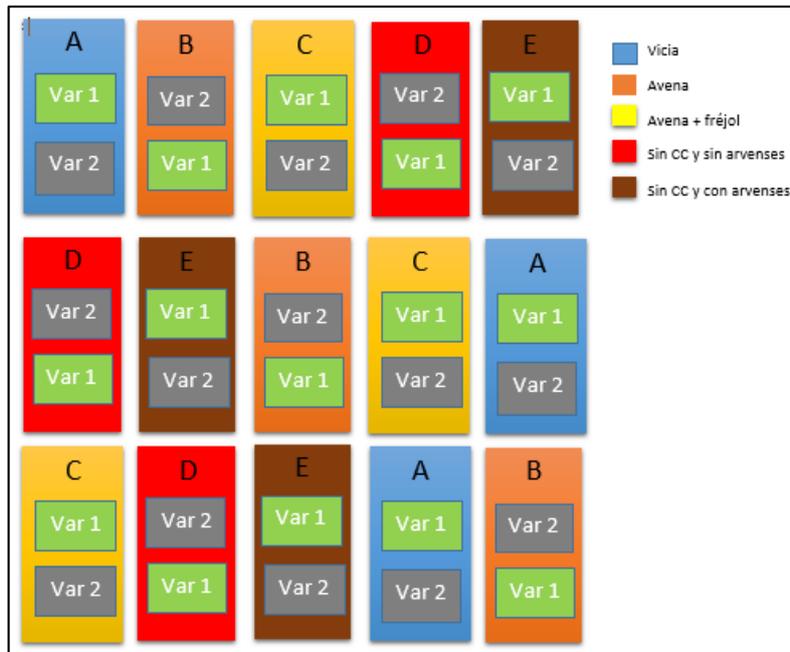
### 5.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el trabajo, fue de parcelas divididas con arreglo bifactorial, donde se evaluó el efecto de los cultivos de cobertura y el genotipo sobre las propiedades del suelo, la incidencia de arvenses y el rendimiento del cultivo de maíz (Figura 1).

Se estableció un ensayo de campo, el cual estuvo compuesto por diez tratamientos con tres repeticiones cada uno (Tabla 2). Los tratamientos estuvieron constituidos por la combinación de dos genotipos de maíz blanco INIAP 101 y 103, y el establecimiento de cultivos de cobertura antes de la siembra con vicia, avena, fréjol + avena, un control libre de arvenses y control sin manejo de arvenses.

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos.

Variedad	Tratamiento	Genotipo	Cultivo de Cobertura
(Var 1)	1	INIAP 101	Vicia (A)
	2	INIAP 101	Avena (B)
	3	INIAP 101	Fréjol + avena (C)
	4	INIAP 101	Sin CC Libre de arvenses (D)
	5	INIAP 101	Sin CC con arvenses (E)
(Var 2)	6	INIAP 103	Vicia (A)
	7	INIAP 103	Avena (B)
	8	INIAP 103	Fréjol + avena (C)
	9	INIAP 103	Sin CC Libre de arvenses (D)
	10	INIAP 103	Sin CC con arvenses (E)



**Figura 1.** Esquema del Diseño experimental.

### 5.3 Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los cobertores y los genotipos de maíz sobre las variables respuesta se realizó un análisis de varianza. En el caso de encontrar efectos significativos de los factores, se procedió hacer un test de separación de medias usando la prueba de Tukey (95 %). Las variables respuesta también fueron sometidas a análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson ( $P = 0,05$ ). Los análisis se realizaron con el software Infostat.

### 5.4 Metodología para el primer objetivo

*“Determinar el efecto de los cultivos de cobertura en la disponibilidad de macronutrientes, micronutrientes, densidad aparente y pH del suelo en la provincia de Loja sector La Argelia”*

#### 5.4.1 Análisis del suelo

Previo al establecimiento de los cultivos de cobertura se realizó un análisis del suelo, se recogieron 4 submuestras en zigzag, a una profundidad de 0.2 m, estas se secaron y homogeneizaron, después se tomó 1 kg como muestra final. De la misma manera este análisis se realizó después del experimento con el objeto de evaluar el efecto de los tratamientos de los cobertores, considerando la parcela control y los sembrados bajo el sistema de cobertura. Tanto el análisis inicial como los análisis finales fueron enviados al laboratorio de aguas y suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) estación del Austro para su análisis.

#### **5.4.2 Establecimiento de los cultivos de cobertura**

Las unidades experimentales correspondieron a las subparcelas, las cuales tuvieron una dimensión de 2.8 x 2.5 m. Previo a la siembra de los cultivos de cobertura se procedió a la preparación del suelo, realizando una labranza mínima. La avena fue sembrada a chorro continuo en hileras separadas a 0.17 m, mientras que la vicia fue sembrada en hileras separadas a 0.35 m. En el tratamiento de mezcla Avena + Fréjol, se sembró en un sistema intercultivo, alternando hileras simples de fréjol y dobles de avena.

Antes de que los cultivos de cobertura lleguen a floración se realizó un virado mecánico de los cultivos de cobertura mediante rodillo, dejando las parcelas en barbecho por 20 días antes de la siembra del cultivo de maíz (Acciaresi *et al.*, 2016). Solamente el cultivo de cobertura de vicia se sembró en intercultivo con maíz, en la misma fecha de siembra.

#### **5.4.3 Establecimiento del cultivo de maíz**

Transcurrido 20 días desde el virado de los CC, se sembró los dos genotipos de maíz (INIAP 101 e INIAP 103) en cinco hileras separadas a 0.7 m y con distancia entre planta de 0.2 m, depositando una semilla por sitio en una densidad de 71428.6 plantas ha<sup>-1</sup>; además, se realizó un plan de fertilización de acuerdo a las necesidades nutricionales del cultivo, basadas en el análisis del suelo inicial. Aplicando un 10 % en la etapa de pre-siembra, un 20 % en la etapa V2, un 30 % en la etapa V6 y un 40 % en la etapa VT.

### **5.5 Metodología para el segundo objetivo**

*“Calcular el efecto de los cultivos de cobertura sobre la emergencia de arvenses en la provincia de Loja sector La Argelia”*

#### **5.5.1 Identificación de arvenses**

Al final del experimento se realizó un cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup> entre en las hileras centrales de cada unidad experimental se tomó las arvenses y se identificaron las especies agrupándolas por mono y dicotiledóneas.

#### **5.5.2 Diversidad de arvenses**

Para calcular la diversidad de arvenses en cada (UE) unidad experimental en cosecha, también se muestreó en un cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup> y se calculó el índice de diversidad de Simpson.

$$D=(\sum n(n-1))/(N(N-1))$$

**Donde:**

**n** = el número total de arvenses de una especie en particular.

**N** = el número total de arvenses de todas las especies.

El valor de D oscila entre 0 y 1: Si el valor de D es 0, significa diversidad infinita. Mientras que si el valor es 1 se indica que no hay diversidad.

### **5.5.3 Biomasa de arvenses**

En cosecha, en un cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup> de cada UE se secaron las arvenses en estufa a 48 h y 60 °C para obtener el peso seco.

### **5.5.4 Cobertura de arvenses**

Cada 15 días se midió en porcentaje (%) de cobertura del área foliar de las arvenses mediante la aplicación Canopeo como en un estudio previo de Vanzolini y Galantini (2013).

### **5.5.5 Biomasa de los CC**

Al momento del virado de los CC se muestreó en cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup> y se determinó la biomasa seca de los CC, en estufa a 48 h. y 60 °C.

## **5.6 Metodología para el tercer objetivo**

*“Evaluar el efecto de los cultivos de cobertura en el rendimiento del cultivo de maíz en la provincia de Loja sector La Argelia”*

### **5.6.1 Rendimiento del grano**

El rendimiento se midió en madurez fisiológica, de cinco plantas de las hileras centrales se calculó el rendimiento mediante el producto del número de granos por m<sup>-2</sup> y el peso promedio del grano.

### **5.6.2 Número de granos y mazorca**

Se contó el número de granos por planta, mazorca y por hilera de cada unidad experimental, también se contó el número de mazorcas, estas mediciones fueron realizadas en cinco plantas de las hileras centrales cuando llegaron a madurez fisiológica.

### **5.6.3 Peso de grano**

En madurez fisiológica de cinco plantas de cada UE se secó los granos en estufa a 60 °C por 48 horas, y se determinó el peso promedio y el peso de 100 granos.

### **5.6.4 Biomasa del cultivo de maíz**

En madurez fisiológica se cosechó cinco plantas de las hileras centrales las cuales fueron separadas los granos del resto de la planta. La biomasa aérea y los granos fueron secados a 60 grados por 48 horas en estufa.

### **5.6.5 Índice de cosecha (IC)**

En cosecha, se determinó el rendimiento en  $\text{gm}^{-2}$  de cada unidad experimental y luego se dividió para la biomasa total de la superficie cosechada ( $\text{gm}^{-2}$ ).

### **5.6.6 Índice de área foliar (IAF)**

El índice de área foliar se registró en cuatro estados fenológicos V6, VT, R1 y R5. Se seleccionó tres plantas por unidad experimental y se realizó mediciones con una cinta métrica, 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.

### **5.6.7 Altura de planta**

Se etiquetó tres plantas de las hileras centrales por parcela, cada 15 días se registró la altura desde la base hasta el primer nudo apical del tallo.

### **5.6.8 Fenología de planta**

Quincenalmente se registró la fenología de cultivos de maíz, para ello, se tomó como referencia la escala fenológica de Lafitte, que señala que cuando el 50 % de las plantas de cada parcela cambien de estado serán registradas las etapas fenológicas.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 Análisis del suelo y densidad aparente**

El análisis de suelo mostró que todos los tratamientos aumentaron los contenidos de macronutrientes como: N, P y K, siendo la avena + fréjol el cobertor que mayor aumento mostró, sin embargo, la vicia y el sin CC y sin arvenses, mostraron los niveles más bajos de N y K, aunque cabe resaltar, que estos valores son superiores a los mostrados en el análisis inicial. En el caso de los micronutrientes, el Ca, Mg, Zn, Cu y Fe el tratamiento que mayor aumento mostró fue la mezcla de avena y fréjol (T3), sin embargo, este mismo tratamiento manifestó una disminución en el Mn; no obstante, este mismo elemento no expresó aumentos bajo ningún tratamiento. En el pH, todos los tratamientos aumentaron los niveles de pH, la única consideración a resaltar es el caso del sin CC y con arvenses que no vario su nivel de pH, por otro lado, la MO aumentó sus niveles en todos los tratamientos, siendo el más efectiva avena + fréjol (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis del suelo, comparación del análisis inicial con el análisis final del ensayo.

COD.	pH	N	R	P	R	K	R	Ca	R	Mg	R	Zn	R	Cu	R	Fe	R	Mn	R	Da	MO	R
				ppm		meq/100ml				ppm						g/cm <sup>3</sup>	%					
<b>Análisis Inicial</b>	5.62	0.07 (%)	<b>B</b>	25.8	<b>A</b>	<b>0.18</b>	<b>B</b>	<b>2.71</b>	<b>M</b>	<b>0.72</b>	<b>M</b>	1.6	<b>B</b>	3.06	<b>M</b>	281.1	<b>A</b>	13.39	<b>M</b>	1.4	1.34	<b>B</b>
<b>T 1</b>	6.1	5.75 (ppm)	<b>B</b>	117	<b>A</b>	<b>0.41</b>	<b>A</b>	<b>9.76</b>	<b>A</b>	<b>1.25</b>	<b>M</b>	4.4	<b>M</b>	8.4	<b>M</b>	397	<b>A</b>	4.9	<b>B</b>	1.16	3.3	<b>M</b>
<b>T 2</b>	5.9	6.68 (ppm)	<b>B</b>	197	<b>A</b>	<b>0.86</b>	<b>A</b>	<b>9.31</b>	<b>A</b>	<b>1.27</b>	<b>M</b>	5.1	<b>M</b>	9	<b>M</b>	443	<b>A</b>	9.7	<b>M</b>	1.15	3.95	<b>M</b>
<b>T 3</b>	5.9	101 (ppm)	<b>A</b>	111	<b>A</b>	<b>0.43</b>	<b>A</b>	<b>9.40</b>	<b>A</b>	<b>1.25</b>	<b>M</b>	4	<b>B</b>	8.2	<b>M</b>	390	<b>A</b>	5	<b>B</b>	1.15	2.94	<b>B</b>
<b>T 4</b>	6	11 (ppm)	<b>B</b>	135	<b>A</b>	<b>0.38</b>	<b>M</b>	<b>10.5</b>	<b>A</b>	<b>1.30</b>	<b>M</b>	4.1	<b>M</b>	8.4	<b>M</b>	373	<b>A</b>	4.5	<b>B</b>	1.19	3.57	<b>M</b>
<b>T 5</b>	5.6	8.62 (ppm)	<b>B</b>	126	<b>A</b>	<b>0.44</b>	<b>A</b>	<b>10</b>	<b>A</b>	<b>1.39</b>	<b>M</b>	4.2	<b>M</b>	9	<b>M</b>	394	<b>A</b>	5.3	<b>M</b>	1.16	2.67	<b>B</b>

Rango (R): Alto (A), Medio (M), Bajo (B).

Fuente: INIAP del Austro, 2021

## 6.2 Diversidad de arvenses

En la tabla 4, se muestra la diversidad de arvenses en el sitio del ensayo, los tratamientos 4, 5, 9 y 10, donde no se utilizó CC, los valores de diversidad de arvenses son bajos, esto nos indica que los CC no influyen en la diversidad de arvenses.

**Tabla 4.** Índice de diversidad de arvenses

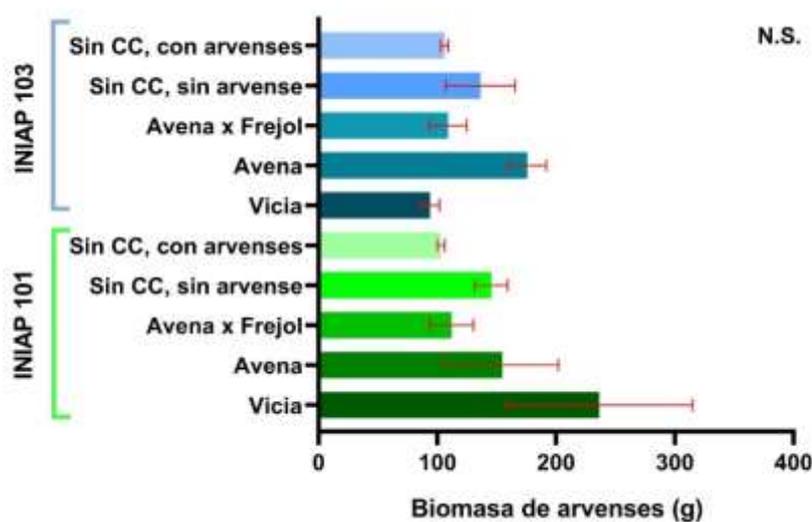
	Índice de Diversidad	D
INIAP 101 (Var 1)	T1	0.9900
	T2	0.9947
	T3	0.9958
	T4	0.9979
	T5	0.9982
INIAP 103 (Var 2)	T6	0.998
	T7	0.9949
	T8	0.9974
	T9	0.9977
	T10	0.9980

\*Cuanto más se acerca el valor de D a 1, menor es la diversidad de arvenses.

\*Cuanto más se acerca el valor de D a 0, mayor es la diversidad de arvenses.

## 6.3 Biomasa de arvenses, porcentaje de cobertura de CC

En lo que respecta a la biomasa de las arvenses (Figura 2), el T1 tuvo una mayor biomasa alcanzando los 235 g aunque, esta diferencia no llegó a ser estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).



**Figura 2.** Biomasa de arvenses de los 10 tratamientos

En cuanto al porcentaje (%) de cobertura (Figura 3), no se evidenció diferencias significativas a los 59 y 66 días después de la siembra (DDS), no obstante, a los 52 y 73 DDS si existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

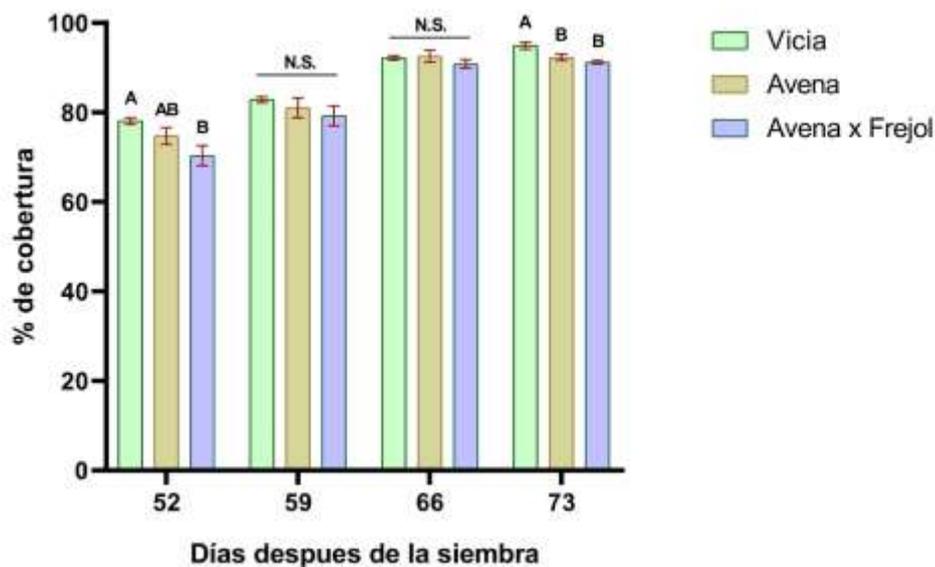


Figura 3. Porcentaje de cobertura de arvenses

#### 6.4 Componentes del rendimiento; número de granos y mazorca, peso del grano y biomasa del cultivo de maíz

En lo que compete al rendimiento, no existieron diferencias en la interacción cobertor\*variedad; no obstante, hubo diferencias significativas solo con respecto a la variedad ( $P < 0.05$ ), es así que la variedad INIAP 103, alcanzó las 18 t ha<sup>-1</sup>, y la variedad INIAP 101 presentó rendimientos inferiores a 13 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4).

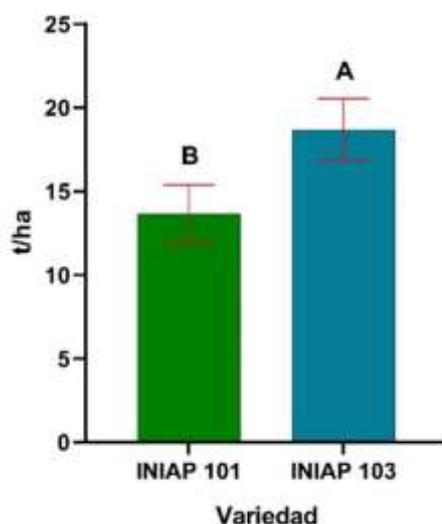
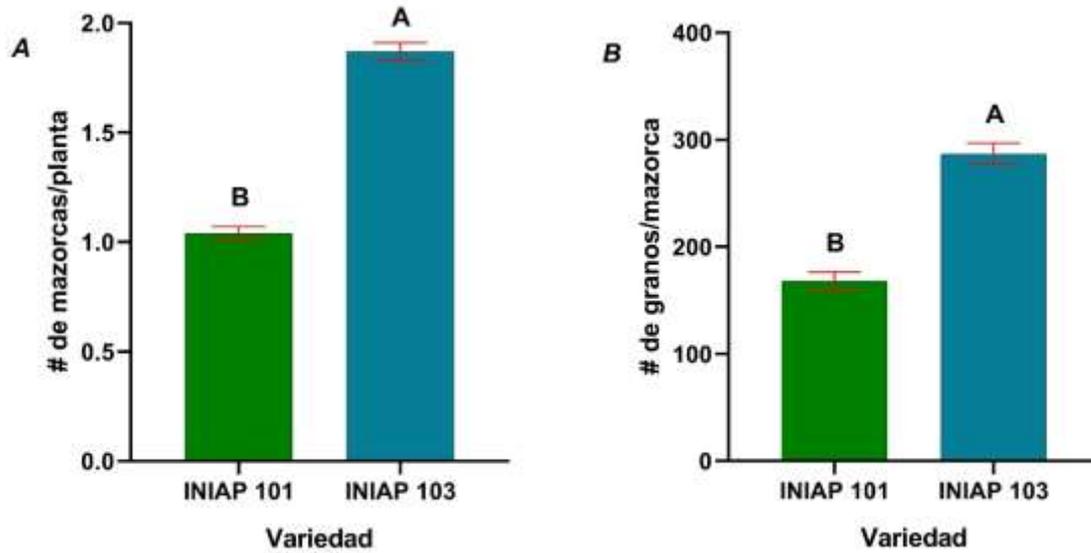


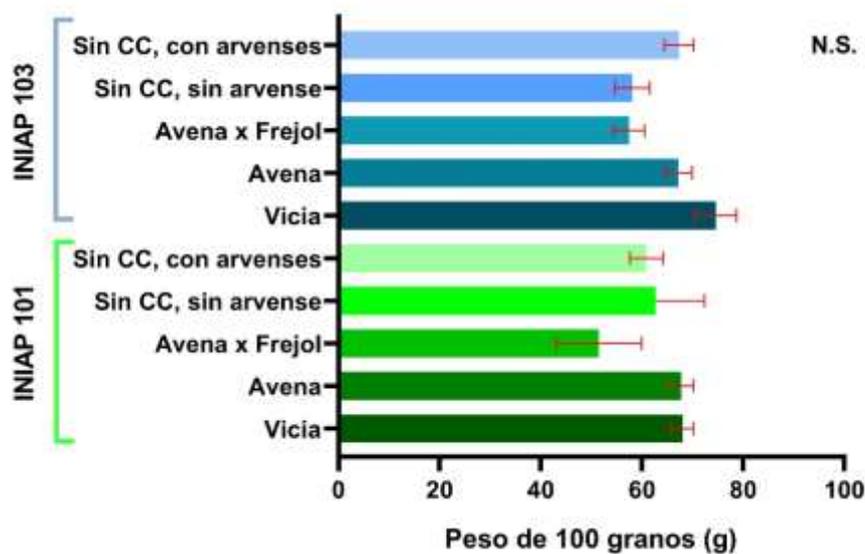
Figura 4. Rendimiento del grano de dos variedades de maíz; variedad 1 (INIAP 101) y variedad 2 (INIAP 103).

En lo que respecta a los componentes del rendimiento (Figura 5); en el número de mazorcas/planta se encontró diferencias significativas en cuanto a la variedad ( $P < 0.05$ ), siendo la variedad 2 (INIAP 103) el valor más alto. Por otro lado, el número de granos/mazorca mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), con respecto a la variedad; siendo la variedad 2 la que mostró mayor número de granos/mazorca.



**Figura 5. A:** Número de mazorcas/planta y **B:** Número de granos/mazorca

En lo que compete al peso de 100 granos (Figura 6), no se encontró diferencias significativas, pues ningún tratamiento afectó significativamente al peso del grano ( $P > 0.05$ ).



**Figura 6.** Peso de 100 granos (g)

En lo que respecta a la Biomasa del cultivo de maíz (Figura 7), no hubo efecto de ningún tratamiento sobre la biomasa seca ( $P > 0.05$ ).

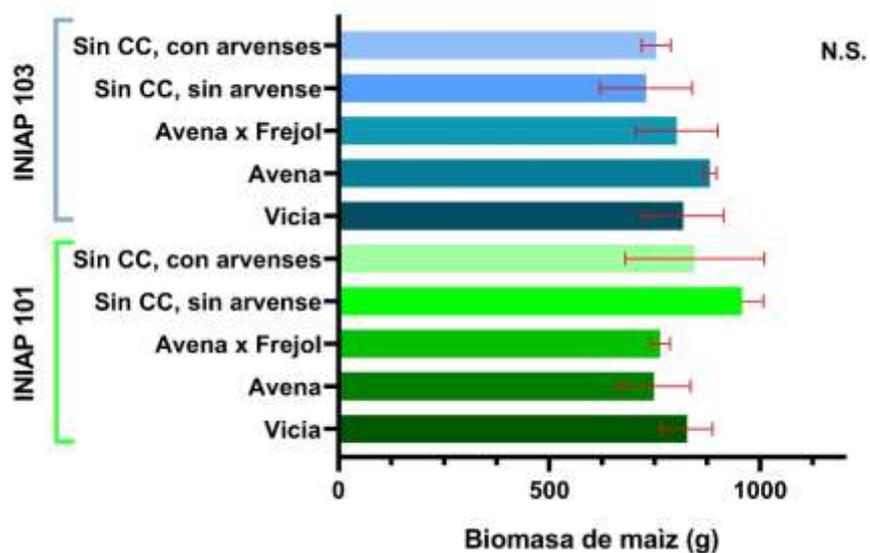


Figura 7. Biomasa del maíz en las dos variedades

### 6.5 Altura de la planta de maíz

Como se observa en la tabla 5, la altura de la planta solo se vio afectada por la interacción cobertor\*variedad a los 58 DDS ( $P < 0,05$ ).

Tabla 5. Altura promedio por tratamiento (cm).

Trat	Cobertor	Variedad	Días Después de la Siembra					
			21	43	58	83	98	110
1	Vicia	INIAP 101	10.00	63.87	115.27 A	225.73	272.13	272.13
2	Avena	INIAP 101	10.83	64.13	105.90 ABC	219.93	268.67	268.67
3	Avena + Fréjol	INIAP 101	12.28	67.33	107.60 ABC	220.40	272.53	272.53
4	Sin CC sin arvenses	INIAP 101	11.92	59.67	110.33 AB	220.53	280.07	280.07
5	Sin CC con arvenses	INIAP 101	9.29	58.87	110.50 AB	226.07	260.13	260.87
6	Vicia	INIAP 103	11.89	53.87	97.30 BCD	203.33	269.13	269.13
7	Avena	INIAP 103	11.73	56.60	95.00 BCD	196.27	259.73	259.73
8	Avena + Fréjol	INIAP 103	12.57	56.80	92.50 CD	188.20	244.40	244.40
9	Sin CC sin arvenses	INIAP 103	11.71	46.17	84.60 D	192.73	267.53	267.53
10	Sin CC con arvenses	INIAP 103	10.29	44.33	81.43 D	187.60	248.13	248.13

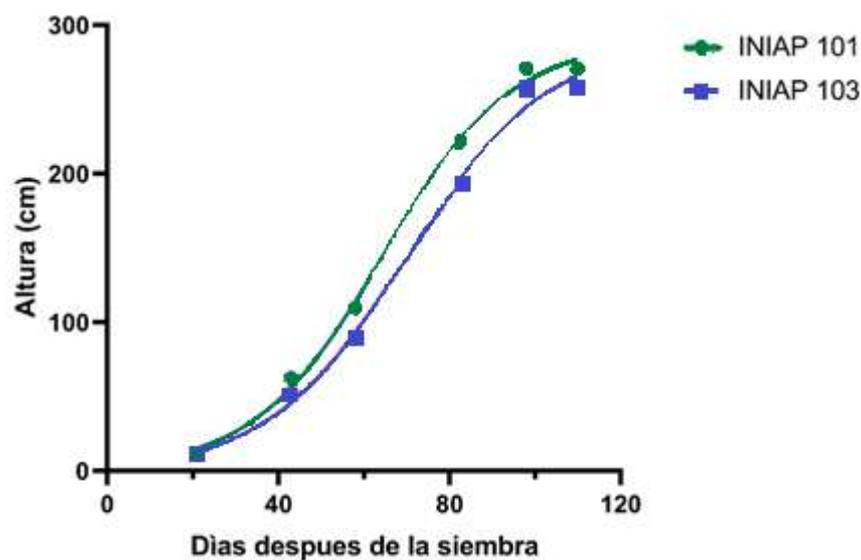
La tabla muestra los valores promedios de altura de la interacción cobertor\*variedad; letras iguales entre filas no representan diferencias significativas.

No obstante, al analizar los factores por separado, se determinó que el cobertor presentó un efecto independiente sobre la altura de la planta salvo a los 83 DDS (Tabla 6). Por otro lado, la variedad, influyó de manera directa en la altura de planta, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (Figura 9).

**Tabla 6.** Altura promedio del cultivo en (cm) influenciado por 5 tipos de cobertores.

Trat	Cobertor	Días después de la siembra					
		21	43	58	83	98	110
1	Vicia	10.95 BC	58.87 AB	106.28 A	214.53 N.S.	270.63 A	270.63 A
2	Avena	11.28 AB	60.37 A	100.46 AB	208.10 N.S.	264.20 AB	264.20 AB
3	Avena + Fréjol	12.43 A	62.07 A	100.05 AB	204.30 N.S.	258.47 AB	258.47 AB
4	Sin CC sin arvenses	11.81 AB	52.92 BC	97.47 B	206.63 N.S.	273.80 A	273.80 A
5	Sin CC con arvenses	9.79 C	51.60 C	95.97 B	206.83 N.S.	254.50 B	254.50 B

La tabla muestra los valores promedios de la variable cobertor sobre la altura; letras iguales en las columnas no representan diferencias significativas y N.S.: no significativo.



**Figura 8.** Dinámica de crecimiento por variedad.

Cabe señalar, que las dinámicas de crecimiento en las variables que influyeron de manera directa sobre la altura, siguen un mismo patrón de crecimiento sigmoideal (Figura 9). Además, se puede observar, la mayor altura en el tratamiento: Sin CC sin arvenses.

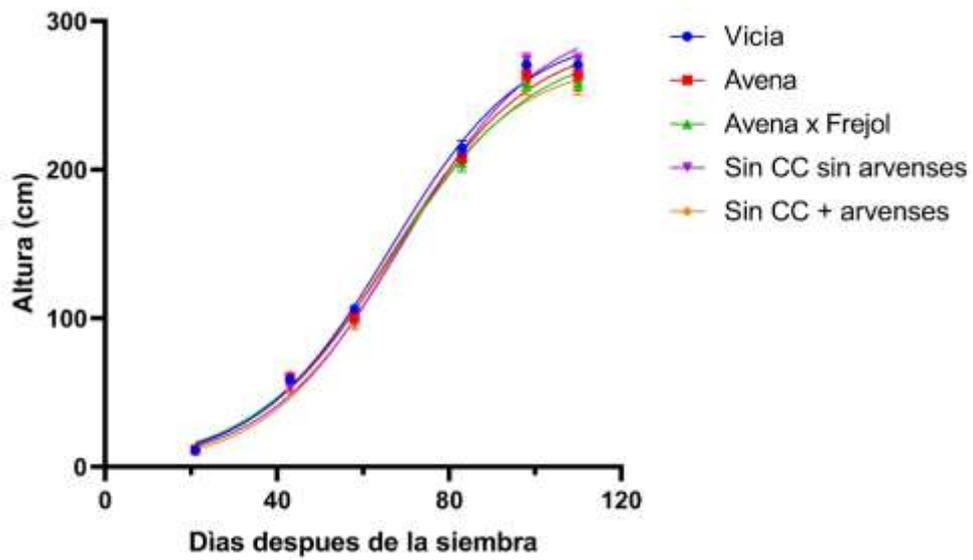


Figura 9. Dinámica de crecimiento influenciada por el cobertor.

## 6.6 Índice de cosecha (IC) e índice de área foliar (IAF)

En lo que corresponde al IC, la interacción del cobertor\*variedad presentó un efecto significativo ( $P < 0,05$ ), el T4 (Sin CC sin arvenses) mostró el mejor resultado (Tabla 7 y Figura 10); no obstante, las variedades presentaron un efecto independiente de manera directa sobre el IC ( $P < 0,05$ ) (Tabla 8).

**Tabla 7.** Promedio del IC.

Cobertor	Variedad	IC
Vicia	INIAP 101	11.85 <b>B</b>
Avena	INIAP 101	12.34 <b>B</b>
Avena + fréjol	INIAP 101	11.19 <b>B</b>
Sin CC sin arvenses	INIAP 101	12.31 <b>B</b>
Sin CC con arvenses	INIAP 101	10.45 <b>B</b>
Vicia	INIAP 103	29.01 <b>A</b>
Avena	INIAP 103	28.05 <b>A</b>
Avena + fréjol	INIAP 103	34.95 <b>A</b>
Sin CC sin arvenses	INIAP 103	29.44 <b>A</b>
Sin CC con arvenses	INIAP 103	30.81 <b>A</b>

La tabla muestra los valores promedios del IC de la interacción cobertor\*variedad. Letras iguales entre filas no representan diferencias significativas.

**Tabla 8.** Promedio del IC influenciada por la variable variedad.

Variedad	IC
INIAP 101	18.57 <b>B</b>
INIAP 103	23.51 <b>A</b>

La tabla muestra los valores promedios del IC por variedad. Letras iguales entre filas no representan diferencias significativas.

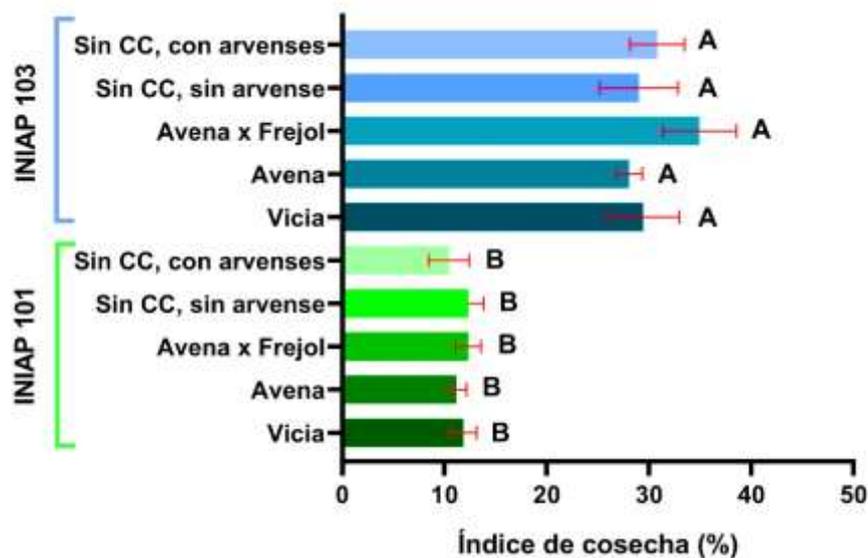


Figura 10. Índice de cosecha

En lo que se refiere a índice de área foliar (IAF), independientemente dos variables: cobertor y variedad afectaron de manera significativa ( $P < 0.05$ ) a los 91 DDS (Figura 11), siendo el T4 (Sin CC sin arvenses) con mejor resultado; no obstante, en los días 105 y 118 DDS los tratamientos no influenciaron el IAF del cultivo ( $P > 0.05$ ); sin embargo, la variable variedad afecto el IAF (Figura 12) en los 91, 105 y 118 DDS ( $P < 0.05$ ).

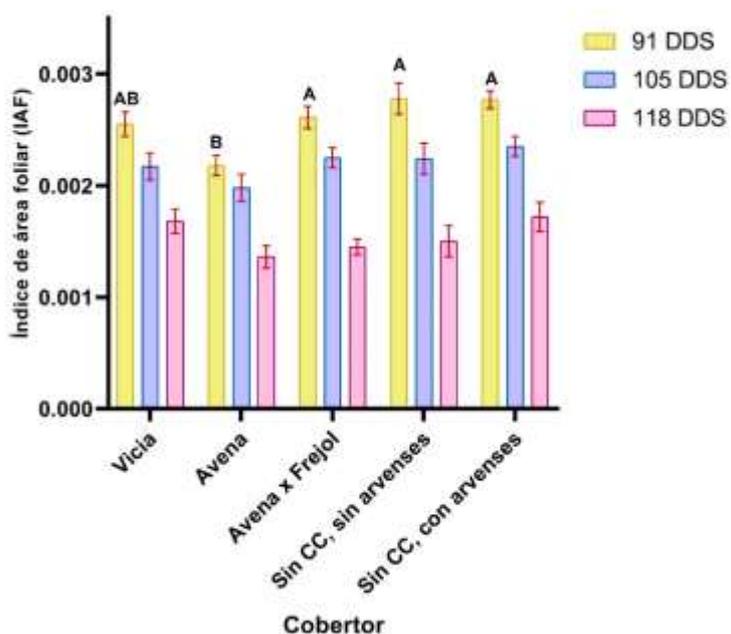
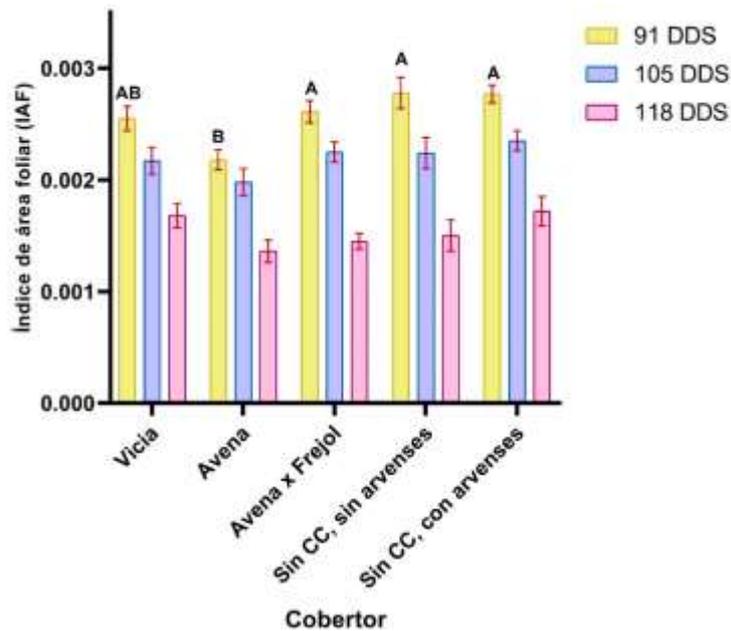


Figura 11. Índice de área foliar influenciada por el cobertor



**Figura 12.** Índice de área foliar según la variedad INIAP 103 (Var 2)

### 6.7 Correlaciones entre variables

En la tabla 9, se muestran las correlaciones entre variables del rendimiento, donde destacamos las siguientes; N°granos/mazorca\*Peso por mazorca (g), Peso por planta (g), Rendimiento/parcela (kg), Rendimiento kg/ha e IC, alcanzaron valores significativos ( $P < 0.05$ ), de igual manera, la correlaciones; Peso por mazorca (g)\*Peso por planta (g), Rendimiento/parcela (kg), Rendimiento kg/ha e IC, consiguieron valores significativos ( $P < 0.05$ ), el peso por planta (g)\*Rendimiento/parcela (kg), Rendimiento kg/ha e IC, obtuvo valores significativos ( $P < 0.05$ ); así mismo, el Rendimiento/parcela (kg)\* Rendimiento kg/ha e IC obtuvieron datos ( $P < 0.05$ ), finalmente la correlación Rendimiento kg/ha\*IC alcanzó datos significativos ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 9.** Correlaciones entre variables componentes del rendimiento.

<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>
<b>N° granos/mazorca</b>	Peso de 100 granos (g)	0.12 <b>N.S.</b>
	Peso por mazorca (g)	0.91 ***
	Peso por planta (g)	0.91 ***
	Rendimiento/parcela (kg)	0.91 ***
	Rendimiento kg/ha	0.91 ***
	Biomasa maíz	0.02 <b>N.S.</b>
	IC	0.89 ***
<b>Peso de 100 granos (g)</b>	Peso por mazorca (g)	0.50 <b>N.S.</b>
	Peso por planta (g)	0.34 <b>N.S.</b>
	Rendimiento/parcela (kg)	0.34 <b>N.S.</b>
	Rendimiento kg/ha	0.34 <b>N.S.</b>
	Biomasa maíz	0.17 <b>N.S.</b>
	IC	0.26 <b>N.S.</b>
<b>Peso por mazorca (g)</b>	Peso por planta (g)	0.94 ***
	Rendimiento/parcela (kg)	0.94 ***
	Rendimiento kg/ha	0.94 ***
	Biomasa maíz	0.09 <b>N.S.</b>
	IC	0.088 ***
<b>Peso por planta (g)</b>	Rendimiento/parcela (kg)	1.00 ***
	Rendimiento kg/ha	1.00 ***
	Biomasa maíz	-0.01 <b>N.S.</b>
	IC	0.95 ***
<b>Rendimiento/parcela (kg)</b>	Rendimiento kg/ha	1.00 ***
	Biomasa maíz	-0.01 <b>N.S.</b>
	IC	0.95 ***
<b>Rendimiento kg/ha</b>	Biomasa maíz	-0.01 <b>N.S.</b>
	IC	0.95 ***
<b>Biomasa maíz</b>	IC	-0.28 <b>N.S.</b>

Correlaciones de los componentes del rendimiento; \*\*\*= significativas ( $P < 0.05$ ) y NS= No significativas ( $P > 0.05$ )

## 7. DISCUSIÓN

A los 208 días después del tratamiento (DDT) se evidenció, el índice de diversidad de arvenses, en el que no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), esto puede deberse al número de especies arvenses que se encuentren por unidad de superficie de suelo ( $0.5 \text{ m}^2$  en este estudio), estas consideraciones son abordadas por Barrera *et al.*, (2019), quien encontró 11 especies por unidad de superficie en su estudio; apoyamos este argumento pues en la presente investigación se encontraron de 2 a 6 especies por unidad de superficie.

En consecuencia, la biomasa de las arvenses tampoco presentó diferencias significativas bajo ninguno de los tratamientos. Podemos añadir que estos resultados son consistentes con los reportados por Mota *et al.*, (2011) y por Picapietra *et al.*, (2016) en estudios donde se midieron materia seca de arvenses, obteniendo rangos de 192 a 300 g (en este estudio se obtuvieron rangos de 100 a 250 g). Estos resultados pueden deberse a que, en un cultivo con cobertor, la presencia de este en el suelo limita la emergencia de las arvenses así como su desarrollo (T1, T2, T3, T6, T7 y T8); no obstante, en un cultivo donde no existe cobertores y las arvenses crecen libres, estas se autorregulan por la competencia de nutrientes, espacio en el suelo y espacio aéreo (Storkey *et al.*, 2010).

Dentro de este marco, el porcentaje de cobertura en la presente investigación, mostró diferencias significativas en cuanto a los cultivos destinados a cobertor, siendo Vicia el cultivo que alcanzó el mayor porcentaje de cobertura. Por consiguiente y con base en lo expuesto anteriormente, los cultivos de cobertor, juegan un papel importante a la hora de determinar la presencia de arvenses sobre el suelo, además, la presencia de arvenses es influenciada por la cantidad de cobertura vegetal en el suelo (Sánchez *et al.*, 2010 y Storkey *et al.*, 2010).

En lo que respecta al cultivo de maíz, no se encontraron diferencias significativas bajo ninguno de los diez tratamientos esto en la altura de la planta, no obstante, se puede apreciar que a los 58 DDS la altura máxima corresponde a la interacción del CC: Vicia y la variedad INIAP 101.

No obstante, salvo por la altura a los 58 DDS, la altura entre variedades no presentó diferencias estadísticas, esto puede deberse a las alturas propias de las variedades, ya que la menor altura corresponde a la variedad INIAP 103 que presentó los rangos más cortos de altura. INIAP (2013), asegura que la variedad Mishqui Sara (INIAP 103), presenta alturas superiores a 250 cm, además, otros estudios reportan alturas cercanas a 285 cm (Guzmán, 2017) que respaldan los rangos de altura de esta investigación.

En adición, la altura promedio de la variedad INIAP 101 fue ligeramente mayor a INIAP 103, el CC influyó ligeramente en la altura de las plantas, es de esta manera que las plantas de maíz sembradas sin CC y sin arvenses y las sembradas con CC de vicia presentaron las mayores alturas promedio.

En el primer caso, al no existir plantas arvenses, las cantidades de N disponible para la planta se distribuyeron de mejor manera sobre todas las plantas que, sumado a un correcto plan de fertilización, expresan de mejor manera las características de su variedad, aumentando su altura y biomasa final (Torres, 2002).

Para el segundo caso abordamos lo expuesto por Paredes (2013), que afirma: las leguminosas (en este caso vicia) aportan con la fijación de N asimilable al suelo, es de esta manera que al mantener un bajo número de especies arvenses, la competencia por este elemento será reducida y existirá una mayor cantidad de N disponible para la planta, a esto se suma los aportes de este elemento por el plan de fertilización, todo esto se tradujo en una mayor absorción de N por la planta, que se traduce en un aumento de la altura y biomasa (Torres, 2002).

En cuanto a las dinámicas del crecimiento tanto las descritas por la influencia del CC y de la variedad; describen una curva sigmoideal, teniendo su punto más alto a los 98 DDS, luego del cual la altura se estabiliza y se mantiene constante, esta dinámica describe los crecimientos típicos de plantas cuyas mayores elongaciones se describen en la fase vegetativa y culminan en la fase reproductiva (Martínez y Cayón, 2011 y Campos *et al.*, 2016).

Dentro de lo que respecta al rendimiento y a sus componentes, a los 250 DDS, ya con el peso del maíz seco, se obtuvieron diferencias significativas en cuanto al rendimiento en tonelada por hectárea, siendo la variedad INIAP 103 la que alcanzó los valores más altos (Figura 4), Estos resultados son comparables a los obtenidos por INIAP (2013), donde obtuvieron rangos de 13800 a 18000 kg ha<sup>-1</sup>, en este estudio se obtuvieron alrededor de 16000 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, podemos añadir que el rendimiento de INIAP 101 es ligeramente mayor a los obtenidos en otros estudios donde alcanza los 9800 kg ha<sup>-1</sup>, en el presente, se obtuvieron 260 sacos ha<sup>-1</sup> (Moreno, 2013).

Estos resultados pueden deberse a diferentes factores, uno de ellos es la altitud a la que se adaptan de mejor manera y, la altitud a la que fueron sembrados, esto tomando en cuenta que el sitio de cultivo presenta una altitud de 2160 msnm (INAMHI, 2020), y el rango al que se adapta INIAP 101 es 2400 a 3000 msnm, no obstante, al contar con un buen plan de fertilización se logró obtener un rendimiento favorable (Moreno, 2013). Por otro lado, la variedad INIAP

103 tolera un rango de 1750 a 2650 msnm, por consecuencia y sumado al plan de fertilización se obtuvo un rendimiento que se encuentra acorde a otros estudios de la misma variedad, demostrando que las condiciones en las que se establecen los cultivos y los métodos de nutrición juegan un papel importante en su desarrollo y rendimiento final (INIAP, 2013 a.)

Estos resultados son concordantes a los componentes del rendimiento, estos son peso de 100 granos, donde no se encontraron diferencias significativas bajo ninguno de los tratamientos y número de granos por mazorca y número de mazorcas por planta donde la variedad INIAP 103 presentó los valores más altos, la interacción de estos factores muestra que el número de granos juega un papel importante a la hora de determinar el incremento del rendimiento, ya que este es el factor más fácil de modificar al liberar una variedad de maíz; apoyamos estas consideraciones pues INIAP 103 presenta mayor cantidad de granos por mazorca que INIAP 101 (INIAP, 2013; Moreno, 2013 y YARA, 2018).

Por otro lado, la biomasa seca de maíz, no presentó diferencias significativas bajo ningún tratamiento, esto es comparable a resultados obtenidos por otros autores donde la biomasa se mantuvo constante entre sus variedades, respaldamos estos resultados ya que los resultados determinan que no existe un rango diferenciado entre la variación de las biomásas, además, estas se relacionan a los resultados de la altura de la planta, según la variedad, pues no llega a ser estadísticamente diferentes y la acumulación de biomasa es constante y proporcional a la altura final de la planta (Hernández y Soto, 2012).

Las consideraciones anteriores son relevantes al analizar el índice de cosecha, pues se determinó que la variedad 2 influyó en dicha variable, pues los valores más altos se encuentran bajo los tratamientos con INIAP 103: respaldamos este resultado con base en los datos descritos hasta el momento, ya que el rendimiento fue mayor en INIAP 103, sumado a la biomasa constante entre los diez tratamientos nos permite inferir, que el índice de cosecha es la proporción de granos sobre el total de materia seca que se produce por el cultivo y que INIAP 103 destinó más recursos al rendimiento final (Hernández y Soto, 2012; Arias, 2012).

Este índice de cosecha es respaldado por el índice de área foliar, ya que INIAP 103 presentó un mayor IAF, este aumento en el IAF, se traduce en una mayor intersección de radiación lumínica y un mayor aprovechamiento de la misma, este aspecto aumenta la tasa de fotosíntesis neta, trayendo consigo mayor producción de recursos que la planta empleará en producción de biomasa, almacenamiento de nutrientes y rendimiento y por consiguiente un aumento en el IC del cultivo (Garay y Cruz, 2015).

Luego de culminado la fase de campo, se tomó muestras de suelo para determinar el impacto de los cobertores sobre las condiciones físicas y químicas del suelo, de esta manera se pudo apreciar que el tratamiento de avena + fréjol aumentó el contenido de N en el suelo hasta un rango alto, no obstante, los otros tratamientos no muestran un cambio en el rango de este elemento

Salvo el caso anterior, se puede apreciar que los cobertores no muestran un aumento del contenido de elementos en el suelo, esto es aceptado pues el periodo en el que se desarrolló la presente investigación no es suficiente para observar un cambio contundente en las condiciones físicas y químicas del suelo, sino que se necesitan de varias campañas para observar cambios notorios en dichas propiedades (Scopel *et al.*, 2005).

Los aumentos en los rangos de los elementos puede deberse a que las concentraciones de los elementos en el suelo son muy variables, la variabilidad de los valores del pH y otros elementos en el suelo son apoyados por Sánchez *et al.*, (2003), indicando, que estos valores varían en cada uno de los momentos de evaluación por el contenido de sales, actividad biológica del suelo y épocas secas o de invierno, no obstante, el rango de pH es el adecuado para la alta asimilación de macronutrientes disponibles en el suelo (Rosas, 2018). Y los elementos que más se aprovecharon fueron aquellos que se suministraron al suelo por medio de las campañas de aplicación de fertilizantes descritas en el plan de fertilización.

## 8. CONCLUSIONES

- El tratamiento de avena + fréjol presentó resultados favorables para el suelo y el cultivo, mostrando un aumento adecuado en el pH del suelo para la asimilación de nutrientes, mientras que, la densidad aparente se redujo, lo que indica mejor aireación, porosidad y compactación del suelo.
- La presente investigación no evidenció un índice de diversidad, ni elevadas emergencias de arvenses debido a que el porcentaje de cobertura de los CC fue adecuado, además la cantidad de arvenses encontradas por cada área de estudio fue de 2 a 6 lo cual no es representativo.
- Los CC no influenciaron en el rendimiento del cultivo de maíz, sin embargo, se obtuvo un mejor rendimiento en la variedad INIAP 103 obteniendo mayor número de mazorcas/planta y número granos/mazorca, no obstante, la variedad INIAP 101 alcanzó una mejor altura a diferencia de la variedad INIAP 103.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda continuar la investigación con nuevas especies de cultivos de cobertura, en donde se aplique mayor tiempo de investigación.
- Se recomienda la utilización de la variedad INIAP 103 en futuras investigaciones dado que mostró rendimientos óptimos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi H., Buratovich M., Cena M., Picapietra G., Restovich S. (2016). Cultivos de cobertura y su relación con la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y la materia aérea de malezas. RTA, 10 (30): 45 - 48.
- Andrade F., Abbate P., Otegui M., Cirilo A., Cerrudo A. (2010). Ecophysiological bases for crop management. The Americas Journal of Plant Science Biotechnology, 4: 23 - 34.
- Arias L. (2012). Silo de maíz: híbridos y análisis de costos. INTA Ediciones, 1(488): 1-6
- ARPRO. (2018). Medición de la densidad aparente. Recuperado en: <https://www.arpro.com/contentassets/804544a447ce4c1888e0d885c327a3b0/arpro-instrucciones-de-medicion-de-la-densidad-aparente-es.pdf>
- Barrera M., Cervera G., Peña L., Cobas A., Peña M., Barquié O. (2019). Población de arvenses en suelos tratados con diferentes técnicas de manejo en caña de azúcar. Centro Agrícola, 46 (3): 76 - 85.
- Blanco Y., Leyva Á., Castro, Í. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). INCA Ediciones, 35(3): 62-69 pp.
- Castro J., Portillo J., Cruz, J. (2012). Manejo y control de malezas en maíz. AgroSíntesis. 30 pp.
- Cayzac J., Loza A. (2016). Análisis de rendimientos de los diferentes híbridos de maíz a distintas densidades y fechas de siembra en la región semiárida pampeana. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Santa Rosa, Argentina: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. 36 pp.
- Dial H. (2013). Plant guide for sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Natural Resources Conservation Service, USDA.
- Eyhérbide H. (2015). Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 300 pp.
- Faustos M. (2018). La producción de maíz en el 2019 será de 1,3 millones de toneladas. Recuperado de: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/produccion-maiz-agricultores-ministerio->

guayas.html#:~:text=Para%20el%202019%2C%20la%20proyecci%C3%B3n,cereal%2C%20pero%20todav%C3%ADa%20es%20deficitario

- Fereres E., Soriano M. (2007). Riego deficitario para reducir el uso de agua agrícola. *Revista de botánica experimental*, 58 (2): 147 - 159
- Garay J., Cruz J. (2015). El cultivo de maíz en San Luis. INTA Ediciones, 188: 50 - 96.
- García S., Naranjo J., Herencia A., Daza C., Santamaría L., Ruíz J. (2004). RAEA - Agricultura Ecológica: promoción del uso de cubiertas vegetales en cultivos leñosos. *SEAE*, 1 (98): 1 – 8
- Grahmann K., Quincke A., Barolín E., Ciganda V. (2020). Cultivos de cobertura: reducción de la erosión y aportes a la nutrición del suelo. *INIA*, 60: 71-74.
- Guzmán D. (2017). Etapas fenológicas del maíz (*Zea mays* L.) var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Tesis pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato. 68 pp.
- Hall A., Sadras V. (2009). Applications for genetic Improvement and agronomy. Academic Press. Elsevier, Amsterdam. 581 pp.
- Hernández N., Soto F. (2012). Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales: Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor*, var. Isiap Dorado), 33(2): 50-54.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2020). Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2013). Iniap 103 - Mishqui sara. 1-2-
- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura). (2017). La Conductividad Eléctrica Del Suelo En El Desarrollo De Los Cultivos. Serie Suelos, 26.
- LabProcess. (2015). Cómo medir el pH del suelo. Recuperado de <https://www.labprocess.es/blog/como-medir-el-ph-del-suelo>
- Lafitte R. (1994). Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo. México.

- Martínez A. Cayón D. (2011). Dynamics of Growth and Development of Banana (*Musa AAA Simmonds* cvs. Gran Enano and Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2): 6055-6064.
- Moreno F. (2013). Maíz INIAP 101 "Blanco harinoso precoz". *Estación Experimental Santa Catalina*, 1(156): 1-10
- Mota V., Santos L., Alonso J., Santos J., Machado V., Santos M., Leite G. (2011). Producción de biomasa herbácea en el establecimiento de un sistema de integración agricultura-ganadería-bosque con dos variantes para el control de malezas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(3): 1-8.
- Ochoa M., Oyarzun P. (2008). Cover crops do it all. *LEISA-LEUSDEN*, 24(2): 14.
- Osipitan O., Dille J., Assefa Y., Knezevic S. (2018). Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*, 110(6): 2211-2221.
- Paliwal R. (2018). Origen, evolución y difusión del maíz. Recuperado en: <http://www.fao.org/3/x7650s/x7650s03.htm>
- Paredes M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Tesis de Ingeniero en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina. 115 pp.
- Pascal A. (2003). Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize). Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, 11(27): 11-27.
- Petit S., Boursault A., Le Guilloux M., Munier-Jolain N., Reboud X. (2011). Weeds in agricultural landscapes. *Agronomy for sustainable development*, 31(2): 309-317.
- Picapedra G., Buratovich M., Acciaresi H., Cena M. (2016). Controlando malezas con malezas: Relación biomasa aérea y cobertura relativa en malezas de barbecho. *Protección Vegetal*, 10(32): 7-10.
- Pierre L. (2019). Efecto de dos coberturas vegetales en el desarrollo y rendimiento del cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo*) cv. Belleza negra. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca. 72 pp.
- Reynoso V. (2016). Cultivos de cobertura. Asociación de consumidores orgánicos. 18 pp.

- Rosas G. (2018). Cambios en el pH del suelo y su relación con el uso eficiente de nutrientes en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Doctorado en Ciencias Agrarias.
- Saavedra G., González M. (2014). El Cultivo de Maíz: Choclero y dulce. Santiago, Chile. INIA, 303.
- Sánchez C., Menezes de Souza Z., Eiji E., Salomão de Freitas N. (2010). Mulching and its effects on soil properties and production of irrigated beans. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2): 41-50.
- Sánchez R., Palma D., Obrador J., López U. (2003). Efectos de los rastrojos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo vertisol y rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tabasco, México. *Interciencia*, 28 (7): 404-407.
- Satorre E., Benech Arnold R., Slafer G., De la Fuente E., Miralles D., Otegui M., Savin R. (2012). *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. 785 pp.
- Scopel E., Findeling A., Guerra E., Corbeels M. (2005). Impacto de los sistemas de cultivo basados en mantillo de siembra directa sobre el carbono del suelo, la erosión del suelo y el rendimiento del maíz. *Agronomía para el desarrollo sostenible*, 25 (4): 425-432.
- Storkey J., Stephen R., Cussans J. (2010). Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Science*, 58(1): 39-46.
- Teasdale J. (2016). Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. Recuperado en: <https://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0d.htm>
- Torres M. (2002). fertilización nitrogenada del cultivo de Maíz. INTA Pergamino. 1-4 pp.
- Vanzolini J., Galantini J. (2013). *Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana: Cultivos de Cobertura*. INTA Ediciones. 233-246.
- Vargas S. (2017). *Los cultivos de cobertura y su efecto sobre la microbiota del suelo*. INTA Ediciones.
- Vaz D., Leyva Á. (2015). The critical period of arvenses competition with the crop of corn (*Zea mays* L.) in Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 36(4): 14-20.
- Weather Spark. (2020). *Clima promedio en Loja durante todo el año*.

- Wiggins M., McClure M., Hayes R., Steckel L. (2015). Integrating cover crops and POST herbicides for glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in corn. *Weed Technology*, 29(3): 412-418.
- Wittwer R., Dorn B., Jossi W., Heijden M. (2017). Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. *Scientific reports*: 7(1), 1-12.
- Wortman S., Francis C., Lindquist J. (2012). Cover crop mixtures for the western Corn Belt: Opportunities for increased productivity and stability. *Agronomy Journal*, 104(3): 699-705.
- YARA. (2018). Cómo aumentar el rendimiento del maíz. Recuperado en: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/maiz/como-aumentar-el-rendimiento-del-maiz/>

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de suelo inicial

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 5</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E20-0786  
 Fecha emisión Informe: 14/08/2020

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Edwin Villavicencio

Dirección<sup>1</sup>: Zalapa Alto

Provincia<sup>1</sup>: Loja

Cantón<sup>1</sup>: Loja

Teléfono<sup>1</sup>: 0989792189

Correo Electrónico<sup>1</sup>: edwincito626@hotmail.es

N° Orden de Trabajo: 11-2020-205

N° Factura/Documento: 012-001-0654

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo <sup>1</sup> : Quinua	
Provincia <sup>1</sup> : Loja	Coordenadas <sup>1</sup> : X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Loja	Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Punzara	Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Edwin Villavicencio	
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 07-08-2020	Fecha de inicio de análisis: 11-08-2020
Fecha de recepción de la muestra: 11-08-2020	Fecha de finalización de análisis: 14-08-2020

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0877	Quintas Argelia	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	5,62
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,34
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,07
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	25,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,18
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,71
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,72
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	281,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,39
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,06
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<3,0	<0,15	<10,0	<0,20	<2,0	<0,5	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	5,0 - 15,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0
ALTO	>5,0	>0,30	>20,0	>0,38	>5,0	>1,5	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

  
**Q. A. Luis Cacuango**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
 TUMBACO - ECUADOR



  
 19 AGO 2020

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

# Anexo 2. Análisis de suelo final



**INIAP**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y PISCICULTIVAS

**ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Guilaico www@iniap.gob.ec  
Atuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería,  
Acuicultura y Pesca

## INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre : GALO CUENCA LOPEZ	Nombre : LOJA	Nombre : GALO CUENCA LOPEZ	Nombre : LOJA
Dirección : LOJA	Provincia : LOJA	Provincia : LOJA	Provincia : LOJA
Ciudad : N/E	Ubicación : N/E	Ubicación : N/E	Ubicación : N/E
Teléfono : TESISTA	Correo-e : N/E	Longitud:	

Nº Laborat.	Identificación del Lote	ppm			meq/100ml			ppm			meq/100ml			mg/K			(Ca+Mg)/K		
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Σ Bases	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K					
6798	MUESTRA A	5.71 B	117.00 A	0.41 A	9.76 A	1.25 M	4.4 M	8.4 M	397.0 A	4.9 B	11.42	7.81 M	3.05 M	26.85 M					
6799	MUESTRA B	6.68 B	197.00 A	0.86 A	9.31 A	1.27 M	5.1 M	9.0 M	443.0 A	9.7 M	11.44	7.33 M	1.48 B	12.30 B					
6800	MUESTRA C	101.00 A	111.00 A	0.43 A	9.40 A	1.25 M	4.0 B	8.2 M	390.0 A	5.0 B	11.08	7.52 M	2.91 M	24.77 M					
6801	MUESTRA D	11.00 B	135.00 A	0.38 M	10.50 A	1.30 M	4.1 M	8.4 M	373.0 A	4.5 B	12.18	8.08 A	3.42 M	31.05 M					
6802	MUESTRA E	8.62 B	126.00 A	0.44 A	10.00 A	1.39 M	4.2 M	9.0 M	394.0 A	5.3 M	11.83	7.19 M	3.16 M	25.89 M					

Interpretación	
N, P, K, Ca, Mg, S	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	M = Muy Acido
	A = Acido
	W = Muy Alcalino
	M = Medio Alcalino
	LAC = Alto Alcalino
	PN = Puro Neutro
	BC = Requiere Cal

Determinación	Metodología	Extractante
N, Ca, Mg	Colorimétrica	Alcalino
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	Modificado
pH	Potenciométrica	pH 8.5
S	Turbidimétrica	Suelto agua (1:2.5)
B	Colorimétrica	Fenolato de Ca
		Monobásico

Niveles Medios de Referencia									
N	20 - 40	Mg	1.0 - 3	Fe	20 - 40				
P	10 - 20	S	10 - 20	Mn	5 - 10				
K	0.2 - 0.4	Zn	4.0 - 8.0	B	0.5 - 1.0				
Ca	4 - 8	Cu	1.0 - 10.0	Cl					

**INIAP**  
GRANJA EXPERIMENTAL CHUQUIF  
Laboratorio de Suelos y Aguas

Fecha de Impresión: 16/08/2021 Página 1 de 2



**ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km 12 1/2 via El Descenso - BULLCAY - Guallaceo www@iniap.gob.ec  
 Azuay - Ecuador Telefax: (07) 2171161



**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : GALO CUENCA LOPEZ  
 Dirección : LOJA  
 Ciudad : LOJA  
 Teléfono : N/E  
 Técnico : TESISTA  
 Correo-e : N/E

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre :  
 Provincia : LOJA  
 Parroquia : LOJA  
 Ubicación : N/E  
 Latitud :  
 Longitud :

**DATOS DE LA MUESTRA**  
 Fecha Muestreo : 25/07/2021  
 Fecha Ingreso : 03/08/2021  
 Fecha Emisión : 13/08/2021  
 Cultivo Actual : N/E

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)		cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>			cm <sup>h</sup> gr/cm <sup>3</sup>			meq/100mL		dS/m		%			
		Arena	Limo	Arcilla	C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	At+H	AI	Na	C.E.	M.O.	M.S.	H.
6798	MUESTRA A								1.16					3.30	M		
6799	MUESTRA B								1.15					3.95	M		
6800	MUESTRA C								1.15					2.94	B		
6801	MUESTRA D								1.19					3.57	M		
6802	MUESTRA E								1.16					2.67	B		

**Interpretación**

Ad	LT	T	MS	M.O.
Ad = Adecuado	NS = No Salino	LS = Lq. Salino	S = Salino	B = Bajo
LT = Ligeram. Tóxico	MS = Muy Salino			M = Medio
T = Tóxico				A = Alto

**Abstracción**

C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.
C.C. = Saturación	Sat. = Saturación	P.M. = Punto de Marchitez	A.D. = Capacidad de Absorción	C.H. = Conductividad Hidráulica

**Abstracciones**

C.E.	M.O.	D.A.	CFN	M.S.	H.
C.E. = Conductividad Eléctrica	M.O. = Materia Orgánica	D.A. = Densidad Aparente	CFN = Nitrogeno Total	M.S. = Materia Seca	H. = Humedad

**Determinaciones**

M.O.	Actuales	Metodología	Extracción	Niveles de Referencia
Na	Extracción de pasta saturada	Agua	No Agua	Lip. Fosfo
C.E.	Extracción de pasta saturada	Agua	Agua	Al + H
NT	Spectrofotómetro	No Agua	No Agua	Al

**Niveles de Referencia**

Al + H	Al	Na	M.O.	Lip. Fosfo
0.51 - 1.50	0.31 - 1.00	0.50 - 1.00	3.10 - 5.00	

**INIAP**  
 ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIF.  
 Laboratorio de Suelos  
 Laboratorista

Responsable Laboratorio

NIE: No Entrega  
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Fecha de Impresión: 16/08/2021  
 Página 2 de 2

### Anexo 3. Plan de fertilización

Dosis recomendada de fertilizantes				
N	Sulfato de amonio	1651,6	Kg/Ha	Fraccionar: 50% en la V2 y el otro 50% en la etapa V12
P2O5	Súper fostafo triple	538,77	Kg/Ha	50% a la plantación del cultivo y el otro 50% en la etapa VT
K2O	Cloruro de K	353,57	Kg/Ha	Fraccionar: 50% en la V2 y el otro 50% en la etapa V7.
MgO	SO4Mg	663,24	Kg/Ha	Fraccionar: 50% en la V2 y el otro 50% en la etapa V7.
CaO	Ca			No aplicar, hay suficiente en el suelo
pH	5,62			Corregir pH (Carbonato de calcio)

### Anexo 4. Fotografías de fase de campo



**Figura 13.** Toma de muestras de suelo.



**Figura 14.** Porcentaje de cobertura de los CC.



**Figura 15.** Volteo del CC.



**Figura 16.** Medición de los componentes del rendimiento.

**Anexo 5.** Identificación de arvenses en el cultivo de maíz

	<b>Arveja</b>	<b>Lengua De Vaca</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>Ortiga</b>	<b>Lechoso</b>	<b>Shinran</b>	<b>Vicia Sativa</b>	<b>Cosa Cosa</b>	<b>Digitaria</b>	<b>Sacha Nabo</b>
T1	A1	2	5	1	2	2				
	A2				2		3			
	A3		3							
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
T2	B1		5	2						
	B2		1	1		1			7	
	B3		3	1		0				
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
T3	C1		3	2						
	C2		3							
	C3		4	1					2	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
T4	D1		1					1		
	D2		3		1				5	
	D3		2							
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
T5	E1		1		1	1				1
	E2									3
	E3									3
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
T6	A1		1				1	5		
	A2		1				0		1	1
	A3		3						2	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
T7	B1		4							

	B2		2							6	
	B3		4								
	<b>TOTAL</b>	0	10	0	0	0	0	0	0	6	0
	C1		1	1	1					5	
T8	C2		3								
	C3			5					1		
	<b>TOTAL</b>	0	4	6	1	0	0	0	1	5	0
	D1		3						1		
T9	D2		1	1		3					
	D3		3	2							
	<b>TOTAL</b>	0	7	3	0	3	0	0	1	0	0
	E1		1		2						3
T10	E2			1							4
	E3										3
	<b>TOTAL</b>		1	0	3	0	0	0	0	0	7

## Anexo 6. Certificación del Tribunal de Grado

### **CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“Efecto de cultivos de cobertura sobre las propiedades del suelo, la incidencia de arvenses y el rendimiento de dos variedades de maíz blanco”** de autoría del Sr. Galo Fernando Cuenca López, egresado de la carrera de Ingeniería Agronómica.

En tal virtud, nos permitimos certificar que, en el trabajo final consolidado de investigación, se ha incorporado las sugerencias efectuadas por los miembros del tribunal y está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se procede a la aprobación y calificación del trabajo de tesis, y se autoriza a continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 24 de marzo de 2022



Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay

**Mg. Sc. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay.**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ángel Rolando Robles Carrión

**PhD. Ángel Rolando Robles Carrión.**  
**VOCAL**



Luis Oswaldo Viteri Jumbo

**PhD. Luis Oswaldo Viteri Jumbo.**  
**VOCAL**

**Anexo 7.** Certificado de traducción del Abstract

Loja, 19 de abril de 2022

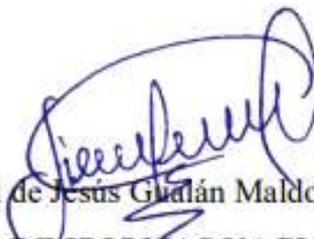
**A quien corresponda.**

Yo, Gabriel de Jesús Gualán Maldonado catedrático del idioma Inglés como Lengua Extranjera.

**Certifico:**

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: "EFECTO DE CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO, LA INCIDENCIA DE ARVENSES Y EL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ BLANCO", de autoría del estudiante Galo Fernando Cuenca López, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado, hacer uso del presente en lo que estime conveniente.



Gabriel de Jesús Gualán Maldonado

**MAGÍSTER EN PEDAGOGÍA DE IDIOMAS NACIONALES Y EXTRANJEROS  
MENCION INGLÉS  
C.I.: 0922821335**