



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS**  
**NATURALES Y DEL AMBIENTE**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**TEMA:**

**EVALUACION DE SISTEMAS DE MANEJO CON BASE A LA AGRICULTURA DE CONSERVACION PARA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTON GUARANDA, ECUADOR.**

**PROYECTO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR A TRAVES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**AUTORES:**

**BLADIMIR ALEXANDER CHICAIZA CHICAIZA**  
**GUISELA ESTEFANIA CURI GUTIERRES**

**DIRECTOR:**

**ING. AGR. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc**

**GUARANDA-ECUADOR**

**2020**

**EVALUACION DE SISTEMAS DE MANEJO CON BASE A LA  
AGRICULTURA DE CONSERVACION PARA ADAPTACION AL  
CAMBIO CLIMATICO EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTON  
GUARANDA, ECUADOR.**

**REVISADO Y APROBADO POR:**

---

**ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc.**

**DIRECTOR**

---

**ING. DAVID SILVA GARCIA Mg.**

**AREA DE BIOMETRIA**

---

**ING. NELSON MONAR GAVILANEZ M.Sc.**

**AREA DE REDACCIÓN TECNICA**

**CERTIFICACION DE AUTORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

Yo, Bladimir Chicaiza, con cédula de identidad número 1805049523 y Guisela Curi, con cédula de identidad número 0202412565, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

**BLADIMIR CHICAIZA CH.**

**AUTOR**

**CI: 1805049523**

**GUISELA CURI G.**

**AUTORA**

**CI: 0202412565**

**ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc.**

**DIRECTOR**

**CI: 1801358530**

**ING. NELSON MONAR GAVILANEZ M.Sc.**

**AREA DE REDACCION TECNICA**

**CI: 0201089836**





**DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION**  
**Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.**

**ESCRITURA N° 20200201004P00097**

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

**OTORGAN:**  
**BLADIMIR ALEXANDER CHICAIZA CHICAIZA**  
**Y**  
**GUISELA ESTEFANIA CURI GUTIERRES.**

**CUANTÍA: INDETERMINADA**  
**DI 2 COPIA**

En el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, a los veintitrés días del mes de enero del año dos mil veinte, ante mí **Doctora MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, los señores **BLADIMIR ALEXANDER CHICAIZA CHICAIZA** y **GUISELA ESTEFANIA CURI GUTIERRES**, de estado civil soltero y soltera, respectivamente, por sus propios y personales derechos. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianas, mayores de edad, de estados civil soltero y soltera respectivamente, de ocupación estudiantes, domiciliadas en la parroquia Chiquicha, cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua de paso por este cantón de Guaranda, y en la parroquia Chaves, cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con celular número cero nueve ocho tres seis nueve cuatro uno uno nueve; y, con correo electrónico [guisela.curi94@gmail.com](mailto:guisela.curi94@gmail.com), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a lo cual obtengo la certificaciones de datos biométricos del Registro Civil, mismos que agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinado que fue en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, advertidas las comparecientes de la obligación de decir la verdad y conocedoras de la penas de perjurio declaran: Nosotros, **BLADIMIR ALEXANDER CHICAIZA CHICAIZA** y **GUISELA ESTEFANIA CURI GUTIERRES**, de estado civil soltero y soltera, respectivamente, portadoras de las cédulas de ciudadanía números uno ocho cero cinco cero cuatro nueve cinco dos guion tres y cero dos cero dos cuatro uno dos cinco seis guion cinco, declaramos bajo juramento que Los criterios e ideas emitidos en el presente trabajo de investigación titulado **EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO CON BASE A LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, ECUADOR**. Autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingenieros Agrónomas, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica. Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se ratifican en todas sus partes y firman conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy fe .....

**SR. BLADIMIR ALEXANDER CHICAIZA CHICAIZA.**  
**C.C. 180504952-5**

**SRTA. GUISELA ESTEFANIA CURI GUTIERRES.**  
**C.C. 0202412565**



**DRA. MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION**  
**NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**



URKUND

Documento [Tesis Final 21 enero 2020.pdf \(D62783167\)](#)

Presentado 2020-01-21 14:46 (+05:00)

Presentado por [guiselacuri94@gmail.com](mailto:guiselacuri94@gmail.com)

Recibido [comar.ueb@analysis.urkund.com](mailto:comar.ueb@analysis.urkund.com)

Mensaje [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 86 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.



23-01-2020  
Prof. Carlos Yoncar B.  
De xetar

Lista de fuentes Bloques

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Categoría	Enlace/nombre de archivo	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="#">Tesis Final corregida J Rumiguano 31enero 2019.docx</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="#">CORRECCION Tesis Marcelo y Jhonny 26 cambios impresion.docx</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		URKUN.docx	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		URKUN.docx	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/bi...">http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/bi...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://www.quiminet.com/articulos/la-urea-y-sus-diversas-apli...">https://www.quiminet.com/articulos/la-urea-y-sus-diversas-apli...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20uso...">http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20uso...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://www.textoscientificos.com/quimica/urea">https://www.textoscientificos.com/quimica/urea</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://ambienteysaludciclodelnitrogeno.blogspot.com/2016/04/...">http://ambienteysaludciclodelnitrogeno.blogspot.com/2016/04/...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz">https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm">http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://es.slideshare.net/cristhianersonmontalvancorone/func...">https://es.slideshare.net/cristhianersonmontalvancorone/func...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://huertasurbanasdelareina.cl/ventajas-de-los-cultivos-de-c...">http://huertasurbanasdelareina.cl/ventajas-de-los-cultivos-de-c...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://www.researchgate.net/publication/273448784_Los_mai...">https://www.researchgate.net/publication/273448784_Los_mai...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="https://es.slideshare.net/jesusfroylangomezsepulveda/articulo...">https://es.slideshare.net/jesusfroylangomezsepulveda/articulo...</a>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<a href="http://agriculturers.com/formas-quimicas-absorcion-nitrogeno/">http://agriculturers.com/formas-quimicas-absorcion-nitrogeno/</a>	<input type="checkbox"/>

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación con mucho cariño y amor a Dios, mis padres (Ángel Curí y Vilma Gutiérrez), mis hermanos (Andrea y Henry) quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a esta etapa de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aún cuando todo se complicaba. Los amo!

**Guísela**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el eje de mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente en cada decisión que he tomado.

A mis queridos padres Patricio y Teresa por su constante apoyo en mi formación a lo largo de esta etapa de mi vida, sus consejos y buenos ejemplos fueron el pilar fundamental para mi formación.

A mis queridos hermanos Edison, Paul y Priscila quienes con su amor hacían que un “vamos tú puedes” eran las mejores palabras para tener esos ánimos reconfortantes para culminar este trabajo, espero que la vida les depare lo mejor.

A una persona muy especial desde que llegó a mi vida me ama, respeta, comprende y apoya para ser cada día un mejor ser humano, gracias a usted Jessenia Vargas por ser parte de mi vida. Le amo.

**Bladimir**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradecemos a Dios por su infinito amor, por habernos permitido culminar nuestra carrera profesional y ser nuestro guía en el transcurso de nuestra vida.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, y principalmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica, a sus autoridades por abrirnos las puertas y permitirnos ser parte de tan prestigiosa institución.

A nuestros padres por su amor, por habernos inculcado valores y ser la parte fundamental en nuestros logros. A nuestras familias quienes han sido nuestro soporte y nos han dado la fuerza para seguir adelante, guiándonos y apoyándonos para lograr la meta establecida.

A los Ings. David Silva García (Biometrista) y Nelson Monar Gavilánez (Área de Redacción Técnica), quienes con su apoyo y dedicación han hecho posible culminar con esta investigación.

De manera muy especial expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Ingeniero Carlos Monar Benavides (Director), por la manera tan desinteresada y eficaz, con que ha estado presente en cada momento de esta investigación siempre con sus consejos y ayuda técnica - científica muy acertada, gracias por toda la comprensión y estima que nos ha brindado.

# INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE CUADROS.....	XII
INDICE DE GRAFICOS.....	XIV
INDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
SUMMARY.....	XVIII
I. INTRODUCCION.....	1
II. PROBLEMA.....	3
III. MARCO TEORICO.....	5
3.1. SISTEMAS AGRICOLAS.....	5
3.1.1. Agricultura orgánica.....	5
3.1.2. Tradicional con labranza intensiva.....	6
3.1.3. Agricultura de precisión.....	7
3.1.4. Sistemas de producción pecuaria integrada con agricultura.....	8
3.1.5. Sistemas Agroforestales.....	8
3.1.6. Agricultura de conservación.....	9
3.1.7. Cobertura del suelo.....	12
3.1.8. Rotación de cultivos.....	15
3.1.9. El cambio climático.....	16
3.2. MAIZ.....	17
3.2.1. Origen.....	17
3.2.2. Descripción botánica.....	17
3.2.3. Ciclo vegetativo.....	19
3.2.4. Variedad de maíz INIAP-111 Guagal Mejorado.....	20
3.2.5. Tipo de suelo.....	21
3.2.6. Riego.....	22
3.2.7. Preparación del suelo.....	22
3.2.8. Siembra.....	23
3.2.9. Época de siembra.....	23
3.2.10. Densidad de siembra.....	23

3.2.11.	Fertilización química.....	24
3.2.12.	Control de malezas .....	26
3.2.13.	Plagas .....	28
3.2.14.	Enfermedades.....	29
3.2.15.	Cosecha .....	31
3.2.16.	Almacenamiento .....	32
3.3.	CARACTERISTICAS DEL SUELO .....	32
3.3.1.	Características químicas del suelo .....	32
3.3.2.	Características físicas del suelo.....	35
3.3.3.	Características biológicas del suelo .....	38
3.4.	NITROGENO (N) .....	40
3.4.1.	Origen.....	41
3.4.2.	Propiedades .....	41
3.4.3.	Ciclo del nitrógeno.....	42
3.4.4.	Fases del ciclo .....	43
3.4.5.	Formas del nitrógeno.....	46
3.4.6.	Fijación del nitrógeno en el suelo .....	46
3.4.7.	Pérdidas del nitrógeno.....	49
3.4.8.	El nitrógeno en la planta .....	50
3.4.9.	Formas de ser absorbido por la planta.....	51
3.4.10.	Fertilizantes nitrogenados .....	52
3.4.11.	Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados.....	56
3.4.12.	Contaminación por nitratos .....	56
3.4.13.	Las consecuencias de utilizar fertilizantes .....	58
3.4.14.	Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz .....	59
3.5.	RELACION CARBONO/NITROGENO (R C/N).....	60
3.5.1.	La relación Carbono/Nitrógeno.....	60
3.5.2.	Relación C/N en un suelo.....	61
3.6.	ANALISIS DE SUELOS .....	61
3.6.1.	Cómo tomar una muestra de suelo.....	62
3.7.	ANALISIS DE LA PLANTA .....	63
3.8.	BIOMASA.....	63

IV. MARCO METODOLOGICO .....	64
4.1. MATERIALES .....	64
4.1.1. Ubicación del ensayo .....	64
4.1.2. Situación geográfica y climática .....	65
4.1.3. Zona de Vida .....	65
4.1.4. Material experimental .....	65
4.1.5. Materiales de campo .....	66
4.1.6. Materiales de oficina .....	66
4.2. METODOS .....	67
4.2.1. Factor en estudio .....	67
4.2.2. Tipo de análisis .....	68
4.3. METODOS DE EVALUACION Y DATOS TOMADOS .....	69
4.3.1. Cultivo: Maíz .....	69
4.3.2. Cultivo: Trigo Duro Línea Promisoria A2. ....	73
4.3.3. Cultivo: Fréjol arbustivo variedad INIAP 480 Canario .....	76
4.4. MANEJO DEL ENSAYO .....	79
4.4.1. Análisis químico del suelo (Al inicio y al final del ensayo) .....	79
4.4.2. Preparación del suelo .....	80
4.4.3. Fertilización química .....	80
4.4.4. Siembra y tape .....	80
4.4.5. Rotación de los cultivos .....	81
4.4.6. Manejo de rastrojos o restos vegetales .....	81
4.4.7. Riego .....	81
4.4.8. Manejo de malezas, insectos plaga y enfermedades foliares .....	81
4.4.9. Cosecha de los cultivos (maíz, trigo y fréjol) .....	82
4.4.10. Secado .....	82
4.4.11. Aventado .....	82
4.4.12. Almacenamiento .....	82
V. RESULTADOS Y DISCUSION .....	83
5.1. Variables agronómicas de maíz .....	83
5.2. Variables agronómicas de fréjol variedad INIAP 480 Canario y trigo duro Línea A2 .....	88

5.3.	Variables químicas del suelo .....	91
5.4.	Coeficiente de Variación (CV).....	124
5.5.	Análisis de correlación y regresión lineal. ....	125
5.6.	Análisis económico. ....	126
VI.	COMPROBACION DE LA HIPOTESIS .....	130
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
7.1.	Conclusiones.....	131
7.2.	Recomendaciones .....	133
	BIBLIOGRAFIA.....	135
	ANEXOS	

## INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
<b>Cuadro 1.</b> Principales beneficios medioambientales de la Agricultura de Conservación (AC).....	10
<b>Cuadro 2.</b> Principales componentes del maíz INIAP 111. ....	20
<b>Cuadro 3.</b> Fertilización Química.....	24
<b>Cuadro 4.</b> Propiedades del Nitrógeno.....	41
<b>Cuadro 5.</b> Propiedades de la Urea.....	53
<b>Cuadro 6.</b> Solubilidad en agua de la urea. ....	54
<b>Cuadro 7.</b> Solubilidad en alcohol de la urea. ....	54
<b>Cuadro 8.</b> Procedimiento de cálculos. ....	79
<b>Cuadro 9.</b> Resultados estadísticos y prueba de Tukey al 5% para comprobar los promedios de tratamientos en las variables: Porcentaje de emergencia (PE); Altura de planta (AP); Diámetro del tallo (DT); Días a la floración masculina (DFM); Días a la floración femenina (DFF); Altura de inserción de la mazorca (AIM); Días a la cosecha en choclo (DCCH); Porcentaje de acame de raíz (PAR); Porcentaje de acame de tallo (PAT); Días a la cosecha en seco (DCS); Número de plantas por parcela (NPP); Número de plantas con mazorca (NPCM); Número de plantas sin mazorca (NPSM); Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM); Diámetro de la mazorca (DM); Longitud de mazorca (LM); Número de granos por mazorca (NGPM); Número de hileras por mazorca (NHMP); Porcentaje de desgrane (PD); Peso de 1000 granos secos (PMGS); Rendimiento de maíz en Kg/ Ha al 13% de humedad (RH) y Rendimiento de biomasa en Kg/ha (RB). Laguacoto, Guaranda. 2019.....	83
<b>Cuadro 10.</b> Resultados estadísticos promedios de <b>FREJOL</b> en las variables: Días a la emergencia (DE); Porcentaje de emergencia (PE); Días a la floración (DF); Altura de planta (AP); Número de vainas por planta (NVPP); Días a la cosecha en tierno (DCT); Días a la cosecha en seco (DCS); Longitud de la vaina (LV); Número de granos por vaina (NGPV); Peso de 100 semillas (PCS); Número de semillas por Kg (NSPKg); Rendimiento en Kg/ha al 13% de humedad (RH) y Rendimiento de Biomasa en kg/ha al 13% de humedad(RB). ....	88
<b>Cuadro 11.</b> Resultados iniciales ( <b>Antes del establecimiento del ensayo y a dos profundidades: 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm</b> ) de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los ocho tratamientos en las variables: pH; Nitrógeno (N), Fósforo (P); Azufre (S); Potasio (K); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Boro (B) y Materia Orgánica (MO). Laguacoto, Guaranda. 2019. ....	91
<b>Cuadro 12.</b> Resultados finales ( <b>Al final del ensayo y a dos profundidades: 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm</b> ) de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los ocho tratamientos en las variables: pH; Nitrógeno (N), Fósforo (P); Azufre	

(S); Potasio (K); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Boro (B) y Materia Orgánica (MO). Laguacoto, Guaranda. 2019. ....	94
<b>Cuadro 13.</b> Resultados de análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes agronómicos) que tuvieron una significancia estadística positiva o negativa con el rendimiento de maíz evaluado en kg/ha al 13% de humedad. Laguacoto, Guaranda. 2019.....	125
<b>Cuadro 14.</b> Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP).Cultivo maíz variedad INIAP 111 Guagal Mejorado. Laguacoto, Guaranda. 2019.....	127
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de dominancia. ....	128
<b>Cuadro 16.</b> Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR %) .....	128
<b>Cuadro 17.</b> Estimación de la Tasa Mínima de Retorno para la zona (TAMIR). .....	129

## INDICE DE GRAFICOS

Contenido	Página
<b>Figura 1.</b> Ciclo vegetativo del maíz. ....	19
<b>Figura 2.</b> Ciclo del Nitrógeno. ....	43
<b>Figura 3.</b> Resultados promedios de los tratamientos en las variables rendimiento de maíz y de biomasa en kg/ha al 13% de humedad. Laguacoto. 2019.....	87
<b>Figura 4.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable pH del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019. ....	97
<b>Figura 5.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable pH del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019. ....	98
<b>Figura 6.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable N en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	100
<b>Figura 7.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable N en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	101
<b>Figura 8.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable P en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	103
<b>Figura 9.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable P en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	104
<b>Figura 10.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable S en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	106
<b>Figura 11.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable S en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	107
<b>Figura 12.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable K en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	109
<b>Figura 13.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable K en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	111
<b>Figura 14.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	112

<b>Figura 15.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	114
<b>Figura 16.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Mg en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	115
<b>Figura 17.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	117
<b>Figura 18.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable B en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	118
<b>Figura 19.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable B en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	120
<b>Figura 20.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable MO en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.....	122
<b>Figura 21.</b> Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable MO en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.....	124

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo 1.** Ubicación Del Ensayo

**Anexo 2.** Bases Completas De Datos

**Anexo3.** Resultados De Los Análisis Químicos Completos De Suelos.

**Anexo 4.** Fotografías De La Instalación, Seguimiento y Evaluación Del Ensayo.

**Anexo 5.** Glosario De Términos.

**Anexo 6.** Precipitación Durante El Ciclo De Cultivo.

## RESUMEN Y SUMMARY

### RESUMEN

El cultivo de maíz tiene su gran importancia global por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria. En la sierra del Ecuador y por ende en la provincia Bolívar, constituye el principal componente del sistema de producción por su relación directa con los capitales natural, social, cultural, económico y ambiental. Sin embargo, debido al modelo de agricultura convencional con el uso irracional de maquinaria agrícola en condiciones de laderas, monocultivos intensivos, procesos de erosión genética, deterioro de la calidad del suelo y debido al cambio climático con la presencia de sequías, insectos plaga, enfermedades y malezas altamente nocivas, son factores que han puesto en alto riesgo la seguridad y soberanía alimentaria. Ante esta amenaza, es fundamental iniciar procesos de Agricultura de Conservación (AC), que contribuya a la sostenibilidad de la agricultura por los principios de remoción mínima del suelo, rotación de cultivos en función biológica y de mercado y el manejo de la biomasa. La provincia Bolívar es la mayor productora de maíz suave en el Ecuador con 38 000 ha, pero está amenazada por la agricultura convencional con alta dependencia de insumos externos. Esta investigación se realizó en la Granja Experimental Laguacoto III, misma que está a una altitud de 2640 m, con un tipo de suelo franco arcilloso y bajo contenido de materia orgánica. Este proceso de AC, se inició en el año 2016 y ésta investigación corresponde al año 2019. Los objetivos que se plantearon fueron: i) Evaluar el efecto de cinco alternativas tecnológicas para la producción de maíz suave INIAP - 111, ii) Medir el efecto de ocho alternativas tecnológicas sobre los principales indicadores de la química del suelo, iii) Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR) y iv) Seleccionar alternativas tecnológicas resilientes al cambio climático. Se evaluaron ocho tratamientos que incluyeron la agricultura convencional y de conservación, rotación de cultivos y el manejo de los restos vegetales. Se aplicó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey, análisis completos de la química de suelos antes y al final del ensayo a dos profundidades. Al finalizar el cuarto año de investigación, existieron diferencias significativas para los rendimientos del maíz variedad INIAP 111 y los cultivos de rotación como el trigo duro Línea A2 y el fréjol arbustivo INIAP 480. El contenido de Materia Orgánica (MO) en los tratamientos de AC se incrementó significativamente y por ende la calidad del suelo reflejada a través de los indicadores: relación C/N, fijación del C, biodiversidad de macro y microorganismos y la Capacidad de Intercambio Catiónico. En la tecnología convencional del agricultor (testigo) el pH tiende a volverse ácido y presentó el menor contenido de MO. Se determinaron diferencias significativas entre los contenidos de la química del suelo en las dos profundidades evaluadas. Finalmente esta investigación logró seleccionar y consolidar alternativas tecnológicas válidas para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción locales de maíz suave a través de los tres principios fundamentales de la AC como son la remoción mínima del suelo; manejo de los restos vegetales y la rotación de cultivos con trigo y el fréjol.

## SUMMARY

The maize cultivation is of great global importance for its contribution to food security and sovereignty. In the high lands of Ecuador and therefore in Bolívar province, it is the main component of the production system due to its direct relationship with natural, social, cultural, economic and environmental capitals. However, due to the conventional agriculture model with the irrational use of agricultural machinery under hillside conditions, intensive monocultures, genetic erosion processes, and deterioration in soil quality and due to climate change droughts, pest insects, diseases and highly harmful weeds are factors that have put food security and sovereignty at high risk. In view of this threat, it is essential to initiate Conservation Agriculture (CA) processes, which contribute to the sustainability of agriculture by the principles of minimal soil removal, rotation of crops in a biological and market function and the management of biomass. Bolívar province is the largest producer of soft maize in Ecuador with 38,000 ha, but is threatened by conventional agriculture with high dependence on external supplies. This research was carried out at the Laguacoto III Experimental Farm, which is at an altitude of 2640 m, with a type of clay franc soil and low organic matter content. This CA process began in 2016 and this research corresponds to 2019 year. The objectives set out were: (i) To evaluate the effect of five technological alternatives for the production of soft maize INIAP - 111, (ii) To measure the effect of eight technological alternatives on the main indicators of soil chemistry, (iii) Performing the Partial Budget Economic Analysis (AEPP) and calculate the Marginal Rate of Return (TMR) and (iv) Select technology alternatives that are resilient to climate change. Eight treatments were evaluated including conventional and conservation agriculture, crop rotation and plant remains management. An experimental design of Full Random Blocks was applied with three repetitions. Variance analyses, Tukey test, complete analysis of soil chemistry were performed before and at the end of the two depth test. At the end of the fourth year of research, there were significant differences in yields of INIAP - 111 variety maize and rotation crops such as Line A2 durum wheat and INIAP 480 shrub beans. The content of Organic Matter (OM) in CA treatments increased significantly and therefore the quality of the soil reflected through the indicators: C/N ratio, C fixation, macro and microorganism biodiversity and Cationic Exchange Capacity. In conventional farmer technology (Control) the pH tends to become acidic and presented the lowest OM content. Significant differences were determined between soil chemistry contents at the two depths evaluate. Finally, this research was able to select and consolidate valid technological alternatives to improve the sustainability of local soft maize production systems through the three fundamental principles of CA such as the minimal removal of the soil; management of plant remains and crop rotation with wheat and beans.

## I. INTRODUCCION

La Agricultura de Conservación (AC), es un sistema de cultivo que fomenta el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos, alteración mecánica mínima del suelo (es decir, cultivo sin laboreo) y la diversificación de especies vegetales. Potencia la biodiversidad y los procesos biológicos naturales por encima y por debajo de la superficie del suelo, lo que contribuye a 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, 2018*.

Se estima que la AC actualmente se práctica en alrededor de 125 millones de hectáreas en todo el mundo. El crecimiento de la AC ha sido el más rápido en América Latina, especialmente en Brasil, Argentina y Paraguay, donde la AC representa en la actualidad, casi dos tercios de las tierras de cultivo. Otros países en los que la AC es importante, son los EEUU, Canadá y Australia *Benites Jump & Bot, 2013*.

En el mundo se encuentran gran cantidad de sistemas de producción agrícola, tales como sistemas intensivos de cultivos, agricultura migratoria, agrosilvicultura y muchos otros. En la agricultura convencional el suelo es frecuentemente considerado sólo como un substrato que proporciona apoyo físico, agua y nutrientes a las plantas y se asume que los agricultores deben suplementar todas las necesidades de la planta, tales como nutrientes, protección y agua, con una alta dependencia de insumos externos de ese sistema: si un suelo es deficiente en algún nutriente, se aplican fertilizantes; si un suelo no almacena suficiente agua de lluvia, se proporciona riego; si un suelo se compacta demasiado y el agua no penetra, se usan implementos como el arado de cincel para provocar su apertura; si ocurre alguna enfermedad o plaga, se aplican pesticidas *FAO, 2002*.

Con la rotación y asociación de cultivos los pequeños, medianos y grandes agricultores pueden obtener una mayor diversificación de productos, reduciendo la erosión de los suelos y la contaminación del medio ambiente, para obtener una

mejor biodiversidad de microorganismos y plantas en los terrenos con la utilización de materia orgánica mediante la descomposición de los mismos restos de cosecha *Escandón, 2012*.

Los residuos de cosecha (biomasa) también forman una barrera física que reduce la velocidad del agua y del viento sobre la superficie del suelo, la última de las cuales reduce la evaporación. Los sistemas basados en la adición masiva de residuos de cultivos y en la no-labranza, tienden a acumular más carbono en el suelo, comparado con la pérdida que se produce hacia la atmósfera. Durante los primeros años de implementación de la AC el contenido de materia orgánica del suelo es incrementado mediante la descomposición de las raíces y la contribución de los residuos vegetales sobre la superficie. En el balance total, tiene lugar una fijación o secuestro del carbono. Esto convierte al suelo en un sumidero neto de carbono. Este podría tener resultados profundos en la lucha contra las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y así mitigar los impactos del calentamiento global *Reina Castro, 2017*.

La AC, es un reto y una oportunidad para la agricultura en el Ecuador. Iniciar la adopción y la práctica de la AC, puede componerse en una de las fuentes más importantes de la mejora y de la competitividad de la agricultura del país.

Se anticipa que el cambio climático cause impactos sobre la producción agrícola que serán diversos, severos y específicos según la ubicación geográfica. La temperatura y la disponibilidad de agua siguen siendo factores claves que determinan el crecimiento de los cultivos y la productividad. Los cambios predichos en estos factores causarán una baja en el rendimiento de los cultivos. Los cambios inducidos por el clima en cuanto a las dinámicas de población de plagas de insectos, patógenos y malezas y su invasividad podrían agravar los efectos mencionados. Sin duda alguna, la inestabilidad inducida por el clima y el tiempo afectarán los niveles de producción de alimentos y el abastecimiento de los mismos *Nicholls, Henao, & Altieri, 2015*.

Las configuraciones fisiográficas características de la Provincia Bolívar permiten la aparición de varios microclimas en los que varía la temperatura y precipitaciones en cortas distancias lo que determinan diferencias en los suelos esto induce cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, consumo de alimentos y comercio. Por lo tanto esta investigación a través del proceso de la implementación de la AC, que se basa en tres principios fundamentales como son: remoción mínima del suelo, conservación de los restos vegetales y la rotación de cultivos, permitirá contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción y por ende a la seguridad y soberanía alimentaria.

Para contribuir a mitigar el cambio climático en esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de la Agricultura de Conservación a través de cinco alternativas tecnológicas para la producción de maíz suave variedad INIAP 111 Guagal Mejorado
- Medir el efecto de ocho alternativas tecnológicas sobre los principales indicadores de la química del suelo.
- Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y calcular la Taza de Retorno Marginal (TMR%).
- Seleccionar alternativas tecnológicas, resilientes al Cambio Climático.

## **II. PROBLEMA**

El aumento en la productividad agrícola, ha sido posible mediante el incremento del uso de la energía proveniente de combustibles de origen fósil, (maquinarias y agroquímicos). La intensificación sin criterios ambientales, etc., han traído como consecuencia la degradación de los recursos naturales y el incremento del riesgo de contaminación de fuentes de agua, con fertilizantes, plaguicidas, partículas de suelo y las quemas. Estos impactos ecológicos negativos tienen efectos económicos, sociales y culturales, en detrimento de la calidad de vida de los productores/as y de las comunidades circundantes en el territorio.

Existe una relación estrecha entre el uso de los recursos naturales, su deterioro y el desarrollo humano. Los problemas ambientales están ligados a los modelos económicos de cada país. En el Ecuador, a pesar de que la Constitución del 2008 establece derechos, deberes, responsabilidades, garantías y principios ambientales, el uso y la sobreexplotación de los recursos naturales sigue propiciando su deterioro acelerado y consecuentemente los problemas sociales, económicos y ambientales, poniendo en riesgo severo la sostenibilidad de la agricultura.

En la provincia Bolívar la agricultura convencional, ha aumentado los impactos negativos sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción locales y el ambiente. La destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación, erosión genética, monocultivo; uso irracional de la maquinaria agrícola en condiciones de ladera, erosión severa del suelo y el apareamiento de nuevas plagas y enfermedades; son problemas muy graves que han causado una baja productividad de los sistemas de producción de maíz suave, poniendo en riesgo la Seguridad y Soberanía Alimentaria.

### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1. SISTEMAS AGRICOLAS**

Los sistemas agrícolas se definen como conjuntos de explotaciones agrícolas individuales con recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, a los cuales corresponderían estrategias de desarrollo e intervenciones parecidas. Según el alcance del análisis, un sistema agrícola puede abarcar unas docenas o a muchos millones de familias. *FAO, 2015.*

La agricultura y el desarrollo sostenible se refieren a la necesidad de minimizar la degradación de la tierra agrícola, maximizando a su vez la producción. Este considera el conjunto de las actividades agrícolas, como el manejo de suelos y aguas, el manejo de cultivos y la conservación de la biodiversidad; considerando a su vez el suministro de alimentos y materias primas. La sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola se refiere a la capacidad del sistema para mantener su productividad a pesar de las perturbaciones económicas y naturales, externas o internas. La sostenibilidad es función de las características naturales del sistema y las presiones e intervenciones que sufre, así como aquellas intervenciones sociales, económicas y técnicas que se hacen para contrarrestar presiones negativas; destacándose la resiliencia del sistema *Martínez Castillo, 2009.*

##### **3.1.1. Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica es entregarse a la tarea de desenterrar y rescatar el viejo paradigma (no agotado) de las sociedades agrarias que practicaron y garantizaron durante mucho tiempo la autodeterminación alimentaria de sus comunidades, a través del diseño de auténticos modelos de emprendimientos familiares rurales, donde conjugaron sabiduría y habilidades para garantizar la sostenibilidad y el respeto por la naturaleza, esta misma agricultura, es mucho más que una simple revolución en las técnicas agrícolas de producción. Es la fundación práctica de un

movimiento espiritual, de una revolución, para cambiar la forma de vivir de los seres humanos *Restrepo Rivera, 2007*.

La conversión en la agricultura orgánica trae consigo significantes cambios. Primero, la composición de los insumos cambia. Junto con la eliminación en el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas un incremento de otros insumos ocurre, como material orgánico, mano de obra y maquinaria. Al mismo tiempo, los sistemas de plantación y rotación cambian afectando los rendimientos e ingresos. Los agricultores quieren determinar las limitaciones potenciales, los desafíos y la factibilidad de la agricultura orgánica. Esta evolución de incluir consideraciones agronómicas. Agro-ecológicas, económicas, sociales e institucionales *Garibay, 2003*.

### **3.1.2. Tradicional con labranza intensiva**

La labranza, que es la preparación del suelo para la siembra o preparación de la cama de siembra, puede realizarse de distintas maneras. Durante mucho tiempo se utilizó el arado de reja y vertedera para comenzar esa preparación, una máquina que cortaba los primeros 18 a 20cm del suelo y los apoyaba invertidos al costado de donde los había quitado. La reja era la cuchilla que cortaba la tierra y la vertedera el dispositivo que la invertía para depositarla. Según la potencia de tracción disponible (primero caballos y luego tractores), los arados podían tener más o menos rejas operando simultáneamente. Dos o tres meses antes de la siembra se realizaba una pasada con el arado, que al invertir la franja indicada de tierra, enterraba el residuo del cultivo anterior (o rastrojo) y, así, se iniciaba el barbecho. Luego, se realizaban dos o tres pasadas de rastra de discos, unos casquetes que fragmentan los trozos de suelo, y una pasada de rastra de dientes, con el objetivo de refinar el suelo y controlar plagas (insectos, malezas y enfermedades). Con esta forma de trabajo se llegaba al momento de siembra con el suelo enteramente descubierto, pero aflojado, aireado y mezclado, lo que favorece que penetre el agua y obstaculiza la propagación de plagas vegetales y animales. Comúnmente, esta

manera de preparar el suelo se denomina labranza convencional. En ella, el control de malezas durante las primeras etapas del cultivo se realiza con maquinaria. El uso del arado de reja y vertedera (que en algunos casos era reemplazado por el arado de discos, en el que el dispositivo de corte e inversión del suelo era un casquete circular cóncavo *Álvarez, 2005*).

### **3.1.3. Agricultura de precisión**

Las características del suelo y del cultivo varían en el espacio (distancia y profundidad) y en el tiempo. La agricultura de precisión es una agricultura de precisión conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola. Esta optimización se logra con la distribución de la cantidad correcta de esos insumos, dependiendo del potencial y de la necesidad de cada punto de las áreas de manejo *IICA, 2006*.

- **La maquinaria agrícola, una mirada prospectiva al 2025**

Difícil es predecir la maquinaria agrícola al 2025 frente a los cambios bruscos que se avecinan en los sistemas productivos, la demanda de alimentos (50% más al 2050), avance de la demanda de biomasa para transformar en bioenergía, energía renovable que mueven las máquinas (más eficiencia y mayores controles de emisiones), cambio y variabilidad climática muy preocupantes, tendencia de demanda hacia máquinas con más capacidad de trabajo, autoguiadas y robotizadas (menos horas/hombre/ha), más livianas para evitar agresiones al suelo (traslados con menos presión específica, nuevos neumáticos y bandas de caucho), materiales constructivos livianos y resistentes (aleaciones, materiales compuestos y biomaterial, bioplásticos y fibras vegetales) *BRAGACHINI & USTARROZ, 2016*.

- **Ventajas del uso de la agricultura de precisión en comparación con la agricultura tradicional**

Las ventajas de la agricultura de precisión sobre la tradicional son claras y contundentes debido a la posibilidad de utilizar los insumos de forma cada vez más criteriosa con dosis adecuadas y de acuerdo a la real necesidad del cultivo. Este manejo del ambiente permite la aplicación de insumos solo en las áreas en las que resulta necesario y en donde la respuesta de esta intervención tendrá un claro beneficio económico. Se identifica además una ventaja sobre la sostenibilidad ambiental de la producción, ya que se evita la aplicación de insumos en general y de agroquímicos en particular en las áreas en que no son necesarios o se requieren en cantidades inferiores. Esto que permite una disminución del impacto sobre el medio ambiente y una significativa reducción de los recursos energéticos, lo que seguramente aportará a la mitigación del cambio climático global *IICA, 2014*.

#### **3.1.4. Sistemas de producción pecuaria integrada con agricultura**

Un sistema agropecuario, por su parte, se define como el conglomerado de sistemas de fincas individuales que en su conjunto presentan una base de recursos, patrones empresariales, sistemas de subsistencia y limitaciones de la familia agropecuaria similares; y para los cuales serían apropiadas estrategias de desarrollo e intervenciones también similares *Dixon, Gulliver, & Gibbon, 2001*.

#### **3.1.5. Sistemas Agroforestales**

Los sistemas agroforestales (SAF) son una forma de uso de la tierra en donde las leñosas interactúan con los cultivos y/o animales, con la finalidad de diversificar y optimizar la producción de manera sostenida. Sin embargo, estos sistemas tienen limitantes originados por una combinación inadecuada de las diferentes especies, lo que resulta en competencia entre ellas. Las características radiculares de las especies leñosas tienen un papel importante en el éxito de los SAF, ya que indican

modificaciones que pudieran existir entre especies asociadas *Casanova, Ramírez, & Solorio, 2007*.

### **3.1.6. Agricultura de conservación**

En la actualidad, las personas han empezado a entender que la agricultura no solo debe tener una alta productividad, sino también ser sustentable. Se ha propuesto a la agricultura de conservación como un conjunto de principios de manejo ampliamente adaptado que pueden asegurar una producción agrícola más sustentable. La agricultura de conservación es un concepto más amplio que la labranza de conservación, un sistema donde al menos 30 % de la superficie del suelo está cubierta con residuos del cultivo anterior, después de la siembra del próximo cultivo. En la agricultura de conservación, el énfasis no solo cae sobre el componente de la labranza sino sobre la combinación de los siguientes tres principios *Verhulst, Isabelle, & Bram, 2015*.

- Reducción en labranza.
- Retención de los niveles adecuados de residuos del cultivo y cobertura de la superficie del suelo.
- Uso de rotación de cultivos.

Los beneficios de la agricultura de conservación incluyen características agro-ambientales. La pérdida de nutrientes puede ser minimizada por medio del uso apropiado de cultivos de cobertura de raíces profundas, que reciclan los nutrientes lixiviados de la capa superior del suelo, el manejo de la humedad y una mejor recolección, almacenamiento y aplicación de los residuos de los cultivos, del ganado y de las viviendas (residuos de la alimentación). Los nutrientes que son cosechados y removidos pueden ser reemplazados por medio de la fijación simbiótica del nitrógeno, la materia orgánica o el uso complementario de fertilizantes y suplementos alimenticios *Benites Jump & Bot, 2013*.

La agricultura de conservación requiere de la aplicación de secuencias sistemáticas de cultivos intercalados. Su aplicación, además de mejorar y estabilizar los rendimientos en entornos de riesgo, reduce los costos de producción, incluyendo el costo de la mano de obra y de la tracción animal, debido a la reducción o eliminación de la labranza y, una vez establecida, de la necesidad de deshierba *Dixon, Gulliver, & Gibbon, 2001*.

*Cuadro 1 Principales beneficios medioambientales de la Agricultura de Conservación (AC).*

<b>Principales Beneficios Medioambientales De La Agricultura De Conservación (AC).</b>	
<b>Para El Suelo</b>	Reducción de la erosión
	Incremento en los niveles de materia orgánica
	Mejora de la estructura
	Mayor biodiversidad
	Incremento de la fertilidad natural del suelo
<b>Para El Aire</b>	Fijación de Carbono
	Menor emisión de CO <sub>2</sub> a la atmósfera
<b>Para El Agua</b>	Menor escorrentía
	Menor contaminación de aguas superficiales
	Mayor capacidad de retención de agua
	Menor riesgo de inundaciones

*Fuente: Ordóñez Fernández, s.f.*

- **No remover el suelo con labranza**

Se denomina también no laboreo, ya que se trata de realizar la siembra directamente sobre los restos de cultivo del año anterior sin realizar ninguna labor previa. Esta

técnica es la que más se ajusta al concepto de laboreo de conservación, ya que la única alteración que se produce en el suelo es la ocasionada por la sembradora *González, M. 2005.*

La agricultura de conservación, especialmente la labranza cero (siembra directa), ha demostrado que proporciona una producción sostenible en muchos ambientes agrícolas, virtualmente en todo el mundo. Las condiciones de la producción agrícola y la intensidad de la misma varían desde húmedas a áridas y desde huertas familiares a grandes empresas ganaderas. Todas emplean y adaptan principios muy similares pero con variedad de máquinas, métodos y economía *Baker, y otros, 2009.*

La agricultura de conservación abarca cualquier técnica que reduzca, cambie o elimine el laboreo y evite la quema de rastrojos para mantener suficientes residuos en la superficie a lo largo de todo el año. Como consecuencia, el suelo es protegido de la erosión, de la lluvia y de la escorrentía de las aguas. Los agregados del suelo, la materia orgánica y el nivel de fertilidad se incrementan, disminuye la contaminación de las aguas superficiales, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y aumenta la biodiversidad *González, M. 2005.*

- **Efecto de la labranza convencional en el suelo**

En la agricultura convencional, la remoción del suelo con la labranza es considerada una de las operaciones más importantes para crear una estructura favorable del suelo, preparar el lecho de las semillas y controlar las malezas. Pero los implementos mecánicos, especialmente aquellos arrastrados por tractores destruyen la estructura del suelo al reducir el tamaño de los agregados; actualmente, los métodos de labranza convencional son la mayor causa de pérdida del suelo y de desertificación en muchos países en desarrollo *Benites Jump & Bot, 2013.*

- **Degradación de la estructura del suelo o compactación**

La compactación edáfica se define como la modificación del volumen de poros, así como de la estructura de la porosidad del suelo. Los cambios en las propiedades volumétricas pueden no ser tan importantes para el crecimiento de las plantas, como aquellos asociados al incremento de la consistencia y a la reducción de la permeabilidad, y del aire a través del sistema poroso *Gutiérrez, F., y otros 2014*.

- **Mejoramiento de suelos con enraizamiento restringido**

El tipo de solución a ser aplicada dependerá de la causa de la restricción de las raíces. La causa más frecuente es la compactación del suelo debido a la ausencia de poros que sean lo suficientemente grandes para ser fácilmente penetrados por las raíces, o los cuales puedan ser suficientemente ensanchados por el crecimiento de las raíces. Esta condición ocurre en las capas densas, tales como los pisos de arados formados por la labranza, pero además naturalmente ocurren capas densas como las encontradas en los suelos pesados. La restricción al enraizamiento puede ser superada, al menos temporalmente, mediante medios mecánicos y biológicos. Adicionalmente, para erradicar las causas de la restricción de las raíces es importante dar los pasos para evitar futuros retornos del problema mediante, por ejemplo, la introducción de la agricultura de conservación, donde las capas densas han sido formadas por la labranza *Benites Jump & Bot, 2013*.

### **3.1.7. Cobertura del suelo**

La importancia de los cultivos de cobertura en la agricultura de conservación. Mantener el suelo cubierto es un principio fundamental de la AC. Se retienen los residuos del cultivo sobre la superficie del suelo, y es posible que se necesiten cultivos de cobertura si el periodo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del próximo es demasiado largo. Los cultivos de cobertura mejoran la estabilidad del sistema de AC, no solo en la mejora de las propiedades del suelo, sino también por su capacidad de promover una biodiversidad aumentada en el agro-ecosistema. Mientras que los cultivos comerciales tienen un valor de mercado, los cultivos de cobertura tienen valor por su efecto sobre la fertilidad del suelo o como forraje para

el ganado. En las regiones donde las cantidades de biomasa producidas son muy pequeñas, como las áreas secas y los suelos erosionados, los cultivos de cobertura son beneficiosos porque; *FAO, 2012*.

- Protegen el suelo en los períodos de barbecho
- Movilizan y reciclan los nutrientes
- Mejoran la estructura del suelo y rompen las capas compactadas y las capas duras
- Permiten una rotación en un sistema de monocultivo
- Pueden ser usados para el control de malezas y plagas

Dentro de los aspectos negativos podemos mencionar los siguientes. a) Los cultivos de cobertura implican un costo sin una retribución directa, por lo cual compiten con cultivos cosechables. b) Tienen un consumo de agua mayor que los barbechos; frente a condiciones de recargas escasas pueden encontrarse diferencias de rendimiento en los cultivos posteriores a favor de las situaciones con barbecho. c) Las especies gramíneas generan inmovilización de nitrógeno y un posible déficit inicial en los cultivos posteriores. d) Pueden provocar alguna dificultad a la siembra por mayor cobertura, o mayor tiempo de emergencia por menor temperatura del suelo *Burzaco, 2015*.

Los cultivos de cobertura están experimentando una expansión rápida en ciertas situaciones en América Latina. Esto puede ser parcialmente atribuido a las características de las especies más populares, las mismas que son resumidas en líneas abajo *Pound, 2017*.

- **Costo bajo:** Una vez que las semillas están disponibles (y pueden ser provistas de agricultor a agricultor), hay poco costo en dinero efectivo para el agricultor. De esta manera, los cultivos de cobertura pueden sustituir a los insumos externos tales como herbicidas y fertilizantes.

- **Simplicidad:** No hay necesidad de conocimientos o herramientas sofisticados.
- **Bajo riesgo:** El tamaño grande de las semillas de muchas especies (por ejemplo, *Canavalia*, *Mucuna*, *Vicia faba*) facilita la siembra y reduce los riesgos de establecimiento.
- **Versatilidad:** Las especies tienden a tener un rango ecológico bastante amplio. *Canavalia ensiformis* es un buen ejemplo, la cual prospera en condiciones húmedas o semiáridas, y a pleno sol o sombra parcial.
- **Competitividad:** Pese a que las especies varían en su vigor, una característica que permite su selección de acuerdo al nivel de competitividad requerida, algunas especies (por ejemplo *Pueraria phaseoloides*, *Mucuna pruriens*, *Calopogonium mucunoides*) son excepcionalmente buenas para competir con malezas agresivas (por ejemplo, *Imperata cylindrica* y *Rottboellia cochinchinensis*)
- **Variabilidad:** Existe un inmenso rango del cual escoger la mejor combinación de características.
- **Las especies de cultivo de cobertura más comúnmente usadas**

Varias especies de cultivos pueden ser usadas como cobertura vegetal (cereales, leguminosas, raíces y tubérculos y cultivos de oleaginosas) en agricultura de conservación (AC) y ser de gran beneficio para el suelo. En el presente documento se discute en particular el uso de leguminosas como cobertura vegetal en la rotación de cultivos. Provee a la vez recomendaciones detalladas de cuando introducir cultivo de leguminosas, así como los criterios para la selección de la especie más apropiada. Con este propósito, se agrega una lista de aproximadamente 180 leguminosas para cobertura vegetal ordenadas de acuerdo a las condiciones

ambientales y climáticas donde pueden ser usadas (humedad, incendios, sequía, sombra, suelos fértiles, áreas inundadas o condiciones frías) *FAO, 2012*.

### **3.1.8. Rotación de cultivos**

El monocultivo se considera la base ecológica de la aparición de plagas y de la inestabilidad de la agricultura moderna. Con este se crean condiciones muy favorables para aquellos fitófagos que se alimentan de la planta en cuestión, a la vez que se ve afectada la competencia, o sea, la acción de los enemigos naturales y los demás mecanismos de regulación. En los suelos más cultivados y que por años han recibido la acción de los agrotóxicos, se tiene comprobado que el contenido de materia orgánica decrece, lo que incide en los niveles de nitrógeno, azufre y fósforo; por su parte, se plantea que el pH tiende a incrementarse con los consiguientes efectos negativos por la toxicidad del aluminio *Díaz, G., & Hernández, T., & Cabello, R. 2004*.

La rotación es una práctica agronómica que busca la optimización del uso de los recursos agua y nutrientes por parte de los cultivos. La alternancia de especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, sistema radical (profundidad, masa, longitud, capacidad exploratoria), uso de agua y nutrientes, resistencia a enfermedades, diferentes habilidades de competencia y asociación con malezas produce un mayor equilibrio de la biodiversidad (microorganismos, banco de semillas, insectos) y de las características químico-físicas del suelo. Esto conduce a una combinación de factores abióticos (suelo y clima) y bióticos (enfermedades, plagas de insectos y malezas) que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económico *Karleen et al, 1991, Karleen et al, 1994*.

- **Control de enfermedades y plagas mediante la rotación de cultivos**

La rotación de cultivos reduce la incidencia de plagas y enfermedades, especialmente del suelo. Cuando se incluye un cultivo no susceptible a una determinada plaga o enfermedad, o se practica barbecho en la rotación, se reduce el inóculo presente en el suelo por carencia de alimento, depredación o deterioro natural. La mayor parte de los patógenos de las plantas son débiles como saprófitos y no compiten bien con otros organismos del suelo si la planta que actúa como hospedera no está presente *Rouanet, J.L., E. Acevedo, M. Mera, P. Silva, y S. Ferrada. 2005.*

### **3.1.9. El cambio climático**

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad *Navarro, 2014.*

- **El cambio climático en la agricultura**

Debido al cambio climático, las regiones agrícolas mediterráneas se verán especialmente impactadas por el aumento de las temperaturas y la disminución de lluvias, las cuales, se producirán de forma torrencial, lo que conlleva un incremento en la erosión del suelo y en la pérdida de calidad de este. La variabilidad del clima afecta entre un 32 y un 39% el rendimiento de los cultivos agrícolas *Ambientum, 2018.*

Si hay alguna actividad productiva que dependa directamente del clima y de su variabilidad, ésta es sin duda la agricultura. Un cambio de los patrones de comportamiento de las temperaturas y precipitaciones o el incremento de la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico, afectarán de una manera significativa al desarrollo de los cultivos *Veroz, 2011.*

- **Beneficios de la Agricultura de conservación entorno al cambio climático.**

El manejo de cultivos bajo la práctica de AC supone una mejora medioambiental considerable de los ecosistemas agrarios, sin que ello implique una merma en los rendimientos productivos de las explotaciones. Independientemente de los beneficios para el medioambiente, carecería de sentido permitir la puesta en práctica de las técnicas de AC si no constituyeran un sistema de producción viable desde el punto de vista económico y social *Gill, y otros, 2017*.

- Para el suelo Incremento del contenido de materia orgánica.
- Mejora de la estructura y porosidad.
- Incremento de la fertilidad natural del suelo.
- Para el aire Fijación de carbono.
- Menor emisión de CO<sub>2</sub> a la atmosfera.
- Para el agua Reducción de la escorrentía.
- Mejora de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas
- Incremento de la capacidad de retención de agua.

## **3.2. MAIZ**

### **3.2.1. Origen**

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colon, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 6000 a.c. en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la ciudad de México *Acosta, 2009*.

### **3.2.2. Descripción botánica**

- **Raíz**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias *Jenny, 2010*.

- **Tallo**

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal *CONACYT, 2014*.

- **Hojas**

Son largas y anchas y los bordes generalmente lisos. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte inferior y que sirve de cubierta de los entrenudos del tallo, abrazándolo (aurículas), pero con los extremos desnudos. Su color usual es verde, pero se pueden hallar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura, presentándose en igual cantidad que los entrenudos *Valladares, 2010*.

- **Inflorescencia**

Es una planta monoica presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen.

En cambio la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color

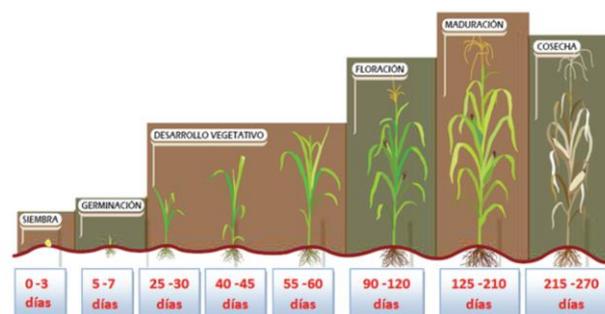
verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos *Guacho, 2014*.

- **Fruto**

La mazorca o inflorescencia femenina está constituida por el raquis u elote (tusa), en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par. Si la flor femenina es fecundada, dará lugar a granos, más o menos duros, lustrosos, de color amarillo, púrpura o blanco; los granos se organizan en hileras que pueden variar entre ocho y treinta filas por mazorca, cada una con 30 a 60 granos, por lo que una mazorca puede tener de 400 a 1.000 granos. Toda la inflorescencia femenina está protegida por las brácteas (amero o capacho) que tienen como función la protección del grano *Ospina Rojas, 2015*.

### 3.2.3. Ciclo vegetativo

Todas las plantas de maíz se desarrollan de la misma manera. Sin embargo, el tiempo entre etapas de crecimiento puede variar dependiendo del tipo de maíz, sus fechas de siembra, su localización, la altitud a la que se encuentra el maíz, etc. Normalmente, los maíces de altura tienen un ciclo de cultivo de 215 a 270 días desde la siembra hasta la cosecha *Yáñez; Zambrano, J; Caicedo, M. 2013*.



*Figura 1* Ciclo vegetativo del maíz.

*Fuente: Yáñez; Zambrano, J; Caicedo, M. 2013.*

### 3.2.4. Variedad de maíz INIAP-111 Guagal Mejorado

INIAP 111, proviene de una base de variedades locales colectadas en casi toda la provincia Bolívar en 1989 y 1993. Las variedades que presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco, se cruzaron entre ellas para formar la población Guagal, la cual se seleccionó en varios ciclos de cultivo en toda la zona maicera de la provincia Bolívar *Silva, Dobronski, Heredia, & Monar, 1997*.

- **Semilla**

El proceso de selección de mazorcas para semilla en campo consiste en marcar las mejores plantas cuando el cultivo se encuentra en las etapas de floración, elote duro y madurez de cosecha. Se van a seleccionar y marcar sólo aquellas plantas que reúnan las características de interés, por ejemplo, que florezcan antes que el resto (si son más precoces pueden ser menos afectadas por la sequía o las heladas; que estén sanas (si se mantienen sanas entre un grupo de plantas enfermas, es que son resistentes a esa enfermedad); las que son de menor altura y de tallo grueso (son más resistentes al acame), entre otras *Aguirre Gómez & García Leños, 2012*.

- **Características importantes**

*Cuadro 2. Principales componentes del maíz INIAP 111.*

<b>1.- Agronómicas y Morfológicas</b>	<b>Promedio</b>
Días a floración femenina:	134
Días a cosecha en choclo:	208
Días a cosecha en seco:	265
Altura promedio de planta:	300 cm
Altura promedio de mazorca:	178 cm
Longitud de la mazorca:	20 cm
Rendimiento comercial en choclo:	190 sacos/ha (sacos de 130 unidades)

Rendimiento comercial grano seco en unicultivo:	4100 kg/ha
En asociación con frejol:	3400kg/ha
N° de hileras por mazorca:	12
Color del grano tierno:	Blanco
Color del grano seco:	Blanco
Tipo de grano:	Harinoso
Textura del grano:	Suave
<b>2.- Calidad * (base seca)</b>	
Proteína:	9.33 %
Ceniza:	1.53%
Fibra:	2.80%
Extracto libre de N.	81.06%
Aceptación de choclo y grano seco:	Buena

*Fuente: Silva, Dobronski, Heredia, & Monar, 1997.*

### 3.2.5. Tipo de suelo

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular *INFOAGRO, 2018*.

Se recomiendan suelos cálidos y húmedos que permitan la germinación, de textura media con gran capacidad de retención de la humedad como son los franco-arcilloso, arcilloso-limoso y arcillosos y con una buena preparación que estén mullidos. El maíz puede sembrarse sin dificultad con pendientes de 0-1%, tomando medidas especiales contra la erosión en terrenos con pendientes del 2- 4%. Los máximos rendimientos se obtiene con un pH comprendido entre 5.6 a 7.5. Agrega que para un sistema continuo de maíz, un pH de 6 es adecuado, con un pH muy bajo (inferior a 4.5) la planta de maíz muestra sus hojas achaparradas, apareciendo una

coloración rojiza purpura y las hojas más viejas se secan (similares a deficiencia de mg) *Aldrich & Leng, 1994 y Pardavé, 2004.*

### **3.2.6. Riego**

La mayor parte de productores siembran el maíz bajo condiciones de temporada, es decir cuando se inicia el periodo de lluvias tanto en la sierra como en los valles cálidos. Si se dispone de riego es recomendable regar por aspersión o por goteo para que el uso del agua sea más eficiente. El riego por inundación (que practica la mayoría de productores) produce gran cantidad de erosión del suelo. No debe faltar agua al cultivo para obtener buenos rendimientos; siendo la época más crítica del cultivo dos semanas antes y dos después de la floración, así se consigue un buen llenado de grano; el cultivo no debe llegar nunca al punto de marchites permanente (maíz parecido a las hojas de cebolla), porque la productividad bajara constantemente *Eguez & Pintado, 2011.*

### **3.2.7. Preparación del suelo**

- **Selección del terreno**

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros, por su facilidad para inundarse y los segundos por su propensión a secarse. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor. En lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada dotados de alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos, son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua *PITTY, 2002.*

- **Preparación del terreno**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda preparar el suelo con dos meses de anticipación ya que esto permitirá que el terreno quede suelto y sea capaz de captar agua sin que se produzcan encharcamientos. Además, esto permitirá la descomposición de residuos, el control de las malezas e insectos y la suavidad del terreno (sobre todo en la capa superficial donde se va a producir la siembra). Se debe realizar, con tractor o con yunta, una labor de arado, una de rastra y la surcada, cuidando de no desmenuzar demasiado el suelo *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.

### **3.2.8. Siembra**

Para la siembra se debe disponer de semilla de buena calidad, la misma que debe ser adquirida en centros autorizados o en las Estaciones Experimentales del INIAP, en donde se siguen todos los procesos necesarios para la producción de semillas, para mantener su pureza genética y conservar las características agronómicas propias de la variedad. Se requiere de 30 kg/ha *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.

### **3.2.9. Época de siembra**

En la provincia de Bolívar la época de siembra depende de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo *Monar, C, 2000*.

### **3.2.10. Densidad de siembra**

La densidad óptima se alcanza cuando se encuentra la cantidad de plantas que permite un pleno desarrollo de las mismas, y esto permite obtener un alto rendimiento. Esta cantidad de plantas se considera justo la necesaria para lograr el mayor rendimiento posible, ya que por debajo o encima de esta cantidad se pone en riesgo el buen desarrollo de todas las plantas. Una mala elección de la densidad

puede resultar en reducciones del 10 al 40 % del rendimiento potencial, ya que cuando hay un alto número de plantas en el espacio, se aumenta la competencia, el aborto de granos y cantidad de adultos estériles *Intagri, 2017*.

La densidad óptima en maíz es la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento en grano. Esa densidad puede ser diferente de la densidad que asegura coberturas eficientes en la captura de luz ya que en maíz se modifica sensiblemente a través de los ambientes, respondiendo a las variaciones en la oferta de recursos para el crecimiento (de clima y de suelo, naturales o agregados). Por lo tanto, el ambiente y el manejo modifican la densidad óptima en maíz. Cuando los recursos para el crecimiento se tornan limitantes se reduce la capacidad de las plantas para crecer durante la floración y aumenta el riesgo de aborto de granos. Dicho riesgo debe ser prevenido sembrando una menor densidad que permita mejorar la disponibilidad de recursos para cada planta y revertir su granazón *SYNGENTA, 2018*.

### **3.2.11. Fertilización química.**

El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo, requiere de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio y entre otros. Los suelos maiceros de la provincia de Bolívar, debido a su mal uso y manejo, cultivos extensivos, monocultivo, son pobres en su contenido de nitrógeno y fósforo *Monar, C. 2000*.

La fertilización química se efectúa según las características de la zona de producción. Para una adecuada fertilización es necesario realizar el análisis químico del suelo por lo menos dos meses antes de la siembra. Se recomienda aplicar en suelos de fertilidad intermedia, 80 kg/ha de nitrógeno (N) y 40 kg de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), lo que se cubre con los fertilizantes indicados a continuación *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.

*Cuadro 3. Fertilización Química*

<b>Fertilizantes</b>	<b>Favorece</b>	<b>Época de aplicación</b>
Nitrógeno (N)	El arranque del cultivo y el crecimiento vegetativo.	A la siembra y al aporque.
Fósforo (P)	Da vigor a las raíces.	A la siembra.
Potasio (K)	Fortalece a la planta.	A la siembra y debe aplicarse solo cuando se presenta una deficiencia de este elemento.

*Fuente: Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*

Los elementos primarios como el Nitrógeno(N) Fósforo (P) y Potasio (K) son determinantes para el crecimiento de las plantas, normalmente el suelo no puede suministrarlo en cantidades suficientes para el desarrollo normal de las plantas por lo tanto se necesita incorporarlos en forma de abonos sintéticos o fertilizantes *García, 2013.*

El Nitrógeno es un elemento diatómico y se encuentra en estado gaseoso a temperatura y presión ordinaria, comprende el 78% de la atmósfera terrestre y en su forma elemental es relativamente inerte. La química del Nitrógeno es compleja debido a los muchos estados de oxidación que puede asumir y al hecho de que ese cambio en el estado de oxidación puede ser llevado a cabo por organismos vivos *Pacheco, Pat, & Cabrera, 2002.*

La deficiencia por N provoca un color verde amarillento, con plantas de tallos delgados. Como el N es un nutriente móvil en la planta, los síntomas empiezan en las hojas más viejas y progresa hacia arriba si la deficiencia persiste. Los síntomas en las hojas aparecen con un amarillamiento en forma de V invertida, que se inicia en la punta y progresa hacia la base *Larqué, Limón, Irizar, & Diaz, 2017.*

El P llega a las raíces por difusión, proceso que puede estimarse conociendo el coeficiente de difusión de este nutriente en agua y el cociente entre el diferencial de concentración de P entre dos puntos y la distancia entre ellos. A mayor desarrollo y penetración de raíces (menor distancia entre el punto de absorción y

provisión), mayor concentración del nutriente en la solución (mayor diferencial de concentración) y mayor temperatura y humedad del suelo habrá mayor absorción de P por la planta. Suelos con menor capacidad buffer (resistencia a cambiar sus concentraciones de equilibrio), menor tortuosidad de los poros (la misma aumenta a partir de una densidad aparente superior a 1,3 g/cm<sup>3</sup>) y mayor presión de oxígeno (varía de acuerdo al grado de compactación y anegamiento del suelo) permitirán también una mayor absorción de P por las plantas *Uhart & Mycogen, 2016*.

Según *García, 2013*, las deficiencias del P en el maíz se presentan en:

- Las hojas y tallos adquieren un color morado rojizo debido a la acumulación de azúcar en los tejidos y a la lentitud en el desarrollo y madurez de la planta
- Retardo en la emisión de los pistilos
- Mazorcas defectuosas con la punta inclinada hacia un lado
- Falta de llenado de granos en la punta.

Las deficiencias de K aparecen en las hojas más bajas con amarillamiento y necrosis en sus márgenes. Los síntomas aparecen después de la sexta hoja. Dada la movilidad de este elemento dentro de la planta y si la deficiencia persiste, los síntomas progresan hacia arriba de la planta *Larqué, Limón, Irizar, & Diaz, 2017*.

### **3.2.12. Control de malezas**

La incidencia nociva de las plantas indeseables, también conocidas como malezas o malas hierbas, es uno de los mayores obstáculos a la producción agrícola del mundo. Malezas son aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agro-ecológico, las malezas son producto de la selección inter-específica provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat. El proceso de selección es continuo y dependiente de las prácticas que adopte el agricultor. El uso actual de los herbicidas químicos ha originado importantes cambios en la flora de plantas indeseables en las áreas agrícolas, tanto en especies

que predominan sobre el resto de la vegetación, como de biotipos de otras especies resistentes a los herbicidas químicos en uso *FAO, 2007*.

- **Control cultural**

El método cultural se realiza con una buena selección del cultivo, rotación de cultivos y con adecuadas fechas de siembra que favorezcan al cultivo.

- **Control mecánico**

Se realiza generalmente con machete o moto guadaña. Una primera deshierba se puede realizar a los 15 días después de la siembra y otra entre 15 y 25 días. Si se presenta abundante crecimiento de malezas, puede ser necesario realizar una “chapia ligera” cuando el cultivo tenga alrededor de tres meses, para facilitar en lo posterior la cosecha *Quiroz & Merchan, 2016*.

- **Control químico**

El tipo y dosis del herbicida que se utilice dependerá de las poblaciones de malezas presentes y del estado de desarrollo del cultivo. El herbicida Pendimetalin es selectivo para el control de “caminadora”; el 2,4-D Amina, controla malezas de hoja ancha y el “coquito”. El Glifosato es un herbicida sistémico usado para el control de varios tipos de malezas, y es usado en pre-siembra cuando se trata de siembra directa, controlando muy bien las poblaciones de malezas presentes. La Atrazina es el principal herbicida selectivo utilizado en pre-emergencia del cultivo. Una vez realizada la siembra es necesario realizar un control de malezas preemergentes (antes que nazca el cultivo) para lo cual se puede emplear los siguientes productos químicos *Quiroz & Merchan, 2016*.

- Atrazina en dosis de 1 a 1,5 kg/ha
- Glifosato en dosis de 1,5 a 2 l/ha
- Pendimetalim en dosis de 3 l/ha (para el control de semilla caminadora)

- Un control postemergente (30 - 40 días después de la siembra)
- 2,4-D Amina en dosis de 1 a 1,5 l/ha.
- Nicosulfuron Metil 60% en dosis de 0,5 a 0,75 l/ha.

### **3.2.13. Plagas**

- **Gusano trozador (*Agrotis ipsilon* *Hunfnaget*)**

Estos gusanos son una plaga secundaria, aunque pueden convertirse en un problema regional durante periodos secos. Los gusanos son de color café oscuro con líneas oscuras a lo largo del cuerpo y salen del suelo desplazándose por la noche para alimentarse trozando la base del tallo, por lo que las aplicaciones para su control se recomienda hacerla por la tarde *CESAVEG, 2007*.

- **Gusano cogollo (*Spodoptera frugiperda*)**

Se trata de una plaga muy perjudicial en el cultivo del maíz. Sus gusanos o larvas taladran los cogollos y conforme estos crecen y se abren muestran muy notoriamente sus perfecciones. El gusano mide alrededor de 4cm. Los adultos de esta plaga son lepidópteros o polillas que aparecen con la presencia de los cultivos tiernos de maíz. Depositán los huevos en los cogollos y conforme van penetrando o eclosionando van apareciendo los pequeños gusanitos, los cuales van alimentándose ávidamente de las hojas tiernas obteniéndose con ello un muy rápido crecimiento que les incrementa progresivamente las necesidades de alimentación *Fabara, 2012*.

- **Gusano de la mazorca (*Heliothis zea*)**

Las larvas y adultos se alimentan de una gran variedad de plantas, incluyendo los vegetales como el maíz dulce, papa y tomate; cultivos tales como maíz de campo de campo, sorgo y caña de azúcar, y cultivos de frutas como plátano, guayaba y

naranja. Sin embargo, el maíz dulce y de campo de maíz son muy preferido, y los únicos cultivos que podrían producirse graves daños *Ecured, 2018*.

- **Gorgojo (*Pagiocerus forii*)**

Los gorgojos de productos almacenados, como el gorgojo del trigo, del maíz o del arroz, colocan los huevos dentro de los granos de estos cereales para que las larvas se alimenten del tejido nutricional del grano. Como resultado, los granos de cereales afectados por los gorgojos poseen una menor calidad, y en caso de germinar, generan plantas débiles y vulnerables al ataque de otros parásitos. Además de las larvas, los individuos adultos también se alimentan de los granos de cereales, generando unos excrementos similares a un polvillo blanco que recubre los granos y les da un gusto desagradable *ACTICIMEX, 2018*.

- **Control químico**

Es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas. Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de Pesticidas o plaguicidas. Estos compuestos, según su efectividad particular contra insectos, ácaros, ratas, caracoles, o nematodos, reciben los nombres específicos de insecticidas, acariciaos, raticidas o rodenticidas, caracolicidas o molusquicidas, y nematicidas respectivamente. También se incluye a los herbicidas y fungicidas que se utilizan para combatir las malezas y las enfermedades fungosas respectivamente *Cisneros, 2015*.

### **3.2.14. Enfermedades**

- **Carbón del maíz (*Ustilago maydis*).**

Es una enfermedad causada por un hongo que es un microorganismo que se puede presentar en cualquier etapa del cultivo. Sus síntomas son tumores o agallas de diversos tamaños en las raíces adventicias o aéreas, cañas, nudos, nervaduras, panoja: sus esporas o “semillas” invernan y se mantienen en residuos del cultivo. Su control esta fundamentalmente en erradicar las plantas enfermas y en utilizar variedades resistentes *Fabara, 2012*.

- **Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*).**

Un síntoma inicial consiste en manchas pequeñas, ligeramente ovales y acuosas que se producen en las hojas y que son reconocibles fácilmente. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas. Las lesiones aparecen primeramente en las hojas más bajas y continúan aumentando de tamaño y en número a medida que se desarrolla la planta, hasta llegar a producir una “quemadura” completa del follaje *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.

- **Tizón foliar (*Helminthosporium turcicum*).**

Uno de los primeros síntomas consiste en la aparición de manchas pequeñas, ligeramente ovaladas y acuosas que se producen en las hojas y que son fácilmente reconocibles. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas, que se manifiestan primeramente en las hojas más bajas y cuyo número aumenta a medida que se desarrolla la planta. Se puede llegar a producir la quemadura total del follaje. El tizón por *turcicum* (o tizón norteño de la hoja) se encuentra distribuido por todo el mundo y ocurre particularmente en zonas donde hay mucha humedad y temperaturas moderadas durante el periodo de crecimiento. Cuando la infección se produce antes o durante la aparición de los estigmas, y si las condiciones son óptimas, ésta puede ocasionar daños económicos considerables *CIMMYT, 2004*.

- **Pudrición de mazorca (*Gibberella fujikuroi* y *Fusarium moniliforme*)**

En el maíz, estas dos especies de hongos provocan pudrición de mazorca y de tallo, y tizón en las plántulas. *Gibberella zeae*, el estado sexual del patógeno, es más común en las zonas frías y húmedas. Los primeros signos de la infección son la formación de micelios blancos, que van descendiendo desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza y rosada a los granos infectados. El hongo produce micotoxinas (conocidas como deoxinivalenol, zearalenona y zearalenol) que son tóxicas para varias especies animales *CIMMYT, 2004*.

La pudrición por *Fusarium moniliforme* es probablemente el patógeno más común de la mazorca de maíz en todo el mundo. A diferencia de *G. zeae*, el daño que causa *F. moniliforme* se manifiesta principalmente en granos individuales o en ciertas áreas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso o rayas blancas en el pericarpio y germinan estando aún en el olote. Por lo general, las mazorcas invadidas por barrenadores del tallo son infectadas por *F. moniliforme*. El hongo produce micotoxinas conocidas como fumonisinas, que son tóxicas para algunas especies animales *CIMMYT, 2004*.

- **Control químico**

Como su nombre lo indica consiste en el uso de productos sintéticos o químicos, y que se recomienda sólo para los casos en que la enfermedad ha alcanzado mayores niveles de gravedad. Cabe señalar que estos productos, entre los que se encuentran los fungicidas, bactericidas, han evolucionado notablemente haciéndose más específicos para el hongo o bacteria que buscan combatir *PITTY, 2002*.

### **3.2.15. Cosecha**

La época de cosecha varía de acuerdo con la variedad, temperatura y altitud. El maíz se puede cosechar en choclo y en seco.

- En Choclo: Para conocer el momento de la cosecha del choclo, se puede abrir un poco las hojas que cubren la mazorca y se comprueba el grado de desarrollo de los granos (el grano se presenta blanco y de aspecto lechoso). También se puede guiar por el color del “pelo” del choclo y se afirma que cuando pasan del dorado al castaño, el maíz estaría listo para cosecharlo *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.
- En Seco: Se realiza la cosecha cuando el grano Este en madurez fisiológica (cuando en la base del grano se observa una capa negra), o dejando secar la mazorca en la planta hasta que esté lo suficientemente seca. Actualmente existen aparatos de muy bajo costo que permiten determinar la humedad directamente en el campo. Si se cosecha con un alto contenido de humedad es necesario poner a secar las mazorcas debido a que los granos con mucha humedad son susceptibles a pudriciones, evitando se produzca un recalentamiento por alta temperatura *Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013*.

### **3.2.16. Almacenamiento**

El grano se debe almacenar con una humedad inferior al 14%, en lugares frescos a 10-12°C, con una humedad relativa inferior al 60%, libre de roedores e insectos. En sitios cerrados se puede usar pastillas de Fosfamia de 3 a 6 pastillas de 3g por tonelada de semilla, siguiendo las instrucciones necesarias, por ser un producto altamente toxico *Eguez & Pintado, 2011*.

## **3.3. CARACTERISTICAS DEL SUELO**

### **3.3.1. Características químicas del suelo**

La química del suelo comprende aspectos de la química de soluciones y de la química de fase solidas (mineralogía). La zona de contacto entre la fase sólida y líquida es muy importante en la química del suelo. Esta, en muchos aspectos, se relaciona con la química coloidal, en la cual las fuerzas superficiales juegan un papel destacado. En la mayoría de los suelos, los iones absorbidos presentan un equilibrio de acción lenta con los iones absorbidos en el interior de las partículas minerales, y en equilibrio rápido con los iones disueltos en la fase líquida *Lorente Herrera, 2007*.

- **pH, acidez y alcalinidad**

El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementan, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 7.0 son ácidos, valores superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud en la acidez o alcalinidad ( por ejemplo: un pH 6.0 es diez veces más ácido que uno de pH 7.0, mientras que un pH 5.0 es 100 veces más ácido que el de 7.0) *Ibáñez J. , 2007*.

- **Efecto del pH en los nutrientes**

El efecto del pH sobre el crecimiento de las plantas ocurre a nivel de la nutrición. El pH del suelo influye en la tasa de liberación de nutrientes por meteorización, en la solubilización de todos los materiales del suelo y en la cantidad de iones nutritivos almacenados en los sitios de intercambio catiónico. El pH es, pues, una buena orientación para predecir cuales son los nutrientes que pueden encontrarse en estado deficitario. Ante el problema del pH, que puede bloquear los nutrientes, el agricultor tiene dos alternativas: aplicar enmiendas para llevar el suelo a un pH más favorable, o proporcionarle suficientes fertilizantes para reparar la deficiencia a pesar del pH. Las exigencias nutritivas varían con la especie vegetal y, en consecuencia, también es variable el pH más adecuado. Generalmente, el pH

óptimo oscila entre 6,0 y 7,5, porque en este intervalo, todos los nutrientes se muestran razonablemente accesibles, a excepción de las plantas acidófitas que prefieren pH ácidos en torno a 5 a 6, como por ejemplo las azaleas, los rododendros o los fresales *Lorente Herrera, 2007*.

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo. El más importante es el intercambio iónico. Junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Aumentos en el pH traen como consecuencia un incremento en las cargas negativas ya que el aluminio se precipita, la concentración de hidrogeniones disminuye *Ramírez Carvajal, 1997*.

La capacidad aproximada de intercambio catiónico del humus es elevada. Esto es importante, ya que supone la posibilidad de tener un depósito de iones minerales que pueden ser cedidos a la solución del suelo y asimilados por las plantas. El complejo de cambio actúa como reserva de nutrientes en el suelo. La materia orgánica posee una elevada capacidad de intercambio catiónico (aproximadamente de 200 cmol (+)/Kg de materia orgánica), debido al carácter coloidal de las moléculas húmicas, lo que incrementa su papel como reserva de nutrientes del suelo. La CIC de la materia orgánica es de 3 a 5 veces superior a la CIC de las arcillas. Este valor depende esencialmente del grado de oxidación de la materia orgánica humificada. Al aumentar el grado de oxidación aumenta también el número de grupos funcionales capaces de intercambiar cationes con el medio *Jordán López, 2006*.

- **Materia orgánica**

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua

del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo. La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, provocada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica *Manual Agopecuario, 2004.*

### **3.3.2. Características físicas del suelo**

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles *Rucks, García, Kaplán, & Hill, 2004.*

- **Textura**

La textura es una de las propiedades más permanentes del suelo, no obstante puede sufrir cambios por laboreo (mezcla de horizontes), erosión eólica (suelos más gruesos por pérdida de material), erosión hídrica (deposición de materiales más finos), etc. Es el elemento que mejor caracteriza al suelo desde el punto de vista físico. La permeabilidad, la consistencia, la capacidad de intercambio de iones, de retención hídrica, distribución de poros, infiltración y estructura, son algunas de las características del suelo que en gran medida dependen de la proporción de las

distintas fracciones texturales que constituyen un determinado suelo *Quiroga & Bono, 2012*.

La textura es la proporción en que se encuentra los diferentes separados (arena, limo, arcilla), que conforman el suelo. De acuerdo con el separado que predomine en el suelo, éste recibe su nombre, dando origen a los siguientes tipos de suelo *Manual Agopecuario, 2004*

- Suelos arenosos o livianos: Son suelos sueltos con mucha aireación, baja retención de aguas, muy permeables, poco fértiles, especialmente se encuentran en zonas de alta pluviosidad.
- Suelos arcillosos o pesados: Son suelos con buenas propiedades químicas, pero de propiedades físicas de difícil manejo, poco permeables; se erosionan con facilidad debido a que el agua no penetra, sino que corre superficialmente y arrastra nutrientes.
- Suelos limosos: Las propiedades físicas y químicas de estos suelos hacen que se encharquen fácilmente, ocasionando algunos problemas a las plantas por deficiencia de oxígeno.
- Suelos francos: Estos suelos son ideales porque tienen proporción adecuada entre sus componentes (arena, limo, arcilla). Presentan proporciones físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de las plantas.
- **Estructura del suelo**

Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. El arreglo entre las partículas del suelo, la estructura, determina el espacio entre las mismas, que son

predominantemente macroporosos. Según el nivel de observación, se puede hablar de macroestructura o microestructura. La macroestructura, es el arreglo de las partículas secundarias y primarias visibles a simple vista. La microestructura es el arreglo de las partículas primarias para formar las secundarias; de ella depende en alto grado la macroestructura. Al atender a la microestructura, se observa que los componentes coloidales del suelo (plasma) actúan como cemento de los granos más gruesos (esqueleto) *Rucks, García, Kaplán, & Hill, 2004*.

- **Profundidad del suelo**

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten *Ibáñez J. , 2007*.

- **Densidad aparente**

La densidad aparente (DA) es una propiedad del suelo ampliamente utilizada en la agricultura, relacionada principalmente con las prácticas de manejo de los suelos y de las aguas. Recientemente ha aumentado la preocupación respecto a la determinación y exactitud en su medición, debido al incremento del uso de irrigación, de tierras cultivadas sin labranza y a la compactación del suelo. La DA es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo. Incluso, en algunas especies ejerce un mayor efecto que el mismo uso de fertilizantes, el cual puede ser más notable cuando no se aplican estos últimos. Este comportamiento está asociado con las condiciones de disponibilidad y la tasa de difusión de los nutrimentos en el suelo. Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces. La AD es afectada por las partículas

sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo *Salamanca & Sadeghian, 2005*.

- **Compactación del suelo**

La compactación del suelo provoca disminución de los rendimientos agrícolas, mayores requerimientos energéticos en labranzas y labores culturales, necesidades de resiembras, mayores dosis de agroquímicos y número de pasadas de los equipos, necesidades crecientes de fertilizantes e ineficiencia en el uso de la maquinaria. La compactación se determina a través de la medición directa de propiedades del suelo como: densidad de volumen, porosidad total, índice de poros, volumen específico, y de forma indirecta por su acción sobre estas y otras propiedades que influyen en la resistencia a la penetración, la permeabilidad al aire y al agua *Gonzales Cueto, Iglesias Coronel, & Herrera Suárez, 2009*.

### **3.3.3. Características biológicas del suelo**

La presencia de organismos dentro del suelo es una señal inequívoca de la calidad que posee dicho ecosistema. Muchas veces basta con observar la presencia de organismos vivos para saber cómo se encuentra el suelo y para qué lo podemos usar. Cómo ha sido explotado o sencillamente saber que problemas podríamos enfrentar al establecer un cultivo determinado. En el suelo se encuentra representada la gran mayoría de los componentes del reino animal, teniendo predominio los invertebrados. La función principal de los organismos vivos en los suelos es precisamente el enriquecimiento del mismo a través de la transformación de la materia orgánica y modificación de algunas propiedades físicas como la porosidad, aireación, drenaje, etc. *Marín, 2011*.

Entre las propiedades o características biológicas que pueden incluirse en un índice de calidad de suelo para evaluar la calidad de un suelo, pueden incluirse mediciones de micro y macroorganismos y sus actividades o funciones. También pueden ser utilizados, la concentración o población de lombrices, nematodos, termitas,

hormigas, así como la biomasa microbiana, hongos, actinomicetos o líquenes, debido al rol que ejercen en el desarrollo y la conservación del suelo, ciclaje de nutrientes y fertilidad del suelo *Wilson, 2017*.

- **Macroorganismos**

Los macroorganismos son los encargados de triturar los restos vegetales y animales que caen al suelo, reduciendo su tamaño y volumen. De esta manera preparan los materiales para que los microorganismos los degraden y conviertan en fuente de nutrientes para las plantas *Bonilla , Gómez, & Sánchez, 2002*.

Según *Manual Agropecuario, 2004*, algunos macroorganismos presentes en el suelo son:

- Mamíferos: (ratones, ratas, topes), crean galerías que permiten la penetración del agua y aire en el suelo para proveer de oxígeno y ayuda a la descomposición.
- Lombrices: Estos organismos pueden tener una biomasa de hasta 18.000 kg/ha, aunque en promedio su valor es 500 kg/ha, lo cual representa aproximadamente el 0.9% o el 0.02 % del peso del suelo, respectivamente. Los orificios que algunas lombrices de tierra dejan en el suelo permiten una mejor aireación y drenaje del mismo.
- Artrópodos: Constituyen alrededor del 10% de la biomasa del suelo. Su principal función es trocear la materia orgánica y dar soporte adecuado a la vida microbiana. Existen 4 especies de artrópodos en la macrofauna del suelo. Arácnidos (ácaros), Miriápodos (ciempiés y milpiés), Colémbolos, Isópteros (termitas).

- Moluscos: se alimentan en la superficie del suelo y se desplazan por su contorno, incorporando materia orgánica. También segregan mucoproteínas que contribuyen a formar agregados de tierra hidroestables *Caly, 2014*.
- **Microorganismos**

Los microorganismos desarrollan en la rizósfera actividades metabólicas de las que se benefician las plantas: transformaciones de la materia orgánica del suelo, movilización de nutrientes inorgánicos, producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, antagonismos frente a patógenos, etc. *Rodas, 2012*.

Según *INTA, 2015*, dentro de los cuales tenemos los siguientes grupos:

- Bacterias: constituyen el grupo más diverso de microorganismos del suelo, hay benéficos y fitopatógenos. Los actinomicetos pertenecen a este grupo.
- Hongos: los hay de vida libre y otros como las micorrizas que viven en forma simbiótica en las raíces de plantas. Muchos hongos son importantes en los procesos de descomposición de la materia orgánica. Además de los hongos benéficos, también se pueden aislar del suelo los hongos fitopatógenos. Las levaduras pertenecen a este grupo.
- Protozoarios: requieren de oxígeno por lo cual se encuentran cerca de la superficie del suelo. Se nutren de algas y bacterias del suelo.
- Micro algas: se encuentran cerca de la superficie del suelo. Son fuente de nutrientes para protozoarios, hongos, lombrices de tierra y nematodos.

### **3.4. NITROGENO (N)**

### 3.4.1. Origen

Este elemento se presenta muchas veces como un limitante en el desarrollo de las plantas, porque es removido del suelo en cantidades superiores al resto de los nutrientes y el nivel en el suelo es muy bajo. Los vegetales la emplean en la formación de proteínas, ácidos nucleicos, amino azúcares y otras moléculas muy importantes de la célula. Favorece el desarrollo vegetal, el tamaño de los granos, el porcentaje de proteínas y la absorción de fósforo y potasio, modifican la composición química y la calidad de los vegetales. La fuente principal de nitrógeno proviene de la atmósfera donde está en una proporción del 79%. La mayor reserva de nitrógeno (N) la constituyen las rocas primarias (98% de todo el nitrógeno) la atmósfera, otras rocas y sedimentos. El reservorio más pequeño lo constituye el suelo Arévalo, 2017.

### 3.4.2. Propiedades

Cuadro 4. Propiedades del Nitrógeno.

Número atómico	7
Peso atómico	14,008
Radio atómico covalente	0,70 Å
Radio del ion N <sup>3-</sup>	1,71 Å
Abundancia de los isótopos	N <sup>14</sup> , 99,62%; N <sup>15</sup> , 0,38%
Notación espectral	1s <sup>2</sup> ; 2s <sup>2</sup> , 2p <sup>3</sup>
Estado físico	Gas incoloro, inodoro e insípido
Fórmula molecular	N <sub>2</sub>
Densidad absoluta (en c. n.).	1,2506 g/L
Densidad relativa, (aire = 1)	0,9672
Densidad del N <sub>2</sub> líquido	8,808
Solubilidad en agua (cm <sup>3</sup> en c. n. por litro):	a 0 °C.....23,54 a 25 °C.....14,34

Punto de ebullición	-195,8 °C
Punto de congelación	-209,86 °C
Temperatura crítica	-147,1 °C
Presión crítica	33,5 atm

*Fuente: Trinidad, 2013.*

### **3.4.3. Ciclo del nitrógeno**

El ciclo del nitrógeno es particularmente complejo y dinámico, ya que en él se dan una serie de cambios y transformaciones, de las cuales un gran número de ellas dependen netamente de procesos microbiales, que a su vez se ven afectados por diferentes factores como: temperatura, humedad, aireación y pH del suelo entre otros *Elizondo, 2006.*

Los organismos autótrofos requieren típicamente un suministro de nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mientras que los heterótrofos lo necesitan en forma de grupos amino ( $-\text{NH}_2$ ), y lo toman en sus alimentos formando parte de la composición de distintas biomoléculas. Los autótrofos reducen el nitrógeno oxidado que reciben como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a grupos amino, reducidos (asimilación). Para volver a contar con nitrato hace falta que los descomponedores lo extraigan de la biomasa dejándolo en la forma reducida de ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), proceso llamado amonificación; y que luego el amonio sea oxidado a nitrato, proceso llamado nitrificación. El ciclo se completa con los procesos de fijación de nitrógeno, que origina compuestos solubles a partir del  $\text{N}_2$ , y la desnitrificación que es una forma de respiración anaerobia que devuelve  $\text{N}_2$  a la atmósfera completando el ciclo *Iñón, 2018.*

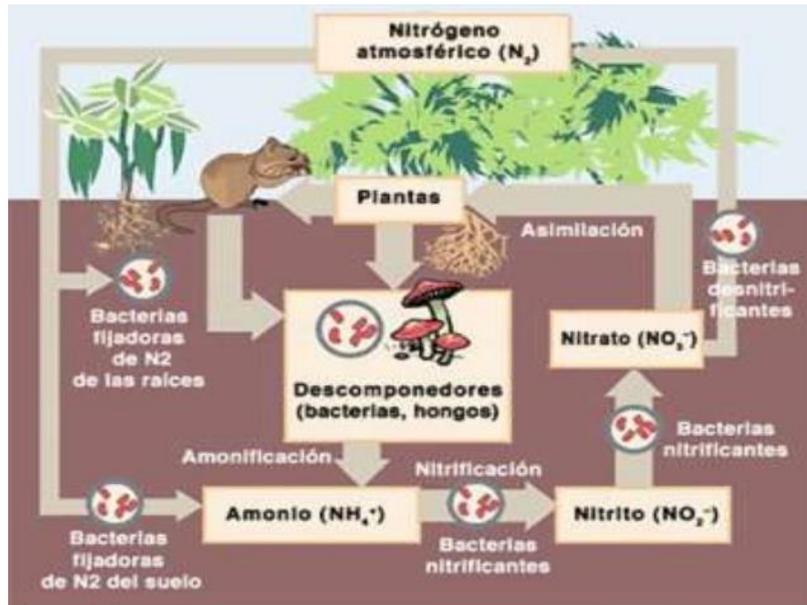


Figura 2. Ciclo del Nitrógeno.

Fuente: Iñón, 2018.

#### 3.4.4. Fases del ciclo

Las bacterias juegan un papel crucial para el Ciclo del Nitrógeno mediante varios procesos:

- **Fijación**

Es la fase del ciclo donde el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera terrestre se integra en la vegetación, por medio de unos microorganismos que están en el suelo y en medios acuáticos. Esto sucede porque el nitrógeno gaseoso se transforma en amoníaco, ya que las bacterias lo transforman y lo descomponen absorbiendo los nutrientes que estas utilizan para subsistir, y de esta manera se fijan al suelo, estas bacterias son precavidas ya que viven en las raíces de las plantas para que el oxígeno no llegue a ellas y pueda transformar el nitrógeno y no hacerles daño Lara, 2016.

- **Nitrificación**

La nitrificación es el proceso por el cual varias especies de bacterias comunes en los suelos son capaces de oxidar el amoníaco o el ión amonio. Es un proceso generador de energía, y la energía liberada es utilizada por estas bacterias como fuente de energía primaria. Un grupo de bacterias oxida el amoníaco o ión amonio a nitrito y luego otro grupo lo oxida a nitrato *Iñón, 2018*.

Es una fase donde otras bacterias que están en el suelo oxidan el amoníaco y lo convierten en amonio, generando energía, después otras bacterias la vuelven a oxidar y el amonio lo transforma en nitrato, esto también va a depender de la temperatura del suelo y de su PH, en esta parte de la fase es la oxidación de las bacterias de nitrógeno por otras que las oxidan transformándolas en amonio y otras en nitratos, siendo el segundo paso de la fase *Lara, 2016*.

- **Asimilación**

Los vegetales absorben el nitrato del suelo y lo utilizan para fabricar proteínas, las que pasan a los animales a través de la cadena alimentaria. El ciclo se reinicia con los desechos de animales o cuando animales y vegetales mueren *Rosales, 2011*.

- **Amonificación**

Es el proceso por el cual los compuestos nitrogenados encontrados en el suelo, productos de la descomposición de materiales orgánicos complejos tales como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y nucleótidos son degradados a compuestos simples por organismos que habitan el suelo, principalmente bacterias y hongos. Estos microorganismos metabolizan estos compuestos y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco o ion amonio. La amonificación es la conversión del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino (-NH<sub>2</sub>) o imino (-NH-) a ion amonio *Iñón, 2018*.

- **Inmovilización**

En esta fase del ciclo aquello que no es inorgánico se le incorpora el nitrógeno formando un nitrógeno orgánico, siendo lo contrario de la nitrificación, por lo que las plantas no lo absorben porque no hay una descomposición previa y no lo pueden usar *Montenegro, 2018*.

- **Desnitrificación**

Aquí es donde otras bacterias llamadas Desnitrificadoras desoxidan los nitratos y el amoníaco y lo regresan a la atmósfera en forma de nitrógeno gaseoso, en la mayoría de los casos esto no sucede por las alteraciones que el hombre le ocasiona al suelo por que utilizamos fertilizantes y otros químicos para que las plantas y vegetales crezcan rápido y ya no se deja que el proceso sea completado de la manera correcta, y no se puede llevar a cabo por que los pesticidas, fertilizantes y productos que a los productores les dé mayor ganancia a las plantas y bacterias del suelo las daña no permitiendo reproducirse y regresando el nitrógeno a la atmósfera de manera limpia *Soto, 2017*.

- **Aportaciones por lluvia**

Los aportes de N por las lluvias son de escasa relevancia en la producción agrícola. En regiones desérticas se estima que las cantidades de N aportadas por este mecanismo son del orden de 5 kg. Ha<sup>-1</sup> año, mientras que en zonas de intensa actividad industrial podrían ser hasta de 30 kg. Ha<sup>-1</sup> año. Las principales formas de N aportadas por las precipitaciones son NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O. La mayor parte de estos compuestos de N son producidos en el suelo, pasan a la atmósfera por procesos como volatilización y desnitrificación, y vuelven a caer con la lluvia en sitios cercanos a su lugar de origen. Parte del NO<sub>3</sub> - que vuelve con la lluvia es producido por descargas eléctricas que ocurren en la atmósfera *Perdomo & Barbazán, 2006*.

### 3.4.5. Formas del nitrógeno

Las únicas fuentes de nitrógenos son la materia orgánica y el nitrógeno de la atmosfera del suelo. Este elemento se encuentra en forma de Nitrógeno orgánico, en forma de Nitrógeno amoniacal y en forma de Nitratos (NO<sub>3</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) *Molina, 2018.*

- Nitrógeno orgánico: Ingresa al suelo por restos orgánicos en descomposición. Representa el 83% de N total del suelo. Para que las plantas puedan aprovechar el nitrógeno que proviene de la materia orgánica, primero, éste debe ser mineralizado en nitrógeno inorgánico que las plantas puedan absorber *Molina, 2018.*
- Nitrógeno amoniacal: Se encuentra retenido en las arcillas del suelo. Es lentamente disponible para las plantas *Molina, 2018.*
- Nitratos (NO<sub>3</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>): aprovechable inmediatamente por las plantas. N<sub>2</sub>O NO N<sub>2</sub> *Molina, 2018.*

### 3.4.6. Fijación del nitrógeno en el suelo

- **Fijación por Rhizobia**

Se denominan Rizobios. A este grupo pertenecen *Rhizobium* (nodulan en raíces de leguminosas de climas templados y subtropicales), *Azorhizobium* (nódulos en tallos y raíces) y *Bradyrhizobium* (nodula raíces de soja). Existen otros formadores de nódulos de fijación dudosa de nitrógeno como son: *Phyllobacterium* (forma nódulos en tallos y hojas de mirsináceas y rubiáceas) y *Agrobacterium* *Calva, 2012.*

El *Rhizobium* es una de las bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. El proceso de establecimiento del nódulo no es sencillo y es necesario que se den unas condiciones muy específicas. Presencia de elementos minerales en el suelo. Ciertas deficiencias o excesos de algunos minerales afectan directa o indirectamente a la nodulación. La presencia de

molibdeno en cantidad suficiente es necesaria ya que es un constituyente de la nitrogenasa. Otros elementos como el calcio, fósforo, azufre, cobre o zinc tienen efectos en el pH del suelo y afectan directamente en la fijación. Todas las estirpes bacterianas necesitan valores de pH del suelo superiores a 5, a excepción del *R. lupini* (pH 3,2) y *R. japonicum* (pH 4,2) Vida Sana, 2015.

Algunos fijadores libres, como *Azotobacter*, requieren hasta 100 unidades de equivalentes de glucosa por unidad de nitrógeno fijado. Por ello su significación agrícola es baja, que se incrementa considerablemente en el caso de la fijación simbiótica, como la establecida entre *Rhizobium* y la leguminosa, donde la relación disminuye de 6 a 12 unidades de glucosa consumidas por unidad de nitrógeno reducido. En este caso, además, la fuente de energía son los compuestos carbonados suministrados directamente por la planta derivados de la fotosíntesis, mientras que los fijadores libres han de tomarlos del suelo donde no existen en la cantidad y forma necesarias. Así de hecho, *Azotobacter* proporciona al suelo unos cientos de gramos de nitrógeno por hectárea/año y, en cambio, este valor sube en la asociación de *Rhizobium* con alfalfa, trébol, guisante o soja, a unos cientos de kilos. A pesar de estas diferencias, la fijación libre por sí sola representa a nivel global algo menos de la mitad del total de N<sub>2</sub> fijado por año (Fig. 2), ya que la simbiótica, aunque sea más alta, está limitada a unas pocas especies vegetales, entre ellas, las leguminosas de gran importancia económica y social Olivares, 2008.

- **Fijación por microorganismos**

Los microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre, abarcan una gama morfológica que va desde los organismos unicelulares como las bacterias y algunas cianobacterias, hasta multicelulares como las cianobacterias filamentosas y los actinomicetes, que habitan diferentes ambientes, incluyendo los extremos, todos procarióticos; comprendiendo así microorganismos pertenecientes a los Dominios Archaea y Bacteria, los cuales pueden formar asociaciones con organismos pertenecientes al Dominio Eucaria. Estas asociaciones pueden ser de tipo no simbiótico, ocurriendo principalmente en la filósfera o la rizósfera de algunas

plantas, o de tipo simbiótico, dándose en briofitas (musgos, hepáticas y antocerotas), helechos (Azolla), gimnospermas (cícadas) y angiospermas (Gunnera, leguminosas y Parasponia) y en zonas de la planta que incluyen la raíz, el tallo y las hojas *Mayz, 2004*.

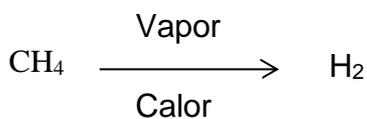
En el medio acuático, los microorganismos encargados de la fijación de nitrógeno son las cianobacterias. Algunas especies de helechos de agua, como la Azorella, tienen cavidades en donde viven cianobacterias, encargadas de aportarle nitrógeno a la planta. La cantidad anual de nitrógeno fijado por bacterias es muy grande, aproximadamente de 200 millones de toneladas anuales. Este nitrógeno, en forma de nitratos y amonio, es asimilable por las plantas, que lo utilizan para sintetizar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Luego los animales herbívoros obtienen el nitrógeno alimentándose de estas plantas, y así este elemento comienza a recorrer toda la cadena alimenticia *Química, 2010*.

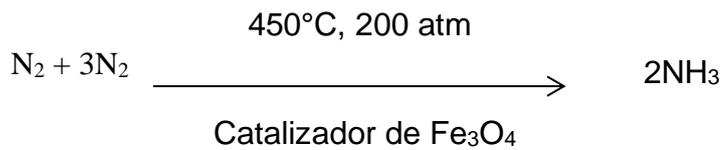
- **Fijación por descargas eléctricas**

Todas estas distintas formas de nitrógeno atmosférico están siendo continuamente devueltas al suelo por la lluvia. La cantidad de nitrógeno fijado llevado de esta forma al terreno ha sido estimada de 1 a 50 Kg/Ha anualmente, dependiendo del lugar. Estas cifras son mayores por lo general alrededor de las áreas de intensa actividad industrial, y como norma son mayores en las zonas tropicales que en las polares o las templadas *Graetz, 2010*.

- **Fijación industrial**

La fijación industrial del nitrógeno se realiza mediante el método de Haber Bosch:





El H<sub>2</sub> y la energía necesaria para generar temperaturas tan elevadas proceden de los combustibles fósiles. A medida que aumenta el precio de la energía se incrementa el precio del nitrógeno fertilizante *Caffa & De Bernardin, 2016*.

### 3.4.7. Pérdidas del nitrógeno

- **Volatilización**

Mediante la volatilización se da la pérdida de aproximadamente el 20% del nitrógeno de los suelos. Los nitratos y nitritos pasan a hiponitritos (HNO) que es volátil o bien a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en presencia de pH mayores de 7 y a óxido nítrico (2NO) en presencia de suelos con pH menores de 6 *Marín, 2011*.

- **Desnitrificación**

A través de la desnitrificación, las formas oxidadas de nitrógeno como el nitrato y el nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) se convierte en N<sub>2</sub> y, en menor medida, en gas óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y óxido nítrico (NO). La desnitrificación es un proceso anaeróbico realizado por bacterias desnitrificantes como algunos bacilos y pseudomonas *Marín, 2011*.

- **Lixiviación**

La concentración de nitratos en el suelo decrece con la profundidad, por lo tanto es un fenómeno general en la región pampeana encontrar mayor concentración cerca de la superficie del suelo. Por otro lado, en la región pampeana se ha establecido para los distintos cultivos (maíz, trigo girasol) que pueden absorber agua de 0.80 m hasta 2 m de profundidad (suelos arcillosos a arenosos) durante la floración, momento de máxima biomasa y profundidad de raíces. En general, las mayores

pérdidas por lixiviación de nitratos podrían ocurrir con altas fertilizaciones y precipitaciones y bajo consumos de los cultivos (estados iniciales) *Quiroga & Bono, 2012*.

### **3.4.8. El nitrógeno en la planta**

- **Funciones**

El nitrógeno tiene un papel en la alimentación de las plantas como factor de crecimiento y desarrollo vegetativo. El nitrógeno es uno de los constituyentes de los compuestos orgánicos de los vegetales. Interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento. Es necesario para la formación de los aminoácidos, proteínas, enzimas, etc. De modo que, el aporte del nitrógeno en cantidades óptimas conduce a la obtención de forrajes y granos con mayor contenido proteico *AgroEs, 2018*.

El nitrógeno es el principal responsable del crecimiento del tallo, hojas, ramas y vigor en general. También se puede encontrar en diferentes formatos: orgánico, amoniacal y nítrico. La diferencia básica entre estos formatos está en la velocidad de absorción del nitrógeno por parte de la planta, siendo el formato amoniacal el de más rápida absorción y en consecuencia el que puede llegar a producir un exceso de este nutriente con más facilidad *Montalvan, 2014*.

- **La falta de nitrógeno en la planta**

Según *Mi Riego, 2017*, las plantas con carencias de Nitrógeno presentan los siguientes síntomas:

- Menor tamaño de lo normal.
- Clorosis en las hojas adultas.
- Algunas plantas como el maíz muestran una coloración purpúrea causada por la acumulación de pigmentos antocianos.
- Mayor concentración de azúcares.

- Menor crecimiento foliar frente al desarrollo radicular.
  - Disminución de tamaño celular.
  - Disminución de síntesis de proteínas.
  - La floración queda muy restringida con notable reflejo en la fructificación.
  - Las enfermedades, heladas y granizadas producen mayores efectos.
  - El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
  - Se adelanta la floración y la maduración.
- **El exceso de nitrógeno en la planta**

El exceso de Nitrógeno también es muy perjudicial en el crecimiento exagerado, formando plantas débiles y tiernas y, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia y al granizo, al frío, etc. Además Cambia las propiedades osmóticas de la planta. En lugar de ingresar agua a la planta, esta es expulsada hacia afuera y las hojas se contorsionan intentando conservar agua, al borde de la deshidratación *Montalvan, 2014*.

### **3.4.9. Formas de ser absorbido por la planta**

- **Forma nítrica**

Los  $\text{NO}_3$  se absorben de manera activa, es decir, con gasto de energía. Enzimas especiales catalizan el pasaje de los iones  $\text{NO}_3$  a través de las membranas celulares, sobre todo a nivel de los pelos radicales. Como ya se indicó, los  $\text{NO}_3$  se absorben en menor proporción cuando las temperaturas son bajas. La absorción también está afectada por el molibdeno, ya que se forma una molibdoproteína en la superficie de células radicales para el transporte de  $\text{NO}_3$  *AGRICULTORES, 2016*.

- **Forma amoniacal**

La absorción del  $\text{NH}_4^+$  se cumple a través de un proceso activo y otro pasivo. En experimentos donde se han utilizado inhibidores metabólicos, se ha demostrado que

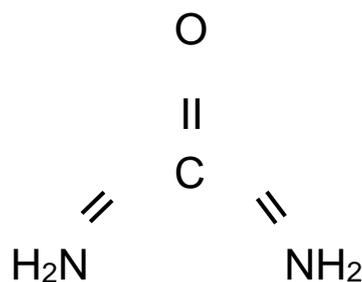
inhibe la liberación de energía respiratoria la absorción de  $\text{NH}_4$  se reduce a la mitad, pero esta no se inhibe completamente, como sucede con la absorción de  $\text{NH}_3$ . El  $\text{NH}_4^+$  incrementa su absorción a valores de pH cercanos a 8. Su absorción produce un incremento de la absorción de aniones inorgánicos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  Y  $\text{Cl}^-$ ) y el pH de la rizosfera puede decrecer debido a la liberación de  $\text{H}^+$  por la raíz para mantener la neutralidad eléctrica *AGRICULTORES, 2016*.

### 3.4.10. Fertilizantes nitrogenados

Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo. Un fertilizante nitrogenado es simplemente un abono al que se le incorpora nitrógeno o compuestos de éste. Básicamente aportan nitrógeno, aunque en muchos casos contienen azufre, magnesio, calcio e incluso microelementos. También se pueden encontrar abonos con fósforo y potasio, pero se clasifican en otra categoría. *Aparici, Mas Adelantado, Muñoz, & Safonf, 2014*.

- **Urea**

La urea es uno de los fertilizantes más concentrados en nitrógeno (46%) y normalmente el más económico en el mercador, se comercializa en modalidades perlada y granulada, la primera para uso en fertirrigación y la segunda, para aplicación directa al suelo. Es muy soluble y a menudo usada en formulaciones líquidas. Su alta solubilidad la hace popular para inyectarla en sistemas de riego localizado. Es clasificada como fuente amoniacal y por lo tanto, tiende a acidificar el suelo *Sierra, 2010*.



La urea es un compuesto químico cristalino e incoloro, también es conocida como carbamida y es el principal producto terminal del metabolismo de proteínas en los mamíferos, se forma a través de una serie de reacciones químicas conocidas como ciclo de la urea siendo ésta el principal producto de eliminación del amoníaco, sustancia tóxica para el organismo, siendo sus principales medios de excreción el sudor y la orina *Trullas, Ferré, & Neira, 2008*.

- **Propiedades**

*Cuadro 5. Propiedades de la Urea.*

<b>Peso molecular:</b>	60.06 g/mol
<b>Densidad:</b>	768 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Punto de fusión:</b>	132.7 °C
<b>Calor de fusión:</b>	5.78 a 6 cal/gr
<b>Calor de combustión:</b>	2531 cal/gr
<b>Humedad crítica relativa (a 30°C):</b>	73%
<b>Índice de salinidad:</b>	75.4
<b>Corrosividad:</b>	Corrosivo al acero al carbón, poco al aluminio, zinc y cobre. No lo es al vidrio y aceros especiales

*Fuente: QuimiNet, 2007.*

- **Solubilidad**

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Pero poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente.

- **Solubilidad en agua**

*Cuadro 6. Solubilidad en agua de la urea.*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Gramos/100g SC</b>
<b>20</b>	52
<b>30</b>	62.5
<b>60</b>	71.5
<b>80</b>	80
<b>100</b>	88

*Fuente: Textos Científicos, 2008.*

- **Solubilidad en alcohol**

*Cuadro 7. Solubilidad en alcohol de la urea.*

<b>Alcohol</b>	<b>Gramos/100g SC</b>
<b>Metanol</b>	27.7
<b>Etanol</b>	7.2
<b>n-propanol</b>	3.6
<b>Isobutanol</b>	2.3

*Fuente: Textos Científicos, 2008.*

- **Principales reacciones**

Por termo descomposición, a temperaturas cercanas a los 150 – 160 °C, produce gases inflamables y tóxicos y otros compuestos. Por ejemplo amoníaco, dióxido de carbono, cianato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OCN}$ ) y biurea  $\text{HN}(\text{CONH}_2)_2$ . Si se continúa calentando, se obtienen compuestos cíclicos del ácido cinabrio. Soluciones de urea neutra, se hidrolizan muy lentamente en ausencia de microorganismos, dando amoníaco y dióxido de carbono. La cinética aumenta a mayores temperaturas, con el agregado de ácidos o bases y con un incremento de la concentración de urea *Textos Científicos, 2008.*

- **Urea en la naturaleza**

La urea es producida por los mamíferos como producto de la eliminación del amoníaco, el cual es altamente tóxico para los mismos. El llamado ciclo de la urea, es el proceso que consiste en la formación de urea a partir de amoníaco. Es un proceso que consume energía, pero es indispensable para el quimismo vital. En los humanos al igual que en el resto de los mamíferos, la urea es un producto de desecho, producido cuando el cuerpo ha digerido las proteínas. Esta es llevada a través de la sangre a los riñones, los cuales filtran la urea de la sangre y la depositan en la orina. Un hombre adulto elimina aproximadamente unos 28 g de urea por día. Por otra parte, se encuentran en el suelo numerosas bacterias que liberan una enzima llamada ureasa. La ureasa es una enzima hidrolítica que cataliza la reacción de descomposición de urea por el agua, con formación de una molécula de anhídrido carbónico y dos moléculas de amoníaco *Textos Científicos, 2008*.

- **Fertilizante**

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. También se utiliza la urea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03%) como fertilizante de uso foliar. Se disuelve en agua y se aplica a las hojas de las plantas, sobre todo frutales, cítricos. La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, el cual es esencial en el metabolismo de la planta ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales *Textos Científicos, 2008*.

- **Compatibilidad**

Compatible con la mayoría de fertilizantes. Compatibilidad limitada con triple superfosfato y superfosfato sencillo, ya que reaccionan formando agua y esto causa

apelmazamiento. Incompatible con nitrato de amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una humedad critica relativa de 18% a 30°C *DIDEVAL, 2017*.

#### **3.4.11. Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados**

Los fertilizantes nitrogenados amoniacaes pueden acidificar el suelo debido a que la conversión de amonio a nitrato por nitrificación libera hidrógenos. Este proceso también se cumple con el nitrógeno proveniente de estiércol de ganado y otros abonos orgánicos. Fertilizantes como el sulfato de amonio, urea y nitrato de amonio, cuando son aplicados al suelo, se disocian liberando amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Esta forma de nitrógeno se convierte en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a través de la oxidación biológica o nitrificación produciendo un exceso de  $\text{H}^+$  que acidifica el suelo. La aplicación intensiva de fertilizantes también puede incrementar la lixiviación de Ca y Mg debido a que éstos nutrientes sólo se mueven cuando van acompañados de un anión como el  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{SO}_4$  *CIA, 2014*.

#### **3.4.12. Contaminación por nitratos**

La contaminación por nitratos es un problema generalizado y creciente que afecta a la calidad de las aguas subterráneas y supone un riesgo para la salud, especialmente en el caso de los niños. El uso masivo de fertilizantes nitrogenados y la mala gestión de purines en explotaciones agrícolas han llevado a que en numerosas áreas de España se excedan los límites de nitratos establecidos por la Organización Mundial de la Salud *El Agua, 2006*.

- **En el medio ambiente y en la salud**

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, residuos de animales o derrames de agua procedente de explotaciones ganaderas o la infiltración de drenaje humano

proveniente de las fosas sépticas puede ocasionar que nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) terminen contaminando los acuíferos. Los microorganismos presentes en el suelo, el agua y el drenaje transforman los nitratos en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ). Ambas sales de nitrógeno tienen efectos perjudiciales sobre el medio ambiente y la salud. El exceso de nitrato en las aguas puede originar fenómenos de eutrofización, es decir, la proliferación de algas en superficie que forman una capa impidiendo la penetración de los rayos solares en el agua. Como consecuencia, en el fondo se agota pronto el oxígeno y el ambiente se vuelve pronto anóxico, apareciendo fenómenos de putrefacción. En la agricultura, la eutrofización reduce la calidad de las aguas y ocasiona daños en los sistemas de riegos. Las aguas eutrofizadas se vuelven insalubres y no aptas para el consumo *SIMAC, 2018*.

Está demostrado que un exceso de nitratos en la dieta de las personas, puede favorecer la transformación de la hemoglobina de la sangre (necesaria para el transporte de oxígeno por el cuerpo), en metahemoglobina. Este compuesto, por el contrario, no es capaz de realizar esta función de transporte de oxígeno tan importante, por lo que el efecto final es una falta de oxigenación de los tejidos. Además, la ingesta excesiva de nitratos en personas adultas, transforma los nitratos en nitritos y, éstos a su vez, en nitrosaminas y nitrosamidas que son sustancias con efecto cancerígeno *Fernández & Soria, 2018*.

- **En el agua**

Los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa ( $\text{NO}_3^-$ ), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos *Palomares, 2013*.

La contaminación del agua subterránea por nitratos producto de la fertilización excesiva o de la inadecuada disposición de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas constituye un problema de actualidad, no sólo en los países en vías de desarrollo, sino también en los llamados desarrollados. Las consecuencias asociadas a este deterioro pueden repercutir sobre la salud de las comunidades a corto, mediano o largo plazo, de aquí la necesidad de tomar medidas a fin de disminuir la polución por los mismos *Larios, 2009*.

- **En la agricultura**

El nitrato en el suelo está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que se denomina ciclo del nitrógeno. Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema, para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción los cultivos, es necesario conocer cómo influyen las prácticas agrícolas y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo. La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del N en los suelos agrícolas. Esta absorción es la que el agricultor debe optimizar para conseguir una buena producción y un beneficio económico. Del N absorbido por la planta, una parte vuelve al suelo después de la cosecha en forma de residuos (raíces, tallos y hojas) y puede ser aprovechado por los cultivos siguientes; otra parte se extrae del campo con la cosecha. Existen datos de la extracción aproximada de N por las cosechas, pero estos valores no pueden emplearse directamente para el cálculo del abonado necesario para cada cultivo sin conocer la eficiencia de utilización del N fertilizante en cada caso; como se verá más adelante, esta eficiencia es variable en diferentes situaciones. La extracción de N por la cosecha sólo da una idea de las necesidades mínimas de nitrógeno que tiene el cultivo *Ramos & Ocio, 2006*.

### **3.4.13. Las consecuencias de utilizar fertilizantes**

La salud del suelo está basada en un balance complejo entre macronutrientes, micronutrientes y la flora microbiana, el conjunto de bacterias y hongos del suelo

que le aportan fertilidad y actúan como consumidores de CO<sub>2</sub>. Es un proceso natural mucho más complicado que puramente aportar nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) al suelo en las dosis y concentraciones recomendadas por cultivo y superficie. Y es que la ciencia aún no conoce completamente los procesos y requerimientos nutricionales del suelo. Los técnicos encargados de la producción agrícola se han centrado casi exclusivamente en NPK desde su descubrimiento a mediados del siglo XIX. Es esa visión reduccionista tan extendida la que lleva a pensar que entendemos al 100% la química del suelo y la que únicamente quiere abordar la fertilización del suelo para la producción vegetal con la aplicación intensiva de fertilizantes químicos *BIOECO, 2018*.

#### **3.4.14. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz**

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generado aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo. La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/t grano *Quintero & Boschetti, 2016*.

La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción

de N se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas *Quintero & Boschetti, 2016*.

En la agricultura de conservación, se pueden notar los efectos de los fertilizantes nitrogenados en las siguientes temporadas de cultivo durante varios años. Este es especialmente el caso cuando se aplica el fertilizante en combinación con la retención de residuos debido a que esto puede incrementar la inmovilización temporal del fertilizante, el cual es liberado en los años siguientes. Los resultados de la investigación sobre el efecto de la rotación en sistemas de agricultura de conservación sobre la EUN no son uniformes, pero en la mayoría de los estudios se encontraron efectos negativos del monocultivo sobre el rendimiento y la EUN, y efectos positivos de las leguminosas incluidas en la rotación *Verhulst, Isabelle, & Bram, 2015*.

En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la concentración de N en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan 50 % del N total removido. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia *Quintero & Boschetti, 2016*.

### **3.5. RELACION CARBONO/NITROGENO (R C/N).**

#### **3.5.1. La relación Carbono/Nitrógeno**

Indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral. Se considera que una relación C/N entre 10 y 12 produce una correcta liberación de nitrógeno, mientras que valores por encima o por debajo de esta cifra, provocan liberaciones muy escasas o excesivas. El nivel de MO y la relación

C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo *Flores, 2018*.

El nitrógeno que se libere a partir de la materia orgánica del suelo tendrá importancia en el abonado sólo cuando suponga cantidades significativas. Los suelos españoles presentan, mayoritariamente, contenidos en MO entre el 1 y 2%, y pueden aportar al suelo entre 15 y 30 kg de N/ha en el caso de tierras fuertes y climas fríos, y entre 30 y 60 kg de N/ha en el caso de suelos arenosos y climas cálidos *Flores, 2018*.

### **3.5.2. Relación C/N en un suelo**

La relación C/N en el suelo mide la rapidez con la que se descompone la materia orgánica y su riqueza en nitrógeno (índice del grado de mineralización de la materia orgánica que en el humus estable del suelo alcanza valores cercanos a 10). Cuando la relación C/N es alta significa que hay mucha energía y poco nitrógeno; por tanto prácticamente todo el N liberado es tomado por los microorganismos del suelo, quedando muy poco libre para ser utilizado por las plantas. Cuando la relación C/N es baja significa que hay mucho nitrógeno y poca energía. Una parte del N liberado es tomado por los microorganismos y el resto es incorporado al suelo y puede ser absorbido por las plantas *Flores, 2018*.

Si tenemos una relación C/N o relación carbono nitrógeno alta, estamos diciendo que hay una prevalencia del contenido de carbono (carbohidratos) sobre el contenido en nitrógeno. Como todos sabemos, este elemento, el nitrógeno, es el que garantiza el crecimiento vegetativo de la planta, pues a partir de él la planta es capaz de transformarlo en aminoácidos y éstos en proteínas (estructuras más complejas formadas por una cadena o agrupación de aminoácidos) *Agromatica, 2018*.

## **3.6. ANALISIS DE SUELOS**

El análisis del suelo nos indica el nivel de disponibilidad de nutrientes y por lo tanto, cuándo comenzar un programa de fertilización. Es una herramienta de diagnóstico que debe ser complementada con información respecto a historia anterior del lote, cultivo a realizar, rendimiento deseado, últimas labranzas realizadas, lluvias caídas, conocimiento de los suelos de la zona y capacidad de manejo o nivel tecnológico del productor. Con la información que aporta un análisis del suelo previo a la siembra de un cultivo, podemos estimar la cantidad de nutrientes que aportará el suelo para ese cultivo *Arias & Gómez, 2010*.

### **3.6.1. Cómo tomar una muestra de suelo**

Según *Arias & Gómez, 2010*, la muestra deberá ser representativa del potrero o lote que se desea analizar. Para lograr esto se debe proceder de la siguiente forma:

- Observe el terreno: si se aprecian diferencias dentro del lote (loma, media loma, bajo, cambios bruscos en la vegetación o en el color del suelo) se deben muestrear las diferentes zonas por separado. Del mismo modo, si el lote ha recibido distinto manejo en alguna de sus partes (diferentes cultivos o fertilización), éstas deben muestrearse por separado.
- Si el lote es uniforme en cuanto a manejo previo y relieve, se lo debe dividir según su extensión, a razón de una muestra compuesta por cada 25 a 30 ha.
- Una muestra compuesta es aquella constituida por al menos 30 submuestras o "piques" obtenidos recorriendo la zona a muestrear en zigzag.
- Si se utiliza el muestreador descrito en la Figura 1, la tarea de obtención de muestras compuestas se simplifica mucho ya que basta con enterrar el muestreador a medida que se recorre el lote en zigzag, hasta completar las 30 submuestras (recipiente colector lleno). Una vez lleno se procede a volcar el contenido en las bolsitas de polietileno.

- Si se utiliza el calador de la Figura 2 o el barreno de la Figura 3, deberán extraerse 30 submuestras de la profundidad deseada, recorriendo en zigzag y colocando cada submuestra en el balde plástico. Una vez obtenidas las 30 submuestras que son colectadas en el balde, se vuelcan en la bolsa de polietileno.
- Por último se identifica cada muestra compuesta colocando la etiqueta a cada bolsa.

### **3.7. ANALISIS DE LA PLANTA**

En el muestreo para análisis de plantas es en general más riguroso que un muestreo para análisis de suelo, ya que se consideran factores como la especie, edad, tipo de tejido a analizar (planta entera, vainas, hojas completas, láminas, peciolo, etc.), momento de muestreo, y el objetivo por el cual se está pretendiendo hacer el análisis de planta. Es de suma importancia considerar estas variables ya que intervienen en la interpretación de los resultados. Uno de los pasos más cruciales es definir el momento preciso de muestreo y los tejidos vegetales que deben ser recolectados, como regla general deben recolectarse tejidos similares y en el mismo estado fisiológico a los definidos por la referencia con la cual se compararán los resultados del análisis (interpretar con valores de referencia) *Fertilab, 2014*.

### **3.8. BIOMASA**

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa:

quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad *FOCER, 2002*.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente *FOCER, 2002*.

## **IV. MARCO METODOLOGICO**

### **4.1. MATERIALES**

#### **4.1.1. Ubicación del ensayo**

Esta investigación se realizó en:

<b>Provincia</b>	Bolívar
<b>Cantón</b>	Guaranda
<b>Parroquia</b>	Gabriel Ignacio Veintimilla
<b>Sitio</b>	Laguacoto III Km 1.5 Vía Guaranda - San Simón

#### 4.1.2. Situación geográfica y climática

Altitud	2622 msnm
Latitud	01°36' 52'' S
Longitud	78°59'54'' W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media anual	14.4°C
Precipitación media anual	980 mm
Heliofania media anual	900h/l/año
Humedad relativa media anual	70 %
Velocidad promedio anual del viento	6 m/s

(Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar. 2011).

#### 4.1.3. Zona de Vida

De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge, L., la localidad se encuentra dentro del bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

#### 4.1.4. Material experimental

Semilla Certificada de maíz INIAP 111, semilla de Fitomejorador de trigo Duro Línea A2, fréjol arbustivo INIAP 480 Canario, procedentes del Programa de Semillas de la UEB y el uso de residuos vegetales (maíz, trigo, fréjol, chocho y quinua) del ciclo anterior de acuerdo a los tratamientos establecidos.

#### **4.1.5. Materiales de campo**

- Lote de terreno de 3000 m<sup>2</sup>
- Botas de campo
- Herbicidas
- Insecticidas (Cipermetrina, Clorpirifos y Acefato)
- Fungicidas (Benomil y Carbendazim)
- Fertilizantes (Sulpomag, 18-46-0 y Urea)
- Envases (lonas)
- Baldes plásticos
- Azadones
- Rastrillos
- Machete
- Estacas de madera
- Piola plástica
- Bomba de mochila
- Flexómetro
- Cámara fotográfica

#### **4.1.6. Materiales de oficina**

- Computadora
- Impresora
- Internet
- Pen drive
- Hojas INEN 4

- Lápiz
- Reglas
- Libro de campo
- Calculadora
- Programa estadístico STADISTIXS 9.0
- Transporte
- Manuales técnicos del INIAP y el CIMMYT

## 4.2. METODOS

### 4.2.1. Factor en estudio

Sistemas de cultivo en función de Rotación, Labranzas y manejo de rastrojo.

- **Tratamientos**

Se consideró un tratamiento a cada alternativa tecnológica o sistema de cultivo según el siguiente detalle:

Número de Tratamiento	Rotación	Prácticas de labranza	Manejo de rastrojo
T1 (Testigo)	MM Maiz-Maiz	Convencional	Sin residuos
T2	MM Maiz-Maiz	Convencional	Con residuos (100%)
T3	MM Maiz-Maiz	Reducida	Con residuos (100%)
T4	MM Maiz-Maiz	Reducida	Parcial (50%)
T5	TM Trigo-Maíz	Reducida	Con residuos (50%)
<b>TRATAMIENTOS FLEXIBLES</b>			

T6	MF Maíz-Fréjol	Reducida	Con residuos (50%)
T7	FT Fréjol-Trigo	Reducida	Con residuos (50%)
T8	MQ Maíz-Quinoa	Reducida	Con residuos (50%)

**NOTA.** Los cinco primeros tratamientos son determinados por el CIMMYT, México y los tres últimos tratamientos definidos en función de las rotaciones locales.

- **Procedimiento**

Tipo de diseño:	Diseño de Bloques Completos al Azar
Numero de tratamientos:	8
Numero de repeticiones:	3
Número de Unidades Experimentales:	24
Área de parcela total:	8 m x 9 m= 72 m <sup>2</sup>
Área de parcela neta:	6 m x 7 m= 42 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo:	72 m <sup>2</sup> x 24 u e= 1728 m <sup>2</sup>

#### 4.2.2. Tipo de análisis

- Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

Fuentes De Variación	Grados De Libertad	CME*
Bloques (r-1)	2	$\int^2 e + 8\int^2 \text{bloques}$
Tratamientos (t-1)	7	$\int^2 e + 3\Theta^2 t$
Error Experimental (t-1) (r-1)	14	$\int^2 e$
Total (txr)-1	23	

\*Cuadrados Medios Esperados. Modelos fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de tratamientos (Grupo 1 del T1 al T5) y en los indicadores de química del suelo (Grupo2 de los ocho tratamientos).
- Correlación y regresión lineal
- Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR%).

### **4.3. METODOS DE EVALUACION Y DATOS TOMADOS**

#### **4.3.1. Cultivo: Maíz**

- **Porcentaje de Emergencia (PE)**

Se determinó dividiendo el número de plantas emergidas para el número de semillas sembradas y se multiplicó por cien, actividad que se realizó en cada parcela a los 25 días después de la siembra.

- **Altura de plantas (AP)**

Se midió con la ayuda de un flexómetro en centímetros en la etapa de floración femenina en una muestra al azar de 10 plantas de cada parcela neta, desde la base del tallo hasta la inflorescencia masculina. Con estos datos se calculó la altura promedio por planta en centímetros para cada unidad experimental.

- **Diámetro del tallo (DT)**

Se evaluó con la ayuda de un calibrador de Vernier en centímetros en 10 plantas al azar, en cada parcela neta en el momento de la floración femenina y se calculó un promedio.

- **Días a la floración masculina (DFM)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron la floración masculina.

- **Días a la floración femenina (DFF)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron sus estigmas expuestos, con al menos 2 cm de largo.

- **Altura de inserción de la mazorca (AIM)**

Dato que se evaluó con la ayuda de un flexómetro en centímetros en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta el mismo que se midió desde la base de la planta (raíz coronaria) hasta el nudo donde se inserte la mazorca principal.

- **Días a la cosecha en choclo (DCCH)**

Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha del maíz en estado lechoso (choclo), en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

- **Porcentaje de acame de raíz (AR)**

Se contó el total de plantas que presentaron una inclinación de 45° o más, este dato se evaluó en el momento de la cosecha y sus resultados fueron expresados en porcentaje en función del número total de plantas por parcela.

- **Porcentaje de acame de tallo (AT)**

Se contó el total de plantas que presentaron el tallo quebrado bajo la inserción de la mazorca en el momento de la cosecha y sus resultados fueron expresados en porcentaje en función del número total de plantas por parcela.

- **Días a la cosecha en seco (DCS)**

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando la parte inferior del embrión del grano de la mazorca presentó un color café oscuro (madurez fisiológica).

- **Número de plantas por parcela (NPP)**

Se contabilizó el número total de plantas de cada parcela neta en la cosecha.

- **Número de plantas con mazorca (NPCM)**

Esta variable se registró en la cosecha, contabilizando el número de plantas con mazorcas.

- **Número de plantas sin mazorca (NPSM)**

Esta variable se registró en la cosecha, contabilizando el número de plantas sin mazorcas.

- **Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM)**

Esta variable se registró en la cosecha, registrando el número de plantas que tuvieron dos mazorcas.

- **Diámetro de la mazorca (DM)**

Esta variable se evaluó en cm en la parte media de la mazorca con la ayuda de un calibrador de Vernier en 10 mazorcas tomadas al azar en el momento de la cosecha en seco de cada unidad experimental.

- **Longitud de mazorca (LM)**

La variable longitud de mazorca se midió en cm con un flexómetro desde la base de la mazorca hasta el ápice terminal en 10 mazorcas que se tomaron al azar en el momento de la cosecha de cada una de las parcelas netas.

- **Número de granos por mazorca (NGPM)**

Esta variable se registró en 10 mazorcas de cada una de las parcelas netas, contabilizando el número de granos de cada mazorca.

- **Número de hileras por mazorca (NHPM)**

Esta variable se determinó en 10 mazorcas tomadas al azar de cada una de las parcelas netas, contabilizando en número de hileras de cada mazorca.

- **Porcentaje de desgrane (PD)**

Se tomaron 10 mazorcas al azar de cada parcela neta después de la cosecha, los cuales fueron pesados en gramos en una balanza analítica el cual correspondió al (P1), las mismas que fueron desgranadas y se volvieron a pesar el grano (P2). La relación entre el P2 y el P1 multiplicado por 100 determinó el porcentaje de desgrane.

$$\%G = P2/P1 \times 100$$

- **Peso de 100 granos secos (PCGS)**

Después de secar el grano al 13% de humedad se procedió a contabilizar 100 granos y se pesaron utilizando una balanza de precisión en gramos.

- **Rendimiento de maíz en Kg/ha al 13% de humedad (RH)**

Se estimó utilizando la siguiente fórmula matemática *Monar, C, 2000*.

$$R = \text{PCP} \times \frac{10000 \text{ m}^2 / \text{ha}}{\text{ANC m}^2 / \text{ha}} \times \frac{100 - \text{HC}}{100 - \text{HE}} \times \text{D}$$

R = Rendimiento de maíz en kg /ha al 13% de humedad.

PCP = Peso de Campo por Parcela en Kg.

ANC = Área Neta Cosechada en m<sup>2</sup>

HC = Humedad de Cosecha.

HE = Humedad Estándar 13%

D = Porcentaje de Desgrane.

- **Rendimiento de biomasa de maíz en Kg/ha (RB)**

Se evaluó después de la cosecha de maíz en madurez comercial, para lo cual se cosecharon al azar 10 plantas, mismas que se pesaron en kg en una balanza de reloj y en función de la densidad de siembra de 50 000 plantas /ha se estimó el rendimiento de biomasa en kg/ha.

#### 4.3.2. Cultivo: Trigo Duro Línea Promisoria A2.

- **Días a la emergencia (DE)**

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de cada parcela emergió.

- **Altura de planta (AP)**

Se evaluó con un flexómetro en cm en 10 plantas de trigo tomadas al azar de la parcela neta en todos los tratamientos. Se tomó desde la base de la planta hasta la parte terminal de la inflorescencia.

- **Número de espigas por metro cuadrado (NEPMC)**

En la cosecha se procedió a contabilizar el número de espigas en los tratamientos al momento de la cosecha comercial, se tomaron cuatro sub muestras: de la parcela neta, para lo cual se utilizó un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>.

- **Número de espiguillas por espiga (NESPE)**

En la fase de madurez fisiológica, se contó el número de espiguillas por espiga en una muestra al azar de 10 espigas de la parcela neta y se calculó un promedio de espiguillas por espiga.

- **Número de granos por espiguilla (NGPES)**

En la etapa de madurez fisiológica, se tomaron al azar 10 espigas de la parcela neta y se contaron el número de granos por espiguilla.

- **Número de granos por espiga (NGPE)**

En la etapa de madurez fisiológica, se tomaron 10 espigas al azar de cada unidad experimental y mediante una trilla manual se extrajo y se contabilizó el número de granos por espiga.

- **Longitud de espiga (LE)**

En la etapa de madurez fisiológica, se midieron la longitud de las espigas, en una muestra al azar de 10 espigas por parcela neta. La espiga se midió con un flexómetro en cm desde la base del raquis, hasta la espiguilla terminal de la espiga.

- **Días a la cosecha (DC)**

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha (madurez fisiológica).

- **Peso de 1000 semillas en gramos (PCS)**

Esta variable, se evaluó en una muestra al azar de 1000 semillas de cada unidad experimental en una balanza de precisión con un contenido de 13% de humedad y se expresó en gramos.

- **Profundidad radicular (PR)**

Esta variable se midió con un flexómetro en cm después de la cosecha, en una muestra al azar de 10 plantas de cada parcela neta.

- **Rendimiento de trigo en Kg/ha (RH)**

El rendimiento (Kg/Ha) al 13% de humedad, se calculó mediante la siguiente relación matemática *Monar, C, 2000*.

$$R = \text{PCP Kg.} \times \frac{10.000 \text{ m}^2/\text{ha.}}{\text{ANC m}^2/1} \times \frac{100\text{-HC}}{100\text{-HE}}; \text{ donde}$$

R= Rendimiento en Kg/ ha. Al 13% de humedad

PCP= Peso de Campo por Parcela en Kg.

ANC= Área neta Cosechada en m<sup>2</sup>.

HC= Porcentaje de Humedad de Cosecha (%).

HE= Porcentaje de Humedad Estándar (13%).

- **Rendimiento de biomasa de trigo en Kg/ha (RB)**

En madurez comercial, se tomaron cuatro muestras de 0.25 m<sup>2</sup> de trigo cosechado incluido la raíz, mismas que se trillaron y posteriormente se pesó la biomasa en una balanza de reloj y se estimó el rendimiento de biomasa en Kg/ha.

#### **4.3.3. Cultivo: Fréjol arbustivo variedad INIAP 480 Canario**

- **Días a la emergencia (DE)**

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de plántulas estuvieron emergidas en la parcela total.

- **Porcentaje de emergencia (PE)**

En un período de tiempo entre los 10 y 15 días después de la siembra, se contaron en cada parcela el número de plántulas emergidas y en función del número de semillas sembradas, se calculó el porcentaje de emergencia.

- **Días a floración (DF)**

Para esta variable se registraron los días transcurridos desde la siembra y hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presentaron las flores visibles.

- **Altura de plantas (AP)**

Variable que se midió con la ayuda de un flexómetro en centímetros, desde la base del tallo hasta su ápice terminal del eje central, en el momento de la floración, en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

- **Número de vainas por planta (NVPP)**

En la fase de llenado de las vainas, se contaron en 10 plantas tomadas al azar el número de vainas por planta de cada parcela neta mediante conteo directo.

- **Días a la cosecha en tierno (DCT)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de plantas estuvieron en la fase de llenado de vainas.

- **Días a la cosecha en seco (DCS)**

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha, es decir el follaje de las plantas presentó un color café claro.

- **Longitud de vaina (LV)**

En la etapa de madurez fisiológica, se midió la longitud de las vainas con un flexómetro en cm en 10 vainas tomadas al azar de cada parcela neta desde la base del pedúnculo, hasta la parte terminal de la vaina.

- **Número de granos por vaina (NGPV)**

En la fase de madurez fisiológica, se cosecharon 10 vainas al azar por parcela neta en las cuales se contaron los granos de cada una de las vainas.

- **Peso de 100 semillas (PCS)**

Una vez cosechado, el grano al 13% de humedad, se tomó una muestra al azar de 100 semillas de cada parcela neta y se registró su peso en una balanza de precisión en gramos.

- **Número de semillas/Kg (NSPKg)**

Dato que se evaluó tomando una muestra de 1 Kg de semilla limpia y seleccionada al 13 % de humedad de cada parcela neta, y se procedió a contar el número de semillas/Kg.

- **Rendimiento en kg/ha (RH)**

El rendimiento (Kg/Ha) al 13% de humedad, se calculó mediante la siguiente relación matemática *Monar, C, 2000*.

$$R = \text{PCP Kg.} \times \frac{10.000 \text{ m}^2/\text{ha.}}{\text{ANC m}^2/1} \times \frac{100-\text{HC}}{100-\text{HE}}; \text{ donde}$$

R= Rendimiento en Kg/ ha. Al 13% de humedad

PCP= Peso de Campo por Parcela en Kg.

ANC= Área neta Cosechada en m<sup>2</sup>.

HC= Porcentaje de Humedad de Cosecha (%).

HE= Porcentaje de Humedad Estándar (13%).

- **Rendimiento de Biomasa de fréjol en Kg/ha (RB)**

En madurez comercial, se cosecharon al azar 10 plantas incluido la raíz de cada parcela neta y se pesaron en una balanza de reloj, posteriormente se desgranaron las vainas y se volvieron a pesar y se calculó un peso promedio en kg por planta y en función del número de plantas por hectárea (71 000 plantas/ha), se determinó el rendimiento de biomasa en kg/ha.

#### 4.4. MANEJO DEL ENSAYO

##### 4.4.1. Análisis químico del suelo (Al inicio y al final del ensayo)

Un mes antes de la siembra, se tomaron las muestras representativas del suelo, para su análisis químico completo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina. Las muestras de suelo fueron tomadas con un barreno de cada parcela neta a dos profundidades: 0 – 10 cm y 10 – 20 cm.

Este mismo procedimiento se realizó al final del ensayo con el propósito de realizar los análisis químicos completos antes y después del ensayo y determinar los cambios en los indicadores de la calidad del suelo en el cuarto año de estudio del proceso de implementación de la Agricultura de Conservación.

- **Cálculo de los resultados del análisis de suelo (Kg/ha).**

Los resultados que se obtuvieron del análisis químico de suelos se transformaron a kg/ha mediante las siguientes fórmulas:

*Cuadro 8. Procedimiento de cálculos.*

<b>Convertir de:</b>	<b>%</b>	<b>Ppm</b>	<b>m.e/100g</b>	<b>Kg/ha</b>
<b>%</b>	-----	$10^4 * n$	n/m.e	$2n * 10^4$
<b>Ppm</b>	$n/10^4$	-----	$n/Eq * 10$	2n
<b>m.e/100g</b>	$m.e * n$	$10n * Eq$	-----	$20n * Eq$
<b>Kg/ha</b>	$5n * 10^4$	$0.5 * n$	$n/20 * Eq$	-----

*Fuente: INIAP y Paredes I. 2019*

#### **4.4.2. Preparación del suelo**

Labranza Convencional (LC) (testigo absoluto del agricultor) el suelo fue preparado 15 días antes de la siembra (dds) con el uso de tractor: un arado de discos a 30 cm de profundidad, un pase de rastra y surcado. En la Labranza Reducida 15 días antes de la siembra se aplicó el herbicida Glifosato en dosis de 2.5 l/ha y luego se realizó únicamente el surcado a 30 cm de profundidad con la ayuda de azadones.

#### **4.4.3. Fertilización química**

Como fertilización inicial para el maíz, trigo y el fréjol, se aplicó al fondo del surco una mezcla de dos sacos de 18 – 46 00 y un saco de Sulpomag/ha. Se tapó con una capa de suelo para que no esté en contacto con la semilla.

Como fuente de N, se aplicó tres sacos de urea/ha. Esta dosis se fraccionó en tres momentos: 30; 60 y 90 dds. La urea se aplicó en banda lateral en los cultivos de maíz y fréjol y se tapó con suelo húmedo y al voleo en el trigo. Esta recomendación de fertilización química, se aplicó para los cultivos de maíz y trigo. Para el caso del fréjol, sólo cambio la dosis de urea con dos sacos/ha y la misma fue aplicada a los 30 y 60 dds.

#### **4.4.4. Siembra y tape**

Para el maíz variedad INIA 111, se utilizaron azadones para realizar los surcos y poner tres semillas por cada sitio a una distancia de 0.90 m entre surcos y 0.50 m entre plantas. Se taparon las semillas con azadones a una profundidad aproximada de 10 cm. Se realizó el raleo a los 30 dds, dejando dos plantas/sitio, lo que nos dio una población de 50.000 plantas/ha. Para el cultivo de trigo, se realizaron los surcos cada 25 cm con azadones pequeños a una profundidad de 10 cm. La siembra fue a chorro continuo con una densidad de 180 kg/ha de semilla de fitomejorador de trigo duro Línea A2 y el tape con rastrillos. Para el fréjol arbustivo variedad INIAP 480

Canario, se realizaron los surcos con azadones a 0.70 m y a 20 cm de profundidad y la siembra a golpe cada 0.40 cm, depositando tres semillas/sitio y el tape con azadones.

#### **4.4.5. Rotación de los cultivos**

El sistema representativo de los agricultores es: Maíz – Maíz. Sin embargo otro dominio de productores la rotación es Maíz – Trigo. En función del mercado y la diversidad de cultivos se incluyeron en el cuarto año de estudio en las rotaciones el fréjol arbustivo INIAP 480 Canario y el trigo duro Línea promisoría A2.

#### **4.4.6. Manejo de rastrojos o restos vegetales**

El rastrojo o restos vegetales del maíz, trigo, quinua, chocho y fréjol del ciclo anterior de acuerdo a los tratamientos se dejaron el 50% y el 100% en cada unidad experimental.

#### **4.4.7. Riego**

Los cultivos son el 100% de temporal (No hay riego). De acuerdo a los datos históricos, el período de lluvias va desde el mes de diciembre hasta mayo, pero debido al cambio climático, hay períodos severos de estrés de agua.

#### **4.4.8. Manejo de malezas, insectos plaga y enfermedades foliares**

El control de malezas en la labranza reducida tanto para maíz, trigo y fréjol, se aplicó el herbicida Glifosato en dosis de 2.5 l/ha., 15 días antes de la siembra. En maíz y en pos emergencia se utilizó el herbicida selectivo Atrazina en dosis de 2 kg/ha. Para insectos plaga (*Agrotys spp*) en la etapa de plántula y para gusanos de la mazorca como *Heliothis zea* y *Euxesta eluta*, se aplicó el insecticida Acefato en dosis de 0.5 kg/ha. No se utilizaron aplicaciones de fungicidas en el maíz y el trigo, porque son variedades tolerantes y/o resistentes. Los herbicidas e insecticida se aplicaron con bomba manual de mochila. En labranza convencional, los

productores realizan el rascadillo y el aporque del maíz aproximadamente a los 30 y 60 días después de la siembra. Para el control de malezas de hoja ancha en trigo a los 20 días después de la siembra, se aplicó el herbicida selectivo Metsulfuron Metil 60% en dosis de 1 g/20 l de agua. En posemergencia el control de malezas en fréjol, se realizó con la aplicación del herbicida selectivo Flex (Fomesafen) en dosis de 60 ml/20 l de agua. Para las enfermedades foliares en el fréjol, como antracnosis (*Colletotrichum sp*) y ascoquita (*Ascochyta sp*), se aplicaron los fungicidas Benomyl y Carbendazin en dosis de 30 g y 40 cc/20 l de agua respectivamente en la etapa de floración y formación de las vainas.

#### **4.4.9. Cosecha de los cultivos (maíz, trigo y fréjol)**

Cuando se presentó la fase de madurez fisiológica, se realizó la cosecha, secado, trilla y aventado en forma manual y con el uso de trilladoras experimentales en cada unidad experimental y se registró el peso correspondiente en kg/parcela y luego se clasificó el grano en semilla y comercial.

#### **4.4.10. Secado**

El secado, se efectuó en forma natural en un tendal, hasta cuando el grano tuvo un contenido del 13% de humedad.

#### **4.4.11. Aventado**

Se realizó con la ayuda del viento y con una limpiadora experimental del Proyecto de Investigación y Producción de Semillas de la UEB.

#### **4.4.12. Almacenamiento**

El germoplasma previamente etiquetado, seco y limpio se guardó en recipientes de plástico para su conservación o almacenamiento a una temperatura de 12 a 15°C, humedad relativa inferior al 70% y 13% de humedad del grano.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Variables agronómicas de maíz.

**Cuadro 9.** Resultados estadísticos y prueba de Tukey al 5% para comprobar los promedios de tratamientos en las variables: Porcentaje de emergencia (PE); Altura de planta (AP); Diámetro del tallo (DT); Días a la floración masculina (DFM); Días a la floración femenina (DFF); Altura de inserción de la mazorca (AIM); Días a la cosecha en choclo (DCCH); Porcentaje de acame de raíz (PAR); Porcentaje de acame de tallo (PAT); Días a la cosecha en seco (DCS); Número de plantas por parcela (NPP); Número de plantas con mazorca (NPCM); Número de plantas sin mazorca (NPSM); Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM); Diámetro de la mazorca (DM); Longitud de mazorca (LM); Número de granos por mazorca (NGPM); Número de hileras por mazorca (NHMP); Porcentaje de desgrane (PD); Peso de 1000 granos secos (PMGS); Rendimiento de maíz en Kg/ Ha al 13% de humedad (RH) y Rendimiento de biomasa en Kg/ha (RB). Laguacoto, Guaranda. 2019.

Variables	TRATAMIENTOS/RANGO					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
PE (NS) X̄: 92.89% CV: 1.47%	91.67 A	92.33 A	93.33 A	93.33 A	94 A	92.67 A
AP (NS) X̄: 2.71 m CV: 4.97 %	2.67 A	2.77 A	2.71 A	2.72 A	2.73 A	2.67 A
DT (NS) X̄: 2.24 cm CV: 1.93 %	2.22 A	2.27 A	2.15 A	2.24 A	2.28 A	2.28 A
DFM (NS) X̄: 125 días CV: 1.03 %	124 A	125 A	126 A	124 A	124 A	125 A
DFF (NS) X̄: 133 días CV: 1%	132 A	133 A	133 A	134 A	133 A	133 A
AIM (NS) X̄: 1.63 m CV: 5.91%	1.63 A	1.68 A	1.64 A	1.61 A	1.60 A	1.63 A
DCCH(NS) X̄: 180 días	180 A	180 A	181 A	179 A	180 A	181 A

<b>CV: 0.51%</b>						
<b>PAR (NS)</b> $\bar{X}$ : 17.07% CV: 44.61%	14.21 A	18.54 A	8.91 A	18.38 A	21.54 A	20.93 A
<b>PAT (NS)</b> $\bar{X}$ : 27.48% CV: 22.61%	30.69 A	30.17 A	36.12 A	19.75 A	25.55 A	22.60 A
<b>DCS (NS)</b> $\bar{X}$ : 244 días CV: 0.40%	244.2 A	245 A	245 A	243 A	244 A	244 A
<b>NPP (NS)</b> $\bar{X}$ : 365 plantas CV: 2.95%	374 A	362 A	352 A	366 A	372 A	364 A
<b>NPCM (NS)</b> $\bar{X}$ : 250 plantas CV: 9.36%	266 A	235 A	254 A	246 A	251 A	250 A
<b>NPSM (NS)</b> $\bar{X}$ : 115 plantas CV: 18.03%	107 A	127 A	98 A	120 A	121 A	115 A
<b>NPCDM (NS)</b> $\bar{X}$ : 6 plantas CV: 46.64%	5 A	6 A	4 A	5 A	7 A	7 A
<b>DM (NS)</b> $\bar{X}$ : 5 cm CV: 4.75%	5.13 A	5.02 A	4.82 A	4.91 A	5.03 A	5.11 A
<b>LM (NS)</b> $\bar{X}$ : 16.5 cm CV: 4.01%	16.66 A	16.97 A	16.99 A	15.74 A	16.44 A	16.21 A
<b>NGPM (NS)</b> $\bar{X}$ : 264 granos CV: 7.19%	268 A	281 A	263 A	246 A	271 A	255 A
<b>NHPM (NS)</b> $\bar{X}$ : 11 hileras CV: 7.06%	11 A	11 A	10 A	10 A	11 A	11 A
<b>PD (NS)</b> $\bar{X}$ : 0.84% CV: 1.88%	0.84 A	0.84 A	0.85 A	0.85 A	0.83 A	0.84 A
<b>PMGS (NS)</b> $\bar{X}$ : 490.07 gramos CV: 5.79%	515.80 A	479.83 A	477.97 A	480.54 A	497.70 A	488.60 A
<b>RH (**)</b> $\bar{X}$ : 2924.6 Kg/ha CV: 3.40%	2949.1 AB	2965.5 AB	3213 A	2775.8 B	2823 B	2821.3 B
<b>RB (*)</b> $\bar{X}$ : 13397 Kg/ha CV: 5.64%	12642 AB	13200 AB	14533 A	12217 B	14725 A	13067 AB

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%: NS= No Significativo; \*= Significativo al 5%; \*\*= Altamente significativo al 1%.

### **Variables agronómicas. Cultivo maíz INIAP 111 Guagal Mejorado.**

La respuesta agronómica de los seis tratamientos (Alternativas tecnológicas) fue estadísticamente similar (NS) en relación a las variables: Porcentaje de emergencia, Altura de planta, Diámetro de tallo, Días a floración masculina, Días a floración femenina, Altura inserción de la mazorca, Días a la cosecha en choclo, Porcentaje de acame de raíz, Porcentaje de acame de tallo, Días a la cosecha en seco, Número de plantas por parcela, Número de plantas con mazorca, Número de plantas sin mazorca, Número de plantas con dos mazorcas, Diámetro de la mazorca, Longitud de la mazorca, Número de granos por mazorca, Número de hileras por mazorca, Porcentaje de desgrane y el Peso de mil granos (Cuadro No. 9). Estos resultados nos infieren que el tipo de labranza, rotación de cultivos y los residuos vegetales, no incidieron significativamente en los valores promedios de los componentes agronómicos del maíz INIAP 111 y más bien son atributos varietales y dependen de su interacción genotipo ambiente y especialmente las condiciones de humedad, temperatura, vientos, calor, cantidad y calidad de luz solar, sanidad y entre otros.

Los valores promedios registrados de los componentes agronómicos en esta investigación, son similares a los reportados en el boletín técnico de la variedad INIAP 111 (INIAP. 1997). La variedad INIAP 111, es de ciclo tardío, tolerante a las enfermedades foliares, a la sequía, resistente al acame del tallo y raíz y excelente calidad del maíz para choclo y grano seco para la elaboración de mote y otros subproductos.

Sin embargo para **el rendimiento de maíz en grano seco y biomasa en kg/ha al 13% de humedad**, existió una respuesta diferente de los tratamientos o alternativas tecnológicas (Cuadro No. 9 y Figura No. 3). Esto quiere decir que el tipo de labranza, rotación de cultivos y los residuos vegetales, si influyeron en el rendimiento de grano y biomasa. Para el rendimiento de grano se tuvo una media general de 2925 kg/ha y para biomasa 13397 kg/ha respectivamente (Cuadro No. 9).

El rendimiento promedio más alto de maíz en el cuarto año de estudio de este proceso de Agricultura de Conservación, se registró en el T3: Rotación maíz – maíz,

labranza reducida y el 100% de residuos vegetales de la cosecha anterior con 3213 kg/ha. Para biomasa los promedios más altos se calcularon en los tratamientos T5: Rotación en el año 2018: Fréjol – maíz y en el año 2019: Maíz – fréjol, labranza reducida y con el 50% de residuos vegetales con 14725 y 14533 kg/ha al 13% de humedad respectivamente (Cuadro 9 y Figura No. 3).

En esta respuesta es evidente que en el cuarto año del proceso de Agricultura de Conservación, ya hay cambios importantes y positivos en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Se incrementó la materia orgánica de un contenido bajo en el año 2016 a medio en el año 2019 y por ende también los contenidos de los macro y micronutrientes y muy particularmente el contenido de N mineral.

En la física de suelos, hay menos compactación, mayor cantidad de agregados y por ende mejora el índice de infiltración del agua, la concentración de oxígeno, y por lo tanto hay un mejor sistema radicular de los cultivos.

En la parte biológica del suelo, hay un incremento de la población de macro y microorganismos, mismos que contribuyen al proceso de descomposición de la materia orgánica, mayor capacidad de intercambio catiónica (CIC), y una relación C/N más estable.

El rendimiento de maíz INIAP 111, es similar a los reportados por varios autores como INIAP. 1997 y 2010; Monar, C. 2016 y Rumiguano, J. 2018.

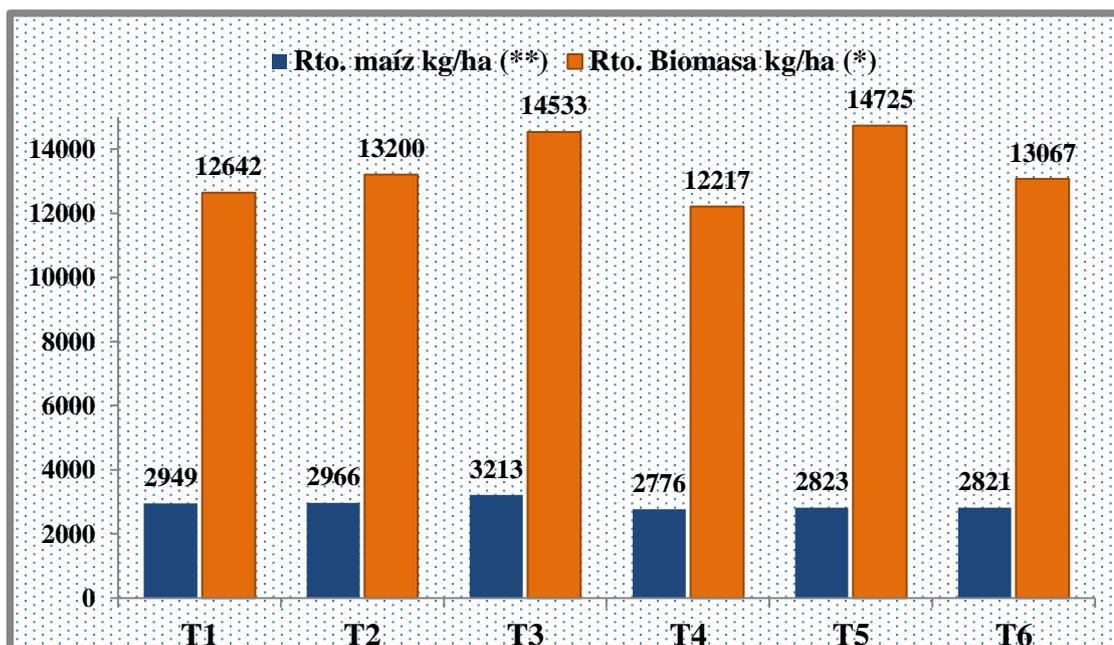


Figura 3. Resultados promedios de los tratamientos en las variables rendimiento de maíz y de biomasa en kg/ha al 13% de humedad. Laguacoto. 2019.

**5.2. Variables agronómicas de fréjol variedad INIAP 480 Canario y trigo duro Línea A2.**

**Cuadro 10.** Resultados estadísticos promedios de **FREJOL** en las variables: Días a la emergencia (DE); Porcentaje de emergencia (PE); Días a la floración (DF); Altura de planta (AP); Número de vainas por planta (NVPP); Días a la cosecha en tierno (DCT); Días a la cosecha en seco (DCS); Longitud de la vaina (LV); Número de granos por vaina (NGPV); Peso de 100 semillas (PCS); Número de semillas por Kg (NSPKg); Rendimiento en Kg/ha al 13% de humedad (RH) y Rendimiento de Biomasa en kg/ha al 13% de humedad(RB).

**TRIGO** Variables: Días a la emergencia (DE); Altura de planta (AP); Número de plantas por m<sup>2</sup> (NPMC); Número de espiguillas por espiga (NESPE); Número de granos por espiguilla (NGPES); Número de granos por espiga (NGPE); Longitud de la espiga (LE); Días a la cosecha (DC); Peso de 1000 semillas (PCS); Profundidad radicular (PR); Rendimiento en Kg/ha al 13% de humedad (RH) y Rendimiento de biomasa en kg/ha al 13% de humedad (RB). Laguacoto, Guaranda. 2019.

<b>Variables Agronómicas Fréjol</b>													
	<b>DE</b>	<b>PE</b>	<b>DF</b>	<b>AP</b>	<b>NVPP</b>	<b>DCT</b>	<b>DCS</b>	<b>LV</b>	<b>NGPV</b>	<b>PCS</b>	<b>NSPKg</b>	<b>RH</b>	<b>RB</b>
<b>Media</b>	11	90.18	54	28.87	15	114	126	12.08	4	53.74	1864	989.81	486.11
	Días	%	Días	Cm	Vainas	Días	Días	Cm	Granos	Gramos	Semillas	Kg/ha	Kg/ha
<b>Variables Agronómicas Trigo</b>													
	<b>DE</b>	<b>AP</b>	<b>NPMC</b>	<b>NESPE</b>	<b>NGPES</b>	<b>NGPE</b>	<b>LE</b>	<b>DC</b>	<b>PCS</b>	<b>PR</b>	<b>RH</b>	<b>RB</b>	
<b>Media</b>	8	87.28	503	16	3	46	6.33	145	31.78	10.24	3902.32	12183.33	
	Días	Cm	Plantas	Espiguillas	Granos	Granos	Cm	Días	Gramo	Cm	Kg/ha	Kg/ha	

Los cultivos que en el cuarto año del proceso de AC, estuvieron en rotación fueron el fréjol arbustivo variedad INIAP 480 Canario y una Línea promisorio de trigo duro codificada como A2.

La variedad de fréjol INIAP 480, es una alternativa tecnológica válida para esta zona agroecológica de Laguacoto por sus atributos varietales y aceptación en el mercado por el tamaño mediano y color amarillo del grano.

El año 2019 debido en gran medida al cambio climático durante el ciclo de desarrollo de los cultivos existieron severos períodos de estrés de sequía, vientos de hasta 55 km/hora en la etapa de floración y llenado del grano, exceso de calor, amplio rango de temperaturas (-2°C a 24.6°C), alta radiación solar, lo que incidió significativamente en los componentes del rendimiento y la producción de biomasa. La variedad INIAP 480 en promedio registró 11 días a la emergencia de plántulas con un 90.15% de emergencia, lo cual es un indicador de calidad de semilla y buenas condiciones de humedad para esta fase del cultivo. En cuanto a ciclo del cultivo, se determinaron 54 día a la floración, 114 días a la cosecha en tierno y 126 días a la cosecha en seco, es decir es una variedad precoz en comparación a los cultivares volubles. Presentó 28.87 cm de altura con 15 vainas por planta, 12.08 cm de longitud de las vainas y con un promedio de cuatro granos por vaina. Se evaluó un peso promedio de 100 granos secos de 53.74 g lo que significa un tamaño median del grano (CIAT. 2004) con 1864 semillas por kilogramo al 13% de humedad. Se determinó un rendimiento del grano de 989.81 kg/ha y 486.11 kg/ha de biomasa al 13% de humedad (Cuadro No. 10). La mayoría de los indicadores agronómicos son similares a los reportados en el boletín técnico de la variedad INIAP 480 (Peralta, E. et. al. 2010; Monar, C. 2015; Chela, D y Hurtado A. 2018); sin embargo en esta investigación realizada en el año 2019 principalmente por las condiciones climáticas extremas, se reportan valores promedios inferiores del rendimiento de grano y biomasa. El fréjol en el proceso de la AC, es clave porque además tiene la capacidad de la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) y estudios han demostrado que se han cuantificado entre 50 y 80 kg/ha de N, lo que contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción.

En cuanto al otro cultivo en el proceso de rotación el CIMMYT de México, trabaja alrededor del mundo y por más de 70 años en la evaluación de la rotación del maíz – trigo – maíz.

En esta investigación del cuarto año del proceso de AC, se validó la Línea promisoría de trigo duro A2, misma que está lista para su liberación como variedad comercial y los indicadores agronómicos más importantes fueron: 8 días a la emergencia de plántulas, 503 plantas por m<sup>2</sup> (científicos del CIMMY, recomiendan un rango entre 450 y 550 plantas por m<sup>2</sup>), 145 días a la cosecha en seco, 16 espiguillas por espiga, tres granos por espiguilla, 46 granos por espiga con 6.33 cm de largo de las espigas, es decir son compactas y cortas, con un peso promedio de 31.78 g por cien semillas y una profundidad radicular de 10.24 cm en la cosecha, lo que nos indica el mejoramiento de la calidad del suelo y menos compacto. Se registró un rendimiento de grano de 3902.32 kg/ha y 12183.33 kg/ha de biomasa al 13% de humedad (Cuadro No. 10).

Estos resultados son similares a los reportados por varios autores como Monar, C. 2014; 2015 y 2016. Chela, D. y Hurtado, A. 2018).

En función de los atributos de estas variedades de fréjol y trigo duro, son variedades resilientes al cambio climático y son estratégicas para los procesos de rotación de cultivos en la AC y las oportunidades de mercado.

### 5.3. Variables químicas del suelo

**Cuadro 11.** Resultados iniciales (Antes del establecimiento del ensayo y a dos profundidades: 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm) de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los ocho tratamientos en las variables: pH; Nitrógeno (N), Fósforo (P); Azufre (S); Potasio (K); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Boro (B) y Materia Orgánica (MO). Laguacoto, Guaranda. 2019.

Muestreo Inicial del suelo	Variables Químicas	TRATAMIENTOS/RANGO							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Profundidad: 0-10 cm	pH(**) X̄: 6.28 CV: 0.36%	6.22 C	6.31 B	6.35 AB	6.40 A	6.23 C	6.33 B	6.20 C	6.17 C
	N (**) X̄:116.46 kg/ha CV:2.07%	107.67 B	149 A	115.33 C	105.33 D	97 E	116 C	109.33 CD	132 B
	P(**) X̄: 34.46 kg/ha CV: 4.75%	35 BC	31.33 CDE	53.33 A	31 CDE	36.33 B	26.67 E	29 DE	33 BCD
	S (**) X̄: 12.63 kg/ha CV: 4.56%	12.20 BC	13.23 AB	12.93 AB	12.04 BC	10.63 C	14.01 A	14.17 A	11.80 BC
	K (**) X̄: 633.76 kg/ha	523.5 G	593.61 E	608.13 D	689.20 B	665.05 C	818.47 A	607.85 D	564.53 F

	<b>CV: 0.61%</b>								
	<b>Ca (**)</b> <b>̄: 4144.6</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.36%</b>	4283.9 B	4245 B	4139.2 C	4330.4 A	4066.9 D	4269 B	3857.8 F	3964.2 E
	<b>Mg (**)</b> <b>̄: 586.52</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.39%</b>	607.40 A	606.44 A	585.57 B	609.51 A	583.15 B	586.47 B	557.70 C	555.94 C
	<b>B (**)</b> <b>̄: 2.26</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 4.36%</b>	2.1 B	2.09 B	2.23 B	2.23 B	1.97 B	2.82 A	1.98 B	2.63 A
	<b>MO (**)</b> <b>̄: 3.90 %</b> <b>CV: 0.73%</b>	2.70 D	4.03 BC	4.17 A	4.05 BC	3.97 C	4.23 A	3.97 C	4.07 B
<b>Profundidad:</b> <b>10-20 cm</b>	<b>pH (**)</b> <b>̄: 6.27</b> <b>CV: 0.34%</b>	6.26 B	6.35 A	6.28 B	6.36 A	6.24 B	6.26 B	6.28 B	6.14 C
	<b>N (**)</b> <b>̄: 103.87</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 2.67 %</b>	96 CD	115 A	103.33 BC	94.67 D	101.33 CD	110.67 AB	99 CD	111 AB
	<b>P (**)</b> <b>̄: 32.25</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 5.41%</b>	37.33 A	34.33 AB	35 AB	27 D	31.33 BCD	29 CD	31.67 BCD	32.33 ABC

<b>S (**)</b> <b>̄x: 12.79</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 3.97%</b>	11.27 D	13.80 BC	14.54 B	9.27 E	13.57 BC	12.77 C	13.04 A	11.07 D
<b>K (**)</b> <b>̄x: 533.15</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.89%</b>	483.95 F	554.58 D	523.47 E	618.88 A	476.12 F	602.48 B	569.29 C	436.42 G
<b>Ca (**)</b> <b>̄x: 4098.7</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.29%</b>	4031.2 E	4336.1 A	4249 B	4369.1 A	3684.6 G	4067 D	3930.5 F	4122.3 C
<b>Mg (**)</b> <b>̄x: 584.74</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.46%</b>	581.34 B	607.65 A	605.94 A	607.72 A	532.12 C	582.75 B	582.86 B	577.56 B
<b>B (**)</b> <b>̄x: 2.03</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 2.47%</b>	2.07 BC	1.77 D	1.58 E	2.03 BC	1.97 C	2.17 B	2.65 A	2.03 BC
<b>MO (**)</b> <b>̄x: 3.86%</b> <b>CV: 0.92%</b>	2.62 F	4.17 AB	4.03 CD	4.06 BCD	3.96 DE	4.27 A	3.87 E	3.88 E

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%: \*= Significativo al 5%; \*\*= Altamente significativo al 1%.

**Cuadro 12.** Resultados finales (Al final del ensayo y a dos profundidades: 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm) de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los ocho tratamientos en las variables: pH; Nitrógeno (N), Fósforo (P); Azufre (S); Potasio (K); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Boro (B) y Materia Orgánica (MO). Laguacoto, Guaranda. 2019.

Muestreo final del suelo	Variables Químicas	TRATAMIENTOS/RANGO							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Profundidad: 0-10 cm	pH(**) X̄: 6.33 CV: 0.35%	6.44 A	6.46 A	6.47 A	6.47 A	6.09 D	6.31 B	6.20 C	6.23 C
	N (**) X̄:97.17kg/ha CV:2.64%	86 D	122.33 B	92.67 D	74.67 E	133 A	76 E	103.33 C	89.33 D
	P(**) X̄: 36.92 kg/ha CV: 5.27%	24.67 E	51 A	31.67 CD	27 DE	44 B	53.67 A	34 C	29.33 CDE
	S (**) X̄: 10.26 kg/ha CV: 8.69%	7.56 C	6.55 C	15.36 A	11.67 B	8.17 C	8.54 C	11.34 B	12.87 AB
	K (**) X̄: 703.91 kg/ha CV: 0.42%	407.46 H	749.29 D	866.81 B	953.11 A	555.51 G	683.17 E	640.08 F	755.83 C

	<b>Ca (NS)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 4393.7</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 4.61%</b>	4618.1 A	4376 A	4392.1 A	4566.6 A	4308.1 A	4305.9 A	4446.1 A	4136.6 A
	<b>Mg (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 567.64</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.79%</b>	576.62 BC	564.17 CD	582.16 B	617.58 A	518.33 F	553.80 DE	587.14 B	541.32 E
	<b>B (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 0.97 kg/ha</b> <b>CV: 3.86 %</b>	1.03 A	0.97 A	0.99 A	1.02 A	0.86 B	0.99 A	0.84 B	1.02 A
	<b>MO (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 3.22 %</b> <b>CV: 3.55%</b>	2.45 C	3.43 AB	3.57 A	3.57 A	3.13 B	3.23 AB	3.13 B	3.27 AB
<b>Profundidad:</b> <b>10-20 cm</b>	<b>pH (NS)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 6.51 kg/ha</b> <b>CV: 2.95 %</b>	6.6 A	6.53 A	6.51 A	6.45 A	6.40 A	6.64 A	6.53 A	6.44 A
	<b>N (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 84.29</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 3.28 %</b>	81 B	94.67 A	91.67 A	70.33 C	96 A	83.33 B	91.33 A	66 C
	<b>P (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 22.64</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 7.81%</b>	18.40 C	31.67 A	17.87 C	17.73 C	30.70 A	19.30 C	24.67 B	20.80 BC

<b>S (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 8.44 kg/ha</b> <b>CV: 4.74%</b>	7.56 CD	6.45 DE	10.85 A	8.39 BC	5.37 E	9.35 B	8.81 B	10.75 A
<b>K (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 419.63</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.68 %</b>	294.09 F	537.93 B	468.07 C	557.81 A	366.35 E	362.95 E	362.85 E	406.98 D
<b>Ca (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 4622.3</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.09%</b>	5156 A	4345.8 G	4794 C	4384.1 F	4428.2 E	4381.4 F	4911.9 B	4576.9 D
<b>Mg (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 607.86</b> <b>kg/ha</b> <b>CV: 0.56%</b>	635.59 A	581.41 DE	620.87 B	636.69 A	586.63 CD	594.65 C	633.49 A	573.60 E
<b>B (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 0.97 kg/ha</b> <b>CV: 2.17%</b>	1 A	0.99 A	1.01 A	1 A	0.98 A	0.99 A	0.98 A	0.82 B
<b>MO (**)</b> <b><math>\bar{X}</math>: 2.92%</b> <b>CV: 3.64%</b>	2.45 B	3.05 A	3.04 A	3.13 A	2.95 A	2.83 A	2.93 A	3 A

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%: NS= No Significativo; \*= Significativo al 5%; \*\*= Altamente significativo al 1%.

### Variables Químicas De Los Análisis Completos Del Suelo Antes Y Al Final Del Ensayo.

En el proceso de Agricultura de Conservación (AC), los indicadores importantes son los resultados de los análisis químicos del suelo antes del establecimiento del ensayo y al final de cada ciclo de cultivo, para ir evaluando los diferentes cambios que se van dando en la física, química y la parte biológica del suelo.

Los resultados del análisis químico del suelo corresponden al cuarto año de estudio, mismos que fueron muestreados a dos profundidades: 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm y en dos momentos: antes de la siembra del ensayo y después de la cosecha. Las figuras muestran los resultados de cada indicador de la química del suelo al inicio y al final del experimento en las dos profundidades evaluadas.

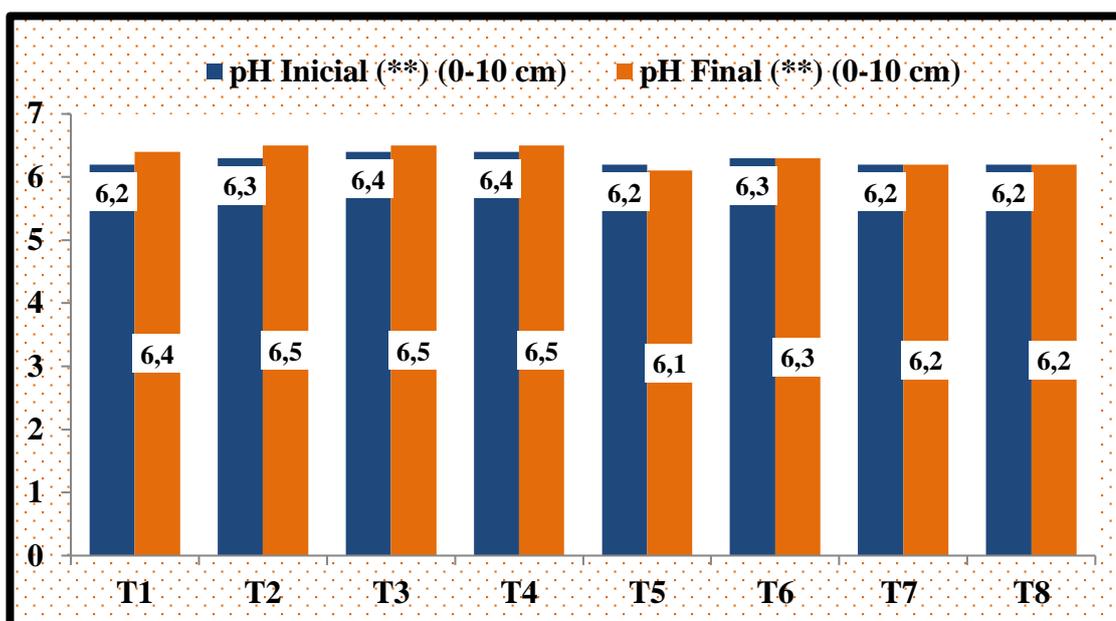


Figura 4. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable pH del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

La respuesta de los tratamientos en cuanto al reporte del pH del suelo antes y al final del ensayo fue muy diferente en las dos profundidades, con excepción del pH final de 10 – 20 cm (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 4 y 5).

Para el pH inicial de 0 – 10, se tuvo una media general de 6.28 y para el final a la misma profundidad fue un valor de 6.33 (Cuadros Nos. 11 y 12). Para el pH inicial

de 10 – 20 cm se registró una media general de 6.27 y para el final en la profundidad de 10 – 20 cm fue de 6.51 (Cuadros Nos. 11 y 12).

La reflexión que podemos hacer es que hay una diferencia en el valor reportado del pH inicial y el final en las dos profundidades y lo más importante que a través del proceso de la AC, el pH va cambiando de ligeramente ácido a valores casi neutros. En general existió una respuesta diferente y significativa de los tratamientos de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% en los valores reportados del pH, con excepción a la respuesta de los tratamientos en los valores reportados al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 4 y 5).

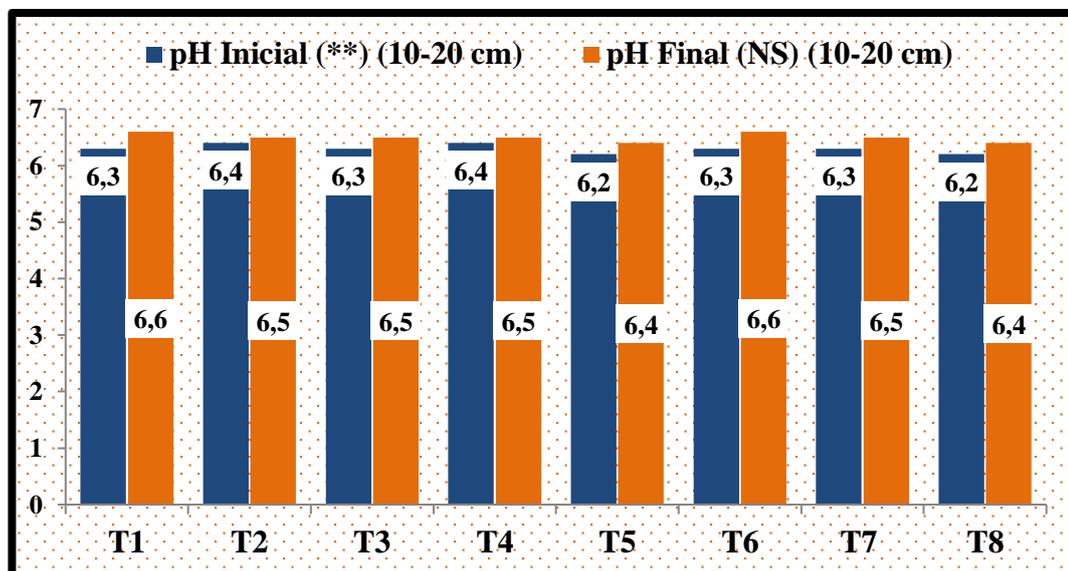


Figura 5. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable pH del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

El pH, es un indicador muy importante en la química del suelo y está relacionado con la acidez o alcalinidad de los suelos y éstos a su vez con el hidrógeno, aluminio, bases de calcio, magnesio y potasio. También influye en los valores del pH la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el contenido de materia orgánica, el drenaje, los niveles de fertilización especialmente con el nitrógeno, la humedad y entre otros.

Los valores reportados en este proceso de investigación, están entre ligeramente ácidos a neutro y hay una respuesta consistente de los tratamientos para mantener

un pH con tendencia hacia el valor neutro, mismo que es adecuado para los cultivos de maíz, trigo , chocho, quinua y fréjol y la eficiencia química de los nutrientes.

Para el reporte del **Nitrógeno** existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del ensayo en las dos profundidades y esto se explica porque este proceso de AC ya viene por un período de cuatro años y hay efectos de la rotación de cultivos, tipos de labranza y la no remoción de los residuos vegetales de la cosecha anterior.

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de N de 116.46 y 103.87 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 - 20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del ensayo es decir al cuarto año del proceso de AC, se determinó una media general de 97.17 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 84.29 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12). Como se puede observar son cantidades similares y el N está presente entre 0 y 20 cm de profundidad, disminuyendo ligeramente al final porque las plantas han tomado el N y hay reservas importantes para el próximo cultivo y esto en gran parte se debe a los restos vegetales que han tenido un proceso de descomposición y mineralización por la acción de factores bióticos (macro y microorganismos del suelo) y abióticos como la temperatura, humedad, rotación de cultivos y entre otros.

Estos resultados, nos infieren claramente que los mayores contenidos de N están en la superficie del suelo (0 – 10 cm) antes y al final del ensayo; sin embargo como el N es un elemento químico muy móvil, se encontraron cantidades altas en la profundidad de 10 – 20 cm. Lo importante es que este N se encuentre en forma asimilable por las plantas como son en forma de N mineral: amonio y nitrato.

La respuesta de los tratamientos (alternativas tecnológicas) en cuanto al contenido de N antes y al final del ensayo y en las dos profundidades del análisis, fue muy diferente (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 6 y 7).

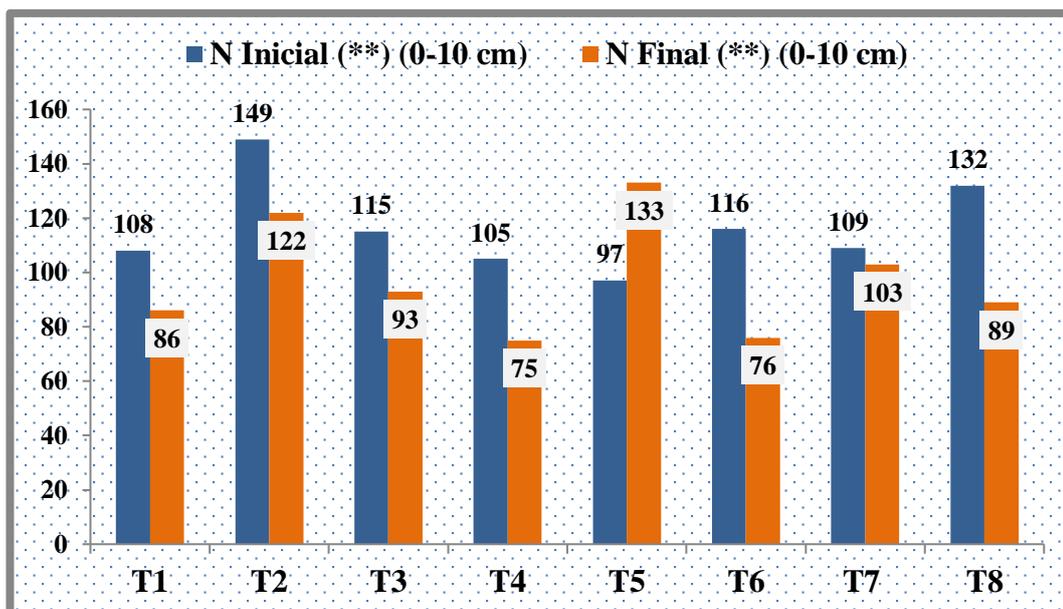


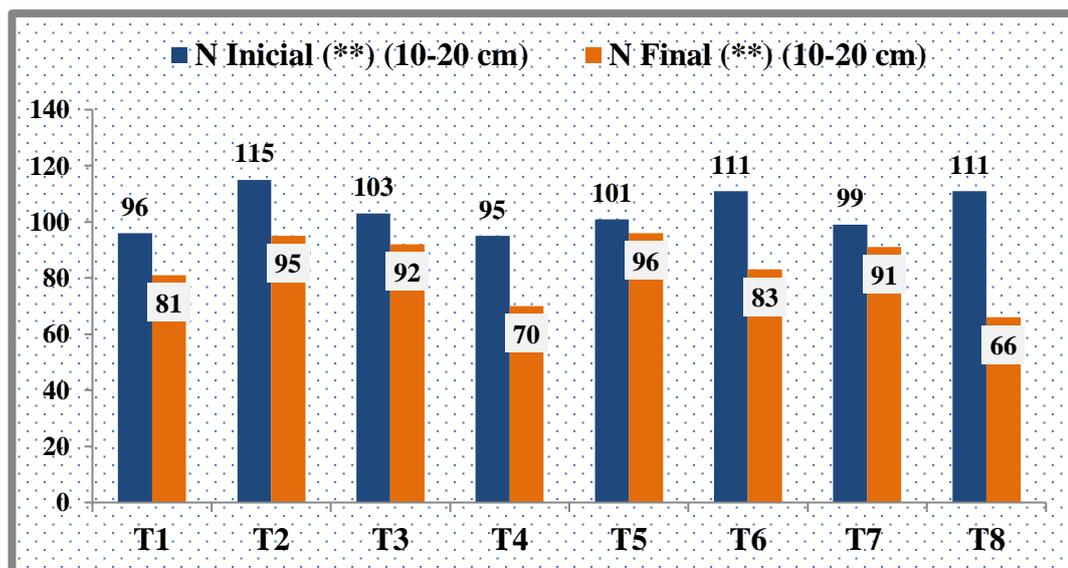
Figura 6. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable N en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En general hay una relación estrecha entre el contenido del N inicial y final en las dos profundidades con excepción del T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) (Figura No. 6). Quizá esta respuesta pudo deberse también al azar por el muestreo de suelo.

Los promedios más altos del contenido de N al inicio del cuarto año del proceso de AC y en la profundidad de 0 – 10 cm reportó el tratamiento T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y el 100% de residuos vegetales) con 149 kg/ha. Esta respuesta podría ser lógica porque este tratamiento incluyó el 100% de residuos vegetales y en cuatro años del proceso de la AC, ya se van mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo al final del cuarto año del ensayo el promedio más alto registró el tratamiento T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 133 kg/ha, pero el tratamiento T2, tuvo también un contenido importante de N al final con 122 kg/ha (Figura No.6).

Tratamientos que contienen mayor contenido de materia orgánica, hay una relación C/N equilibrada y por lo tanto mayor CIC y contenido de N mineral. Una buena relación C/N significa que hay un equilibrio entre el contenido de N mineral y energía y éste N está asimilable para las plantas.

Desde el punto de vista social y económico de los pequeños y medianos productores/as, no están dispuestos a dejar el 100% de los restos vegetales, porque utilizan principalmente para los bovinos como forraje y heno, pero si es muy importante que al menos se deje el 50% de residuos de la cosecha anterior para contribuir al mejoramiento del suelo y la sostenibilidad de los sistemas de producción para no depender exclusivamente de insumos externos como el N.



**Figura 7. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable N en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.**

Los promedios más altos del contenido de N en la profundidad de 10 – 20 cm presentaron los tratamientos T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y 100% de residuos vegetales) con 115 kg/ha, seguidos de los tratamientos T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) y el T8 (Rotación maíz - chocho intercalado con quinua, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 111 kg/ha respectivamente. Las leguminosas son claves en los procesos de rotación de cultivos por la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN). El tratamiento T2, no incluye en las rotaciones las leguminosas, pero se incorporan a través de la labranza convencional el 100% de residuos vegetales, lo que podría compensar el mayor contenido de N mineral presente en la biomasa del maíz. (Figura No. 7).

Al final del ensayo y en la profundidad de 10 – 20 cm, los promedios más alto de N registraron los tratamientos T5 y el T2 con 96 y 95 kg/ha respectivamente (Figura No. 7).

De acuerdo a estos resultados, se nota claramente que el N está presente en cantidades importantes en la superficie del suelo (profundidades entre 0 – 20 cm) por el proceso de la AC, en consideración, que se van mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo. En el año “Cero” (2016) de inicio de esta investigación planteada para cinco años, los contenidos de N, fueron bajos e igualmente la materia orgánica (Monar, C. 2015). Los resultados después de cuatro años de este proceso, nos muestran contenidos medios - altos de N y medio para materia orgánica (Cuadros Nos. 11 y 12) lo que se constituyen en alternativas tecnológicas sostenibles del proceso de la AC, misma que incluye la rotación de cultivos, labranza reducida y la no remoción de los residuos vegetales.

Una vez mejorada la relación C/N, se mejoran los contenidos de N mineral y la calidad del suelo.

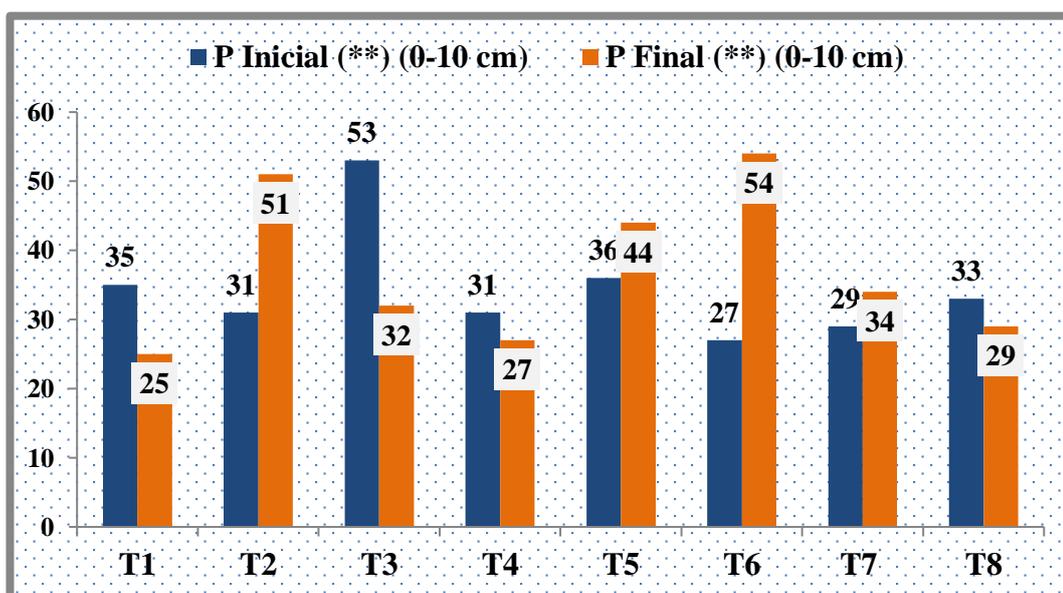
Para el reporte del análisis del **Fósforo** existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del ensayo en las dos profundidades y esto se explica porque esta investigación ya viene en un proceso de cuatro años y hay efectos de la rotación de cultivos, tipos de labranza y la no remoción de los residuos vegetales.

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de P de 34.46 kg/ha y 32.25 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 -20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del ensayo es decir al cuarto año del proceso de AC, se determinó una media general de 36.92 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 22.64 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12). Como se puede observar la mayor cantidad de P está en la superficie (0 a 10 cm), porque el P es conocido que tiene muy poca movilidad y depende de factores bióticos (micro y macroorganismos), el pH, la CIC, el aluminio, hierro e hidrógeno.

El efecto de los tratamientos en cuanto al reporte del contenido de P, fue muy diferente al inicio y final en las dos profundidades evaluadas (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 8 y 9).

El promedio más alto del contenido de P inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, reportó el tratamiento T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 100% de residuos vegetales) con 53 kg/ha y el promedio inferior tuvo el tratamiento T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 27 kg/ha (Figura No. 8). Sin embargo al final del cuarto año de concluido el ensayo, el promedio más alto se reportó en el tratamiento T6 (Rotación fréjol – maíz en el año 2018 y maíz – fréjol en el 2019, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 54 kg/ha y el menor correspondió al tratamiento T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin residuos vegetales) apenas con 25 kg/ha (Figura No. 8). El contenido de P está relacionado con el N mineral, el pH, la CIC y entre otros.



**Figura 8. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable P en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.**

En la profundidad de 10 – 20 cm, el mayor contenido de P, registró el tratamiento T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional sin residuos vegetales) con 37 kg/ha y el menor en el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 27 kg/ha (Figura No. 9). Quizá en el T1, haya el mayor contenido de P a mayor profundidad porque se realiza la labranza convencional y consiste en

roturar y virar el suelo con arado de discos, un pase de rastra y por lo tanto se incorpora el P a mayores profundidades como en este caso de 10 a 20 cm.

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y con el 100% de residuos vegetales) y el T5 (Rotación trigo – maíz, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 32 y 31 kg/ha respectivamente (Figura No. 9). Estudios de Valverde, et al. 2004, demuestran altos contenidos de N, P, K y S en la biomasa del maíz INIAP 111.

Comparando los reportes de contenidos del P en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento del contenido de P. En el año 2016, apenas se reportaron en promedio general entre 18 y 24 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han mejorado significativamente y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercado a 7.0, la materia orgánica se ha incrementado de un nivel bajo a medio, hay una Capacidad de Intercambio catiónico más estable y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

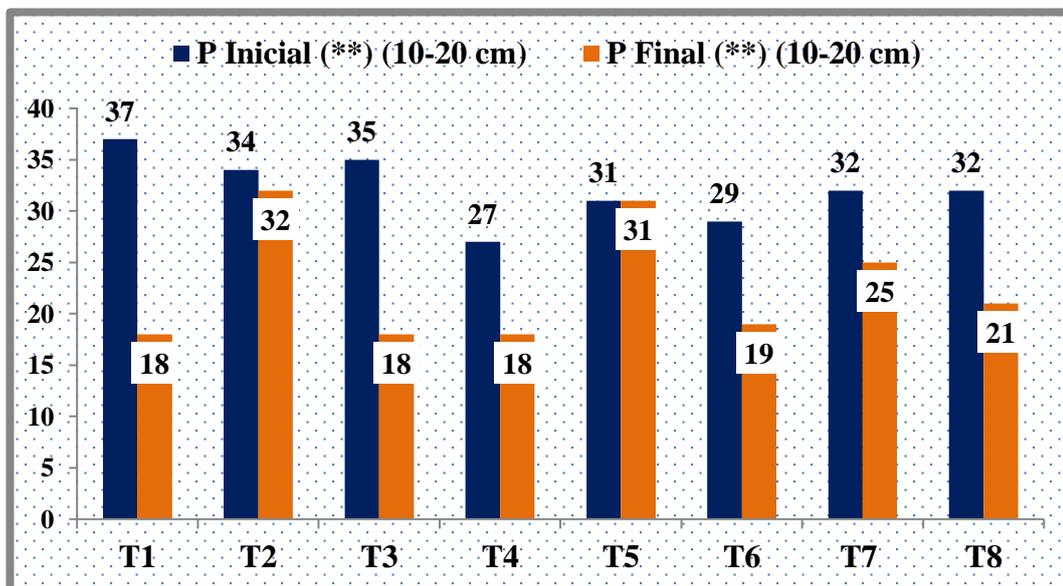


Figura 9. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable P en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte del **Azufre**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del ensayo en las dos profundidades y esto se explica porque este proceso de AC ya viene realizándose por cuatro años y hay efectos de la rotación de cultivos, tipos de labranza y la no remoción de los residuos vegetales.

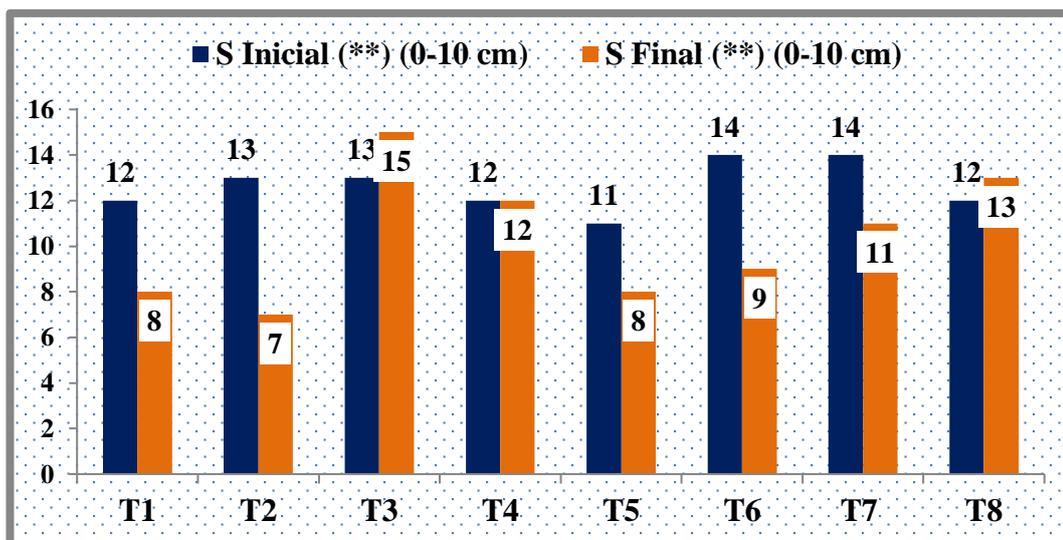
Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de S de 12.63 kg/ha y 12.79 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 -20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del ensayo es decir al cuarto año del proceso de AC, se registró una media general de 10.26 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 8.44 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12).

El efecto de los tratamientos en cuanto al reporte del contenido de S, fue muy diferente al inicio y final en las dos profundidades evaluadas (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 10 y 11).

El promedio más alto del contenido de S inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, reportaron los tratamientos T6 (Rotación maíz – fréjol, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) y el T7 (Rotación fréjol - trigo, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 14.00 kg/ha (Figura No. 10). Sin embargo al final del cuarto año de concluido el ensayo, los promedios más altos se registraron en los tratamientos T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 100% de restos vegetales) con 15 kg/ha y en el T8 (Rotación maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y el 50% de restos vegetales de la cosecha anterior) con 13 kg/ha (Figura No. 10). Es claro que a mayor cantidad de biomasa y rotación con leguminosas, se incrementó el contenido de S.

El incremento de la materia orgánica tiene un efecto directo sobre el ciclo del N, P y el S.



**Figura 10. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable S en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.**

En la profundidad de 10 – 20 cm, el mayor contenido de S, registró el tratamiento T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y con el 100% de residuos vegetales) con 15 kg/ha, seguido de los tratamientos T2 y T5 con 14 kg/ha y el menor en el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con apenas 9.0 kg/ha (Figura No. 11). Quizá en el T3, haya el mayor contenido de S porque se realizó la labranza reducida y con el 100% de los restos vegetales, lo cual ya en el cuarto año del proceso de agricultura de conservación, se ha mejorado la calidad del suelo y por lo tanto hay un mejor desarrollo del sistema radicular, mayor cantidad de macro y microorganismos y por ende un mayor contenido de S por el incremento de la MO, la CIC y una relación equilibrada de bases.

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y con el 100% de residuos vegetales) y el T8 (Rotación maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 11.0 kg/ha respectivamente (Figura No. 11).

El S es de movilidad media en el suelo depende del equilibrio con el pH, la CIC y la relación C/N.

Comparando los reportes de contenidos del S en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento del contenido de S. En el año 2016, apenas se reportaron en promedio general 8.9 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han mejorado significativamente y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercado a 7.0, la materia orgánica se ha incrementado de un nivel bajo a medio y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo por el proceso de descomposición y mineralización de la biomasa.

Los suelos de la sierra ecuatoriana y por ende de la provincia Bolívar, debido a varios factores bióticos y abióticos adversos, son de un bajo contenido de S y la AC que contempla la rotación de cultivos, labranza reducida y la no remoción de los restos vegetales del cultivo anterior, han contribuido para mejorar el contenido de S, mismo que es fundamental para la nutrición de las plantas por los procesos de fotosíntesis y por ende para obtener mejores rendimientos.

Se observa que en las rotaciones que involucran las leguminosas como el fréjol y el chocho, y la gramínea como el trigo, hay mayores incrementos de los macronutrientes N, P y S.

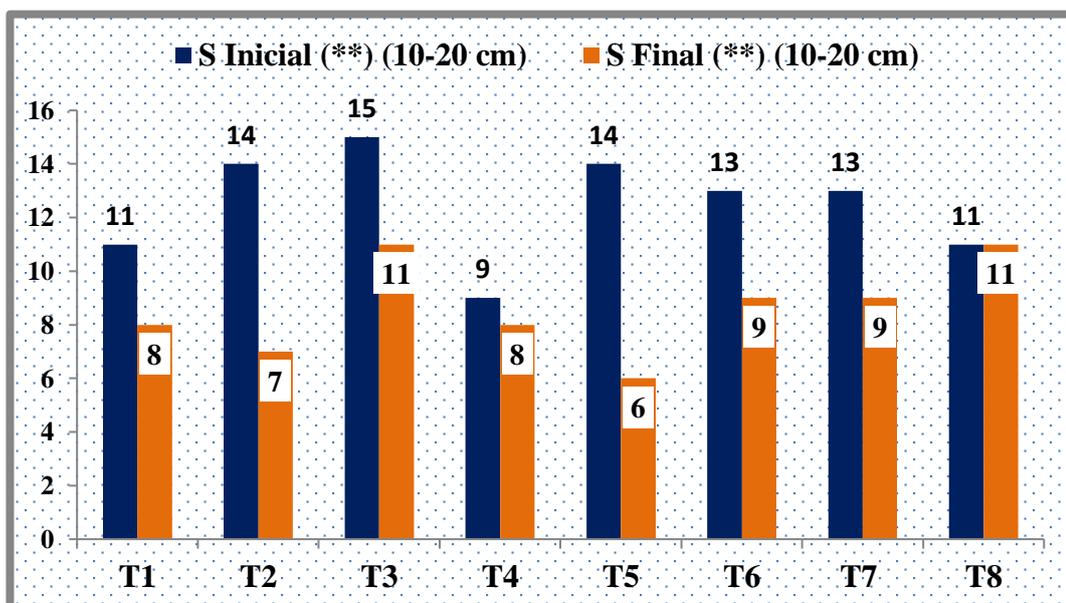


Figura 11. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable S en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte del **Potasio**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del ensayo en las dos profundidades y esto se explica porque este proceso de AC ya viene realizándose por cuatro años y hay efectos de la rotación de cultivos, tipos de labranza y la no remoción de los residuos vegetales ya que dependiendo del tipo de rotaciones y las dosis de restos vegetales se están incluyendo entre 7 y 15 Tm/ha de biomasa al suelo.

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de K de 633.76 y 533.15 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 - 20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del K de 703.91 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 419.63 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12). Estos resultados muestran que el K, mismo que es medianamente movable, la mayor cantidad está en la superficie del suelo es decir entre 0 y 10 cm lo que pone al alcance del sistema radicular. Las cantidades de K reportadas/ha, son comparables a los reportes de varios autores como Valverde, F. et al 2004 y Monar, C. 2015.

El efecto de los tratamientos en cuanto al reporte del contenido de K, fue muy diferente al inicio y final en las dos profundidades evaluadas (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 12 y 13).

El K, junto al N, P y S, son elementos esenciales para mejorar la productividad de los sistemas de producción y lo más importante es que a través del proceso de la AC se incrementen las cantidades disponibles y en las formas de asimilación de las plantas. Las leguminosas, son muy importantes en la rotación de cultivos por la FBN mismo que está relacionado con la eficiencia del P, K y el S.

El promedio más alto del contenido de K inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, reportaron los tratamientos T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) y el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 819.00 y 689 kg/ha respectivamente (Figura No.12). Sin

embargo al final del cuarto año de concluido el ensayo, los promedios más altos se registraron en los tratamientos T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) y el T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 100% de restos vegetales) con 953 y 867 kg/ha respectivamente (Figura No. 12). Estos resultados confirman lo manifestado por Valverde, F. et al. 2004 que la biomasa de maíz INIAP 111 tiene contenidos elevados de macronutrientes como el N, P, K y el S, siendo vital para la sostenibilidad de los sistemas de producción mantener al menos el 50% de los restos vegetales.

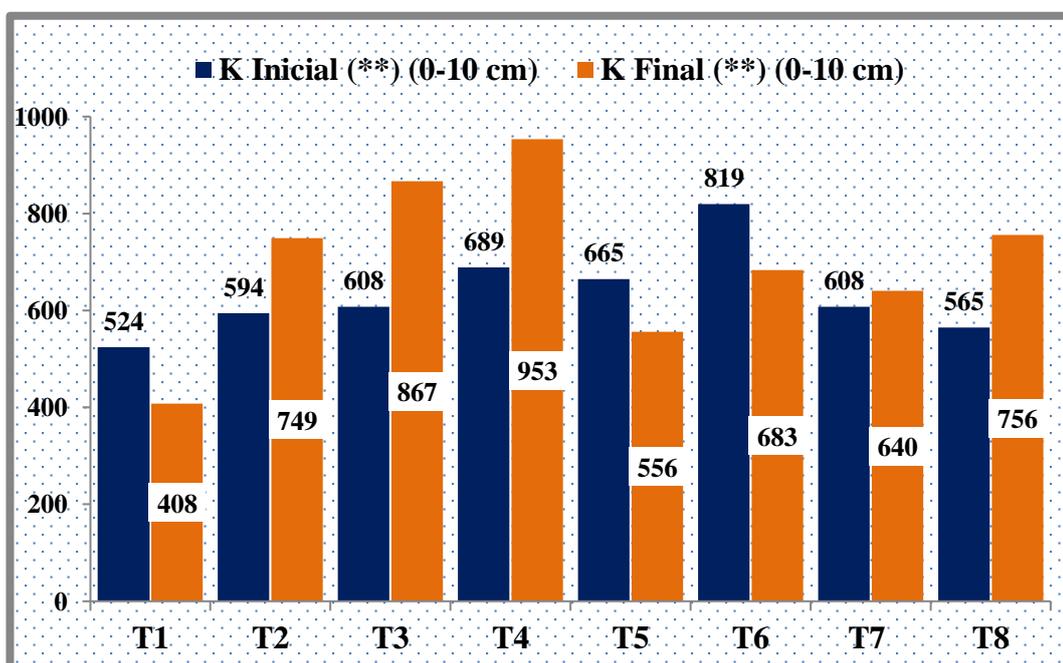


Figura 12. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable K en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En la profundidad de 10 – 20 cm, en respuesta consistente el mayor contenido de K, se reportaron en los tratamientos T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) y en el T6 (Rotación maíz - Fréjol, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 619.0 y 603.0 kg/ha respectivamente (Figura No. 13). Los promedios inferiores, se registraron en los tratamientos T8 (Rotación maíz - Quinoa intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de restos vegetales) y el T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 436.0 y 476.0 kg/ha respectivamente (Figura No.13).

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y con el 50% de residuos vegetales) y el T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y el 100% de restos vegetales) con 558.0 y 530.0 kg/ha respectivamente (Figura No. 13). El promedio inferior, se tuvo en el tratamiento T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin la adición de restos vegetales) con apenas 294.0 kg/ha (Figura No. 13). Quizá este promedio más bajo del K, se debe a que este tratamiento no incluye la adición de biomasa, misma que tiene un alto contenido de este nutriente, junto al N, P y S. Estos resultados al final del ensayo, confirman que la mayor cantidad de K, está en la superficie del suelo (0 a 10 cm).

Comparando los reportes de contenidos del K en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento del contenido de K. En el año 2016, se reportaron en promedio general 350.35 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han mejorado significativamente y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercano a 7.0, incremento de la materia orgánica de un nivel bajo a medio y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo por el proceso de descomposición y mineralización de la biomasa por la acción eficiente de los macro y microorganismos del suelo. Generalmente los suelos andinos, tienen un contenido medio alto de K, pero éste no siempre está disponible para las plantas y además dependiendo de las condiciones bioclimáticas, es fácilmente lixiviado.

Se observa que en las rotaciones que involucran a las leguminosas como el fréjol y el chocho, y en gramíneas como el trigo, hay mayores incrementos de los macronutrientes N, P, S y K y quizá esto se debe a la acción de los microorganismos del suelo, los procesos de humificación, CIC y la relación C/N.

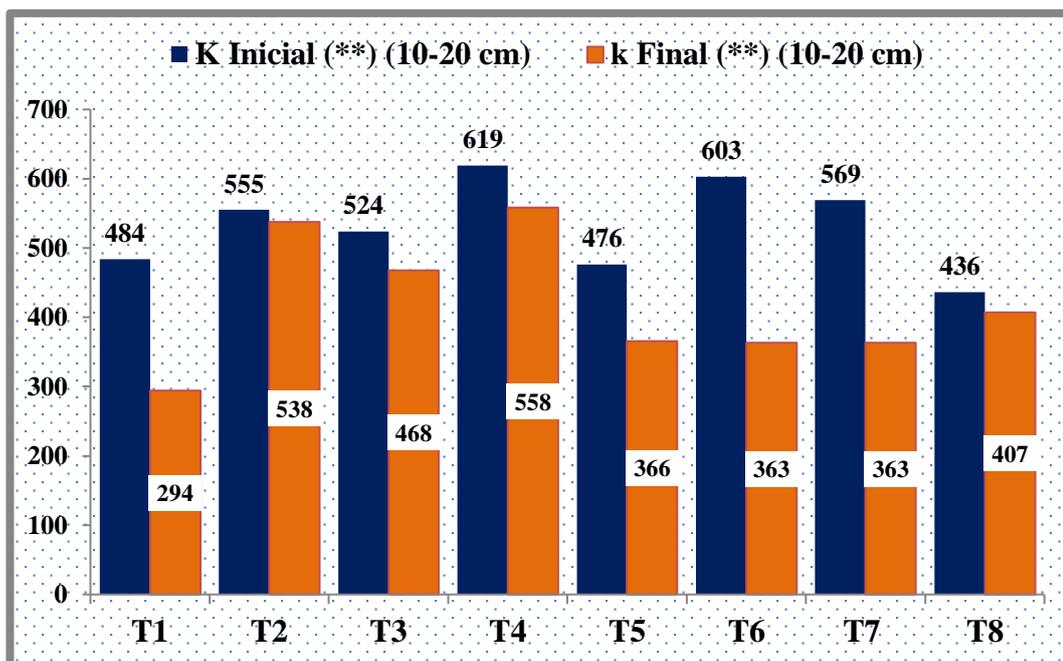


Figura 13. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable K en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte del **Calcio**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes del ensayo de 0 – 10 cm y un efecto similar de los tratamientos al final del ensayo en la profundidad de 0 -10 cm; sin embargo para la profundidad de 10 – 20 cm, se determinó un efecto significativo de los tratamientos antes y al final del cuarto año del proceso de AC en cuanto al contenido de Calcio en el suelo (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 14 y 15).

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de Ca de 4144.60 y 4098.70 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 -20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del Ca de 4393.70 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 4622.30 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12). Se observa una mayor cantidad de Ca entre los 10 y 20 cm de profundidad.

El efecto de los tratamientos en cuanto al reporte del contenido de Ca, fue muy diferente al inicio en la profundidad de 0 -10 cm y similar al final en la profundidad de 0 – 10 cm. Sin embargo en la profundidad de 10 a 20 cm, fue muy diferente la

respuesta de las alternativas tecnológicas (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 14 y 15).

El Ca está asociado directamente al pH y los contenidos de K y Mg, siendo vital mantener un equilibrio de estos nutrientes y las diferentes bases de Ca, K y Mg para que puedan ser asimilados por las plantas.

El promedio más alto del contenido de Ca inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, reportaron los tratamientos T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) y en el T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin restos vegetales) con 4330.00 y 4284.00 kg/ha respectivamente (Figura No.14). El promedio inferior se reportó en el tratamiento T7 (Fréjol - trigo, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 3858.00 kg/ha (Figura No. 14).

Sin embargo al final del cuarto año de concluido el ensayo, el promedio superior se reportó en respuesta consistente en el tratamiento T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin restos vegetales) con 4618.00 kg/ha y el menor promedio en el tratamiento T8 (Rotación maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 4137.00 kg/ha (Figura No. 14). Los altos contenidos de Ca en la superficie del suelo, están relacionados quizá el pH y los contenidos de las bases de K y Mg.

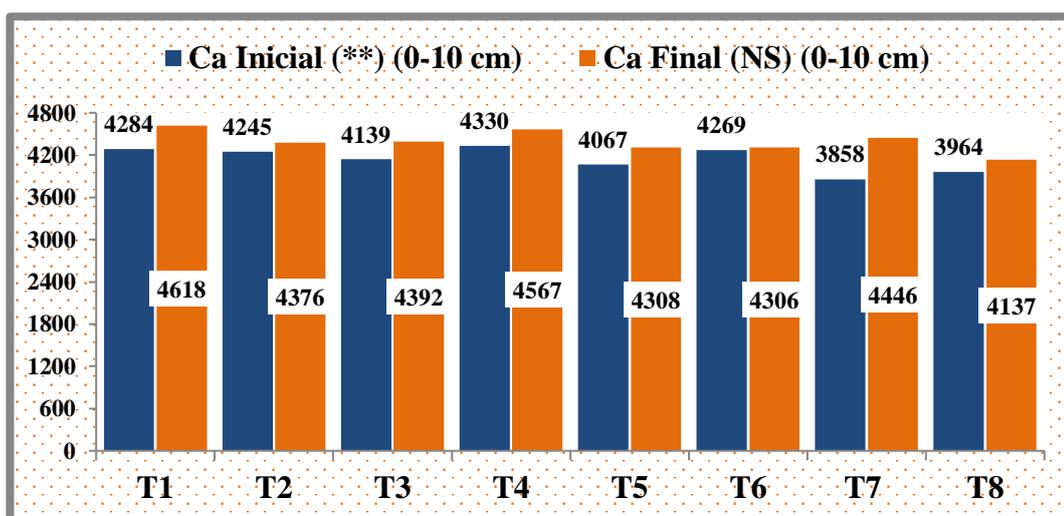


Figura 14. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En la profundidad de 10 – 20 cm, en respuesta consistente el mayor contenido de Ca, se reportó en el tratamiento T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) y en T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y 100% de restos vegetales) con 4360 y 4333 kg/ha respectivamente (Figura No. 15). El promedio más bajo, se determinó en el T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y con el 50% de restos vegetales) con 3685 kg/ha (Figura No.15).

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin restos vegetales) y el T7 (Rotación fréjol - trigo, labranza reducida y con el 50% de restos vegetales) con 5156 y 4912 kg/ha respectivamente (Figura No. 15). El promedio inferior, se tuvo en el tratamiento T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y con el 100% de restos vegetales) con 4346 kg/ha (Figura No. 13).

Comparando los reportes de contenidos del Ca en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento significativo del contenido de Ca. En el año 2016, se reportaron en promedio general 3910 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han mejorado y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercado a 7.0, la materia orgánica se ha incrementado de un nivel bajo a medio y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo por el efecto de la descomposición y mineralización de los nutrientes, una adecuada CIC y un equilibrio entre el contenido de N y la energía (Hidratos de carbono) procedente de la biomasa. Generalmente los suelos andinos, tienen un contenido alto de Ca, pero este no está disponible para las plantas por un desequilibrio en la relación de bases Ca, K y Mg.

Se observa que en las rotaciones que involucran a las leguminosas como el fréjol y el chocho, y en las gramíneas el trigo, hay mayores incrementos de los macronutrientes N, P, S, K y el Ca.

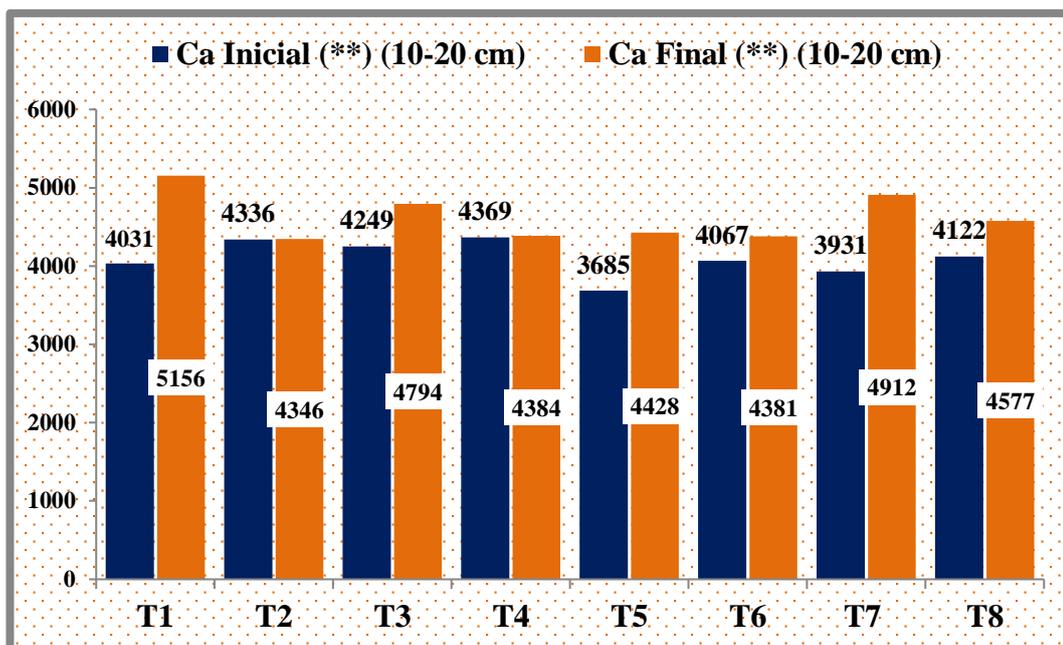


Figura 15. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte del **Magnesio**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del cuarto año del ensayo y en las dos profundidades estudiadas, lo cual es un indicador del mejoramiento del suelo por el proceso de la AC (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 16 y 17).

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de Mg de 586.52 y 584.74 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del cuarto año del proceso de AC, se registró una media general del Mg de 567.64 kg/ha en la profundidad de 0 – 10 cm y 607.86 kg/ha en la profundidad de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12). La mayor cantidad de Mg, está entre los 10 y 20 cm de profundidad.

Como podemos observar el contenido de Mg, es similar antes del establecimiento del cuarto año del ensayo y al final, lo que quiere decir que la cantidad de Mg, no se vio afectada en la parte superficial del suelo. Sin embargo el contenido de Mg en la profundidad de 10 a 20 cm, si hubo un incremento de este nutriente al final del ensayo (Cuadro No. 12). Estos resultados infieren que el Mg se está movilizándose a una mayor profundidad del suelo.

El Mg está asociado directamente al pH y los contenidos de K y Ca, siendo vital mantener un equilibrio de estos nutrientes para que puedan ser asimilados por las plantas. El Mg es muy importante en los procesos de la fotosíntesis.

El promedio más alto del contenido de Mg inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, presentó el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 610 kg/ha y el menor promedio el tratamiento T8 (Rotación maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 556 kg/ha (Figura No. 16).

En respuesta consistente, al final del ensayo el promedio superior se determinó en el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 618 kg/ha y el promedio menor en el tratamiento T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 518 kg/ha (Figura No. 16).

Los suelos Andisoles, tienen un alto contenido de Ca y Mg, pero para su eficiencia influyen las concentraciones de bases Ca/Mg; Ca/K y el valor del pH, la CIC, y además la humedad del suelo, microorganismos, temperatura y entre otros.

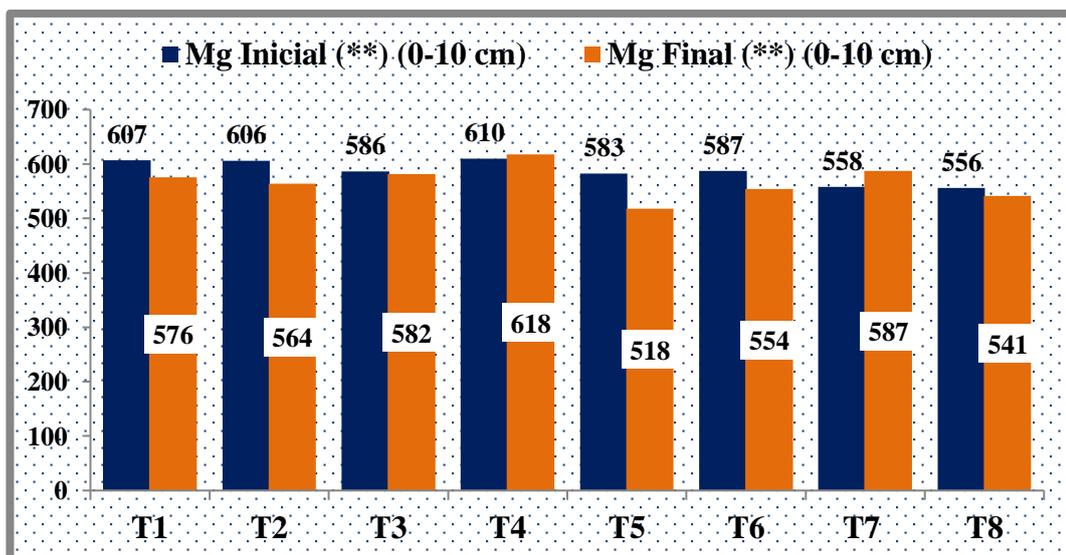


Figura 16. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Mg en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En la profundidad de 10 – 20 cm, los valores promedios más altos del contenido de Mg, presentaron los tratamientos T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y 100% de restos vegetales) y T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 608 kg/ha y los promedios inferiores en los tratamientos T5 (Rotación Trigo - maíz, labranza reducida y con el 50% de restos vegetales) y el T8 (Rotación maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 532 y 578 kg/ha respectivamente (Figura No. 17).

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) y el T1 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y sin restos vegetales) con 637 y 636 kg/ha (Figura No. 17). El promedio inferior, se tuvo en el tratamiento T8 (Rotación Maíz - quinua intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 574 kg/ha (Figura No. 17). La quina es un cultivo altamente extrayente de los macro y micronutrientes.

Comparando los reportes de contenidos del Mg en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento significativo del contenido de Mg. En el año 2016, se reportaron en promedio general 460 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han mejorado significativamente y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercado a 7.0, la materia orgánica se ha incrementado de un nivel bajo a medio y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El hecho de mejorar e contenido de la MO, se mejoran la relación C/N, CIC, relación de bases y el incremento de los macro y microorganismos del suelo. Generalmente los suelos andinos, tienen contenidos altos de Ca y Mg, pero éstos no están disponibles para las plantas por un desequilibrio en la relación de bases Ca, K y Mg y períodos de estrés de humedad por el cambio climático.

Se observa que en las rotaciones que involucran a las leguminosas como el fréjol y el chocho, y en las gramíneas como el trigo, hay mayores incrementos de los macronutrientes N, P, S, K, Ca y el Mg.

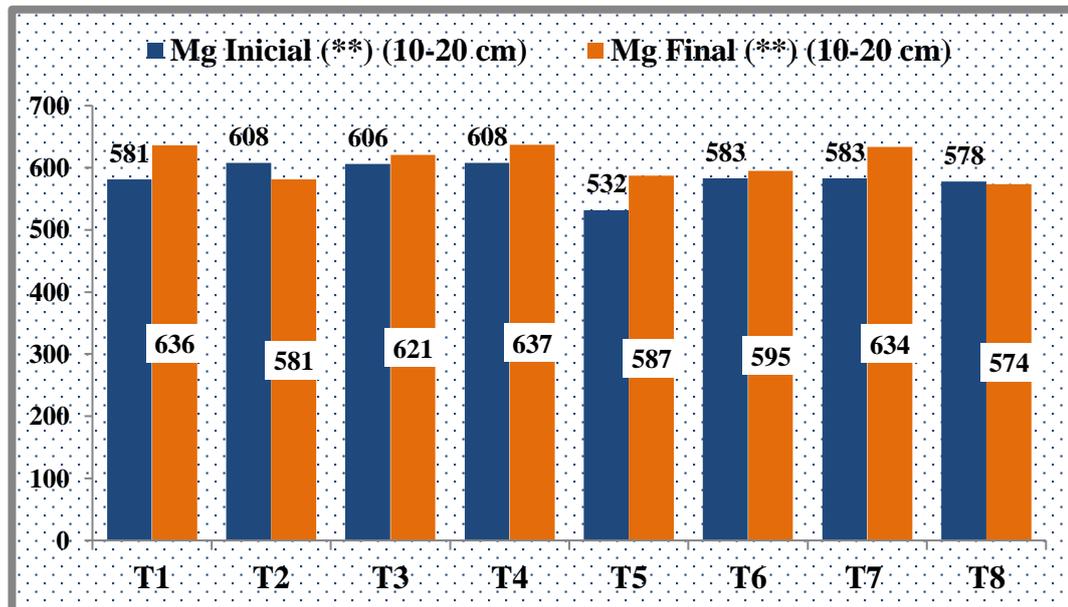


Figura 17. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable Ca en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte del **Boro**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del cuarto año del ensayo y en las dos profundidades estudiadas, lo cual es un indicador del mejoramiento del suelo por el proceso de la AC (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 18 y 19).

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de B de 2.26 kg/ha y 2.03 kg/ha en las profundidades de 0 – 10 y de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 11).

Al final del cuarto año del proceso de AC, se registró una media general del B de 0.97 kg/ha en las dos profundidades de 0 – 10 cm y de 10 a 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12).

Como podemos observar el reporte del B, es muy bajo y el contenido en la superficie de 0 a 10 cm es similar antes y al final del ensayo. En la profundidad de

10 a 20 cm antes del ensayo y al final del mismo, presentó valores iguales con apenas 0.97 kg/ha; esto quiere decir que la movilidad del B, fue nula.

El B está asociado directamente al pH y los contenidos de K, Mg y Ca, siendo vital mantener un equilibrio de estos nutrientes para que puedan ser asimilados por las plantas.

El promedio más alto del contenido de B inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, presentó el T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 2.83 kg/ha y el menor promedio se determinó en el tratamiento T5 (Rotación trigo - maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 1.97 kg/ha (Figura No. 16). El mayor contenido de B, se presentó en la rotación con leguminosas.

Al final del ensayo el promedio superior se registró en los tratamientos T1; T4 y T8 con 1.03 y 1.02 kg/ha respectivamente (Figura No. 18).

Los suelos Andisoles, tienen un bajo contenido de boro, mismo que es un nutriente a investigar y en el proceso de AC, se ha incrementado levemente el contenido de este nutriente por la rotación de cultivos, labranza reducida y la incorporación de residuos vegetales de la cosecha anterior.

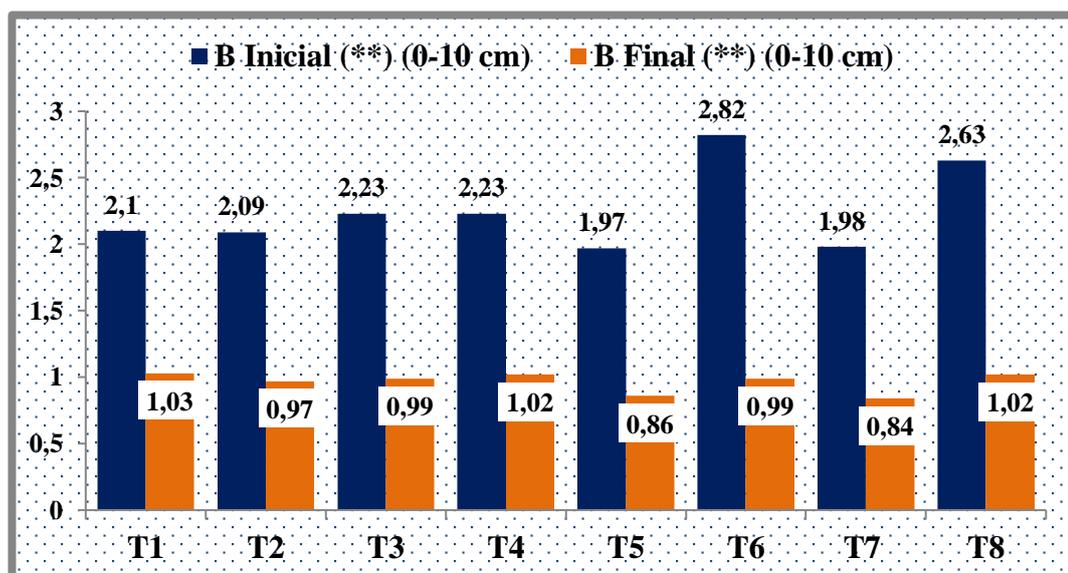


Figura 18. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable B en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En la profundidad de 10 – 20 cm, los valores promedios más altos del contenido de B, presentaron los tratamientos T7 (Rotación de cultivos fréjol - trigo, labranza reducida con el 50% de residuos vegetales) y el T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y 50% de residuos vegetales) con 2.65 y 2.17 kg/ha respectivamente. El promedio inferior, se reportó en el tratamiento T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 100% de restos vegetales) con 1.58 kg/ha (Figura No. 19).

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC la respuesta de los tratamientos fue similar con un contenido promedio de 1.0 kg/ha de boro (Figura No. 19).

Comparando los reportes de contenidos del B en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un leve incremento del contenido de B. En el año 2016, se reportaron en promedio general 0.70 kg/ha (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016) y actualmente estos niveles han subido ligeramente y esto se debe quizá a que el pH está más estable muy cercado a 7.0, la materia orgánica se ha incrementado de un nivel bajo a medio y además se han mejorado las características físicas, químicas y biológicas del suelo por efecto de los macro y microorganismos. Generalmente los suelos andinos, tienen un contenido muy bajo de B y esto quizá esté relacionado con las bases K, Ca y Mg.

Se observa que en las rotaciones que involucran a las leguminosas como el fréjol y el chocho, hay leves incrementos del B y quizá tenga su relación con la FBN.

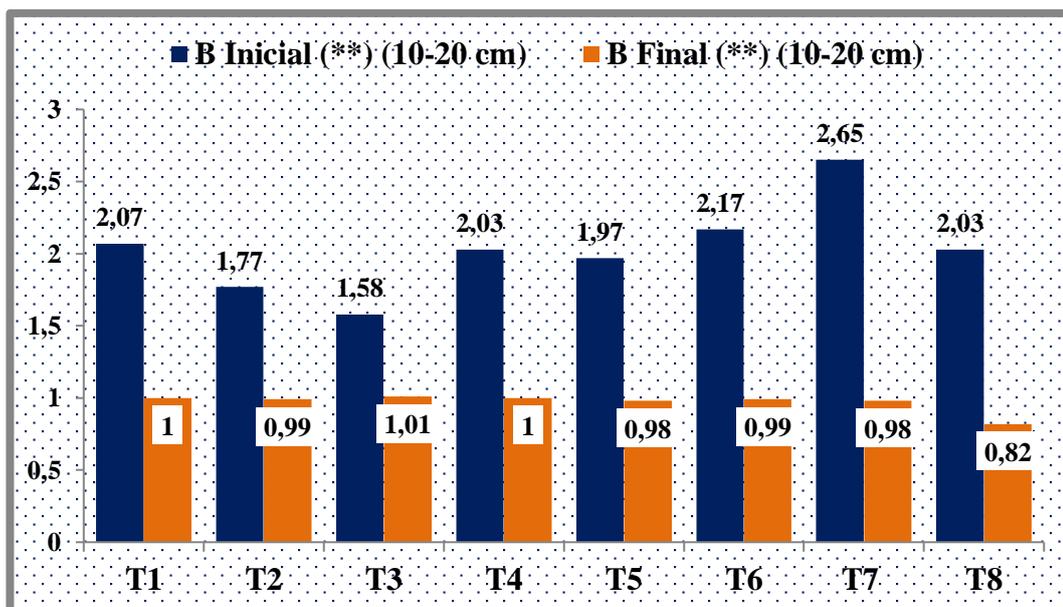


Figura 19. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable B en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

Para el reporte de la **Materia Orgánica (MO)**, existió una respuesta muy diferente de los tratamientos antes y al final del cuarto año del ensayo y en las dos profundidades estudiadas, lo cual es un indicador del mejoramiento de la calidad del suelo por el proceso de la AC (Cuadros Nos. 11 y 12 y Figuras Nos. 20 y 21).

Antes de iniciar el cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general del contenido de MO de 3.90% y 3.86% en las profundidades de 0 – 10 y de 10 -20 cm respectivamente (Cuadro No. 11). Como podemos observar estos resultados, son similares en las dos profundidades con un contenido medio de MO.

Al final del cuarto año del proceso de AC, se reportó una media general de 3.22% en la profundidad de 0 – 10 cm y 2.92% de 10 – 20 cm respectivamente (Cuadro No. 12).

Esta diferencia en el contenido de la MO, al inicio del ensayo y al final del mismo pudo darse por el azar y el nivel de descomposición del tipo de biomasa (maíz, trigo y quinua).

La mayor cantidad de MO, está entre los 0 y 20 cm de profundidad y esto se debe quizá a la labranza reducida, por lo tanto los restos vegetales permanecen como mulch sobre la superficie del suelo y tiene que darse un proceso de mediano plazo

la descomposición y mineralización de la biomasa para transformarse en minerales asimilables para las plantas. Inicialmente la relación C/N es alta por la cantidad de celulosa de la biomasa, luego por la acción de los macro y microorganismos descomponen esta celulosa y se baja la relación C/N, idealmente entre una relación de 10/12 y es cuando hay un mejor equilibrio entre el N mineral y la energía (hidratos de carbono).

La MO está asociada directamente con las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la relación C/N, la CIC, el pH y son determinantes también los factores climáticos como la temperatura, humedad, concentración del oxígeno, CO<sub>2</sub> y la captura del C al suelo.

El promedio más alto del contenido de MO inicial a la profundidad de 0 – 10 cm, presentó el T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 4.27%, seguido del tratamiento T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y con el 100% de restos vegetales) con 4.17%. El promedio inferior se registró en el tratamiento testigo T1 (Rotación maíz –maíz, labranza convencional y sin residuos vegetales) con 2.70% (Figura No. 20). Estos resultados son lógicos y es claro que la rotación con el fréjol, la labranza reducida y la biomasa de los restos vegetales, incrementaron el contenido de MO, a diferencia del tratamiento testigo T1 del agricultor, que realiza la labranza convencional (arado y rastrado con tractor o yunta) y no conserva los restos vegetales de la cosecha anterior, porque de acuerdo a su criterio y conocimiento ve como “un estorbo” para las labores culturales a los restos vegetales y depende cada vez más de insumos externos como el N y los plaguicidas, pero esto no es sostenible.

Al final del cuarto año de estudio de este proceso de AC, los promedios más altos de MO, presentaron los tratamientos T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 100% de restos vegetales) y el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) con 3.57% respectivamente. En respuesta consistente, el promedio inferior registró el tratamiento testigo T1 con 2.45% (Figura No. 20).

Al comparar el contenido de MO en los suelos de Laguacoto en los años 2015 y 2016 estuvo en promedio en 2.55% (bajo) (INIAP. 2015 y Monar, C. 2016). Después de cuatro años del proceso de la AC, se notan claramente cambios positivos en la química del suelo y uno de ellos es el indicador de la MO que en algunos tratamientos se cuantificó hasta en un 4.23% (Medio).

Mejorar el contenido de MO, es garantía de sostenibilidad de los sistemas de producción y se mejora ampliamente el contenido del N mineral y otros nutrientes y mejora la eficiencia química y agronómica del N.

Autores como Delgado, J. 2015, menciona que por cada punto de incremento de la MO en el suelo, se fijan en promedio entre 20 y 30 kg/ha de N.

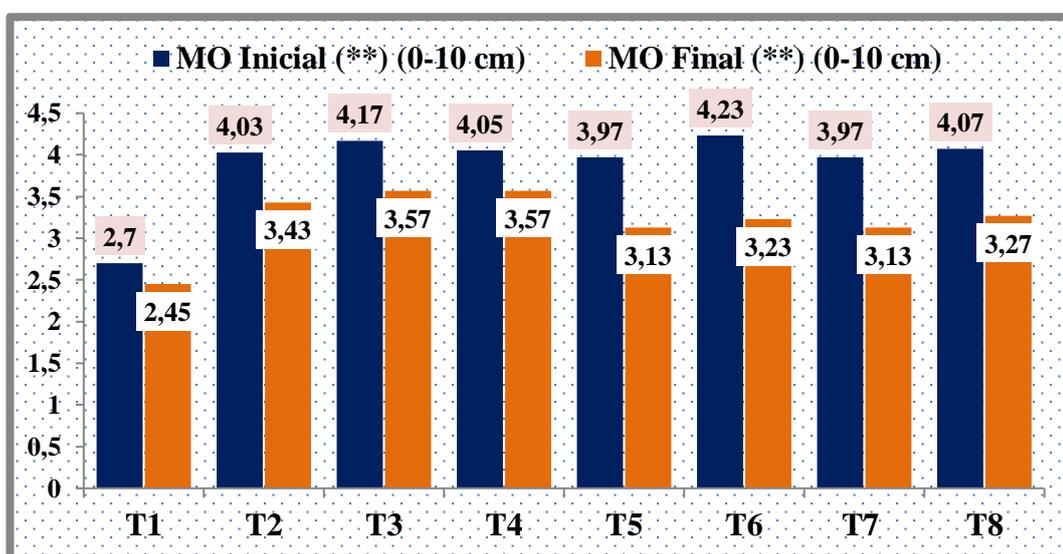


Figura 20. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable MO en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 0 – 10 cm. Laguacoto. 2019.

En la profundidad de 10 – 20 cm, los valores promedios más altos del contenido de MO, presentaron los tratamientos T6 (Rotación maíz - fréjol, labranza reducida y el 50% de restos vegetales) y el T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y 100% de restos vegetales) con 4.27 y 4.17% respectivamente y el promedio inferior se reportó en respuesta consistente en el T1 (testigo) con 2.41%, (Figura No. 21). Estos resultados nos confirman que la rotación de cultivos, remoción mínima del suelo y los restos vegetales, a mediano plazo incrementan el contenido de MO y hacen más sostenible a la agricultura y por lo tanto una contribución directa a la seguridad y soberanía alimentaria.

Al final del ensayo y concluido el cuarto año del proceso de AC los tratamientos con los promedios más elevados de MO en la profundidad de 10 a 20 cm, fueron el T2 (Rotación maíz – maíz, labranza convencional y el 100% de restos vegetales) y el T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales) con 3.13% y 3.05% respectivamente y el promedio más bajo se reportó en el tratamiento testigo T1 con 2.45% (Figura No. 21).

Los resultados obtenidos en el tratamiento T1 testigo absoluto del agricultor, nos confirman que la agricultura convencional asociada a la labranza extrema del suelo, los monocultivos y la quema de los restos vegetales, no es sostenible. Cada vez los suelos necesitarán de una mayor dependencia insostenible de insumos externos como son el N y los plaguicidas.

Comparando los reportes de contenidos de la MO en el año 2016, fecha de inicio de este proceso de AC, con los actuales del año 2019, hay un incremento significativo del contenido de MO y por lo tanto tiene una relación directa con la calidad del suelo expresado a través del pH, macro y micronutrientes y los microorganismos benéficos del suelo. Por lo tanto la AC, es una tecnología estratégica para mitigar el cambio climático y por lo tanto contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria.

Entre los principales beneficios de la AC en el suelo están la reducción de los procesos de la erosión, incremento en los niveles de la MO, mejora de la estructura, mayor biodiversidad e incremento de la fertilidad natural del suelo. Para el aire están la fijación del C al suelo y una menor emisión del CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Para el agua, se reduce el nivel de escorrentía, menor contaminación de aguas superficiales, mayor capacidad de retención de agua y un menor riesgo de inundaciones.

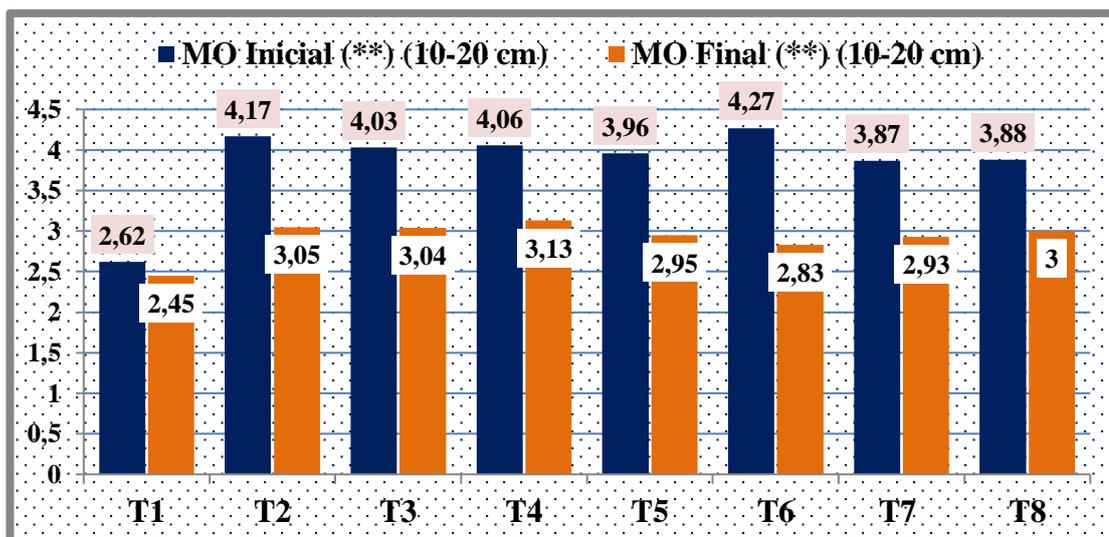


Figura 21. Resultados promedios de los ocho tratamientos en la variable MO en kg/ha del suelo inicial y al final del ensayo en la profundidad de 10 – 20 cm. Laguacoto. 2019.

#### 5.4. Coeficiente de Variación (CV).

El CV, es un estadístico de dispersión, que indica la variabilidad de los resultados y se expresa en porcentaje. Investigadores como Beaver, J. y Beaver, L. 2000, indican que el valor del CV en variables que estén bajo el control del investigador, no deben pasar del 20% y en variables que no dependen del investigador como el porcentaje de acame de plantas, incidencia y severidad de enfermedades, el CV puede tener valores mayores al 20%.

En esta investigación en las variables que estuvieron bajo el control del investigador, los valores del CV, fueron muy inferiores al 20% (Cuadros Nos. 11 y 12). Se registraron valores superiores al 20% en variables que no estuvieron bajo en control del investigador como el porcentaje de acame, plantas con dos mazorcas, etc., por lo tanto las conclusiones y recomendaciones, son válidas para esta zona agroecológica.

## 5.5. Análisis de correlación y regresión lineal.

**Cuadro 13.** Resultados de análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes agronómicos) que tuvieron una significancia estadística positiva o negativa con el rendimiento de maíz evaluado en kg/ha al 13% de humedad. Laguacoto, Guaranda. 2019.

VARIABLES INDEPENDIENTES /Xs)	Coeficiente de correlación "r"	Coeficiente de regresión "b"	Coeficiente de determinación "R <sup>2</sup> %)
Longitud de la mazorca (**)	0.6835	168.006	47
Nitrógeno (*)	0.5423	7.5812	30
Fósforo (**)	0.6699	16.8315	45
Nro. plantas sin mazorcas (**)	-0.4543	-3.8181	21

\*Significativo al 5%. \*\*Altamente significativo al 1%.

### Coeficiente de correlación.

Correlación, es la estreches positiva negativa entre dos variables, su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades. En esta investigación, las variables que presentaron una correlación significativa y positiva con el rendimiento de maíz fueron la longitud de mazorca, nitrógeno y el fósforo. Hubo una relación significativa pero negativa entre la variable número de plantas sin mazorcas versus el rendimiento (Cuadro No. 13).

### Coeficiente de regresión.

Regresión, es el incremento o reducción de la variable dependiente (Y) por cada cambio único de la variable independiente (X). Los componentes agronómicos que incrementaron el rendimiento de maíz fueron valores promedios más elevados de la longitud de mazorca, nitrógeno y el fósforo. Sin embargo la variable que redujo el rendimiento de maíz, fueron tratamientos con valores más altos de plantas sin mazorcas (Cuadro No. 13).

### Coeficiente de Determinación

El coeficiente de determinación, es un estadístico que explica en qué porcentaje se incrementa o reduce el rendimiento por el cambio único de las variables

independientes y su valor máximo es 100%. En esta investigación el 47% de incremento del rendimiento fue debido a valores promedios más altos de la longitud de las mazorcas; el 30% al N y el 45% al P. Sin embargo el 21% de reducción del rendimiento fue debido a valores más altos del porcentaje de plantas sin mazorcas (Cuadro No. 13).

Valores más altos del coeficiente de determinación quiere decir que hay un mejor ajuste de los datos de acuerdo a la línea de regresión:  $Y = a + bX$ .

En este proceso de la Agricultura de Conservación los componentes que ya tienen una estrecha relación con el contenido de la Materia Orgánica del suelo fueron el pH, N, P, K, S, Mg, Ca, CIC y la fijación del C al suelo.

#### **5.6. Análisis económico.**

El análisis económico de presupuesto parcial (AEPP), se realizó aplicando la metodología de Perrin, et al. 2002, en que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento. Para realizar el AEPP, se tomaron en cuenta únicamente los seis tratamientos que correspondieron al cultivo de maíz INIAP 111, ya que no sería comparable con el trigo y el fréjol. En esta investigación los costos que variaron en cada tratamiento fueron los tipos de labranzas: reducida y convencional; herbicida glifosato, mano de obra para la aplicación de herbicidas, rascadillo, aporque y la colocación de los residuos vegetales de acuerdo a los tratamientos: sin residuos, 50% y 100% de residuos.

El costo de un jornal/día se cuantificó en \$15,00. El precio de venta del maíz INIAP 111 en seco en promedio para el año 2019 estuvo en \$0.90/kg. El alquiler de la maquinaria agrícola estuvo en \$15/hora/tractor. El costo de los herbicidas Glifosato y del 2,4 - D Amina fueron de \$ 5,50/litro. Las dosis de estos herbicidas fueron de 3 l/ha.

Para el manejo de los residuos vegetales, se estimaron 16 jornales/día/ha para los tratamientos T2 y T3, que llevaron el 100% y para los tratamientos T4, T5; y T6 se consideraron 8 jornales/día/ha porque se aplicaron el 50% de los restos vegetales..

El tratamiento T1 (Testigo) no se aplicó restos vegetales. Los tratamientos T1 y T2, son de labranza convencional por lo tanto tuvieron actividades adicionales como el rascadillo y el aporque a los 30 y 60 días después de la siembra para lo cual se consideraron 30 jornales/ha.

El costo de los envases o sacos se consideró a \$ 0.30 cada uno y con capacidad para 45 kg. Para calcular el ingreso bruto, el rendimiento del maíz de acuerdo a la metodología de Perrin, et al., se justó el 10%.

**Cuadro 14.** Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP).Cultivo maíz variedad INIAP 111 Guagal Mejorado. Laguacoto, Guaranda. 2019.

Variables	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento de maíz en kg/ha	2949	2966	3213	2776	2823	2821
Rendimiento ajustado 10 % kg/ha	2654	2669	2892	2498	2541	2539
<b>TOTAL INGRESO BRUTO \$/HA</b>	<b>2388.6</b>	<b>2402.1</b>	<b>2602.8</b>	<b>2248.2</b>	<b>2286.9</b>	<b>2285.1</b>
<b>COSTOS QUE VARÍAN POR TRATAMIENTO \$/HA</b>						
Costo de glifosato \$/ha	0.00	0.00	16.50	16,50	16.50	16.50
Hora/Tractor (6 horas): \$/ha	90.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aplicación glifosato (2 jornales) \$/ha	0.00	0.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Colocación de restos vegetales \$/Ha.	0.00	240	240	120	120	120
Rascadillo y aporque \$/Ha	450	450	0.00	0.00	0.00	0.00
Herbicida 2,4- D Amina. \$/Ha	0.00	0.00	16.50	16.50	16.50	16.50
Aplicación herbicida \$/Ha	0.00	0.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Envases \$/ha	17.69	17.79	19.28	16.65	16.94	16.93
<b>TOTAL COSTOS QUE VARÍAN \$/HA.</b>	<b>557.69</b>	<b>797.79</b>	<b>352.28</b>	<b>229.65</b>	<b>229.94</b>	<b>229.93</b>
<b>TOTAL BENEFICIOS NETOS \$/HA</b>	<b>1830.91</b>	<b>1604.31</b>	<b>2250.52</b>	<b>2018.55</b>	<b>2056.96</b>	<b>2055.17</b>

De acuerdo al AEPP que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada alternativa tecnológica, el tratamiento con el beneficio neto más alto (\$/Ha), fue el T3: (Labranza reducida; 100% residuos vegetales y rotación maíz – maíz) con \$2250.52/ha (Cuadro No. 14.).

## Análisis de dominancia.

**Cuadro 15.** Análisis de dominancia.

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento \$/Ha	Total de beneficios netos \$/Ha
T4	229.65	2018.55
T6	229.93	2055.17
T5	229.94	2056.96
T3	352.28	2250.52
T1	557.69	1830.91 <b>D</b>
T2	797.79	1604.31 <b>D</b>

### **D: Tratamientos Dominados.**

Los tratamientos que fueron dominados en esta investigación fueron el T1 y el T2, principalmente porque se incrementaron los costos que variaron en cada tratamiento y por ende se redujo el beneficio neto \$/ha (Cuadro No. 15).

### **Tasa Marginal de Retorno (TMR)**

**Cuadro 16.** Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR %)

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento \$/Ha	Total de beneficios netos \$/Ha	TMR (%)
T4	229.65	2018.55	
<b>(T3 VS T4)</b>			189
T6	229.93	2055.17	
<b>(T3 VS T6)</b>			160
T5	229.94	2056.96	
<b>(T3 VS T5)</b>			158
T3	352.28	2250.52	

**Cuadro 17.** Estimación de la Tasa Mínima de Retorno para la zona (TAMIR).

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Riesgo climático	60.00
Interés sobre el capital	14.00
Administración	10.00
Asistencia técnica	10.00
<b>TOTAL</b>	<b>94.00%</b>

CIMMYT. 2010.

De acuerdo a los resultados del análisis y cálculo de la TMR, al concluir el cuarto año del proceso de la Agricultura de Conservación, se tienen varias alternativas tecnológicas que incluyen los componentes claves de la Agricultura de conservación: Labranza reducida, no remoción de los restos vegetales y la rotación de cultivos.

Para la zona agroecológica de Laguacoto, se estimó un valor de la TAMIR de 94%, misma que incluye el riesgo climático, interés sobre el capital, gastos administrativos y la asistencia técnica (Cuadro No. 17).

Las alternativas tecnológicas que se han validado y consolidado hasta el cuarto año del proceso de investigación están: T4 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y 50% de restos vegetales); T6 (Rotación maíz – quinua intercalado con chocho, labranza reducida y 50% de restos vegetales); T5 Rotación maíz – fréjol, labranza reducida y 50% de restos vegetales) y el T3 (Rotación maíz – maíz, labranza reducida y el 100% de restos vegetales) con valores de la TMR de 189%; 160% y 158% respectivamente (Cuadro No. 16). Esto quiere decir que el productor/ra únicamente en función de los costos que varían en cada tratamiento ganaría 1.89; 1.60 y 1.58 por cada unidad de inversión (Cuadro No. 16). Todas las alternativas tecnológicas tienen valores de la TMR, que superan ampliamente a la TAMIR (Cuadros Nos. 16 y 17). Bajo este escenario, las alternativas tecnológicas de la Agricultura de Conservación, tienen altas probabilidades de ser adoptadas por los agricultores/as porque además son resilientes al cambio climático.

## **VI. COMPROBACION DE LA HIPOTESIS**

De acuerdo con los objetivos planteados en este proceso de Agricultura de Conservación, mismo que concluyó con el cuarto año de investigación y en función de los resultados estadísticos, agronómicos, económicos y de los análisis químicos completos realizados del suelo a dos profundidades antes del establecimiento del ensayo y al final del mismo, hay suficiente evidencia científica con el 99%, que existió variabilidad en los resultados y muy particularmente en el rendimiento del maíz INAP 111 Guagal Mejorado y el proceso de mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo especialmente en los contenidos de materia orgánica, biomasa, macro y micronutrientes. Por lo tanto aceptamos la hipótesis alterna especialmente en lo relacionado al proceso del mejoramiento de la calidad del suelo y se comprobó que la agricultura convencional, no es sostenible en el tiempo y en el espacio y para mitigar el cambio climático es fundamental la Agricultura de Conservación, misma que incluye tres principios fundamentales: rotación de cultivos, remoción mínima del suelo y la no remoción de los restos vegetales (biomasa).

Bajo estos tres principios fundamentales de la agricultura de conservación, agronómicamente y económicamente se validaron los componentes: labranza reducida, rotación de cultivos (maíz, trigo, fréjol, quinua y chocho) y la conservación del 50% y 100% de biomasa, de acuerdo a las circunstancias agro-socio-económicas de los productores/ras en territorio.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

Realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, económicos y de suelos se resumen las siguientes conclusiones:

- Los cambios más importantes en el proceso del mejoramiento de la calidad del suelo se dieron en los tratamientos que incluyeron la Agricultura de Conservación.
- El rendimiento promedio más alto de maíz INIAP 111 Guagal Mejorado, se determinó en el tratamiento T3: Rotación: Maíz - maíz, 100% de restos vegetales y labranza reducida con 3213 kg/ha al 13% de humedad y un rendimiento de biomasa de 14533 kg/ha.
- Los cultivos de trigo duro Línea A2 y el fréjol arbustivo INIAP 480 Canario que estuvieron en la rotación, son una alternativa tecnológica para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción locales que incluyen únicamente el monocultivo de maíz. Para trigo duro Línea A2, se tuvo un rendimiento de 3902 kg/ha al 13% de humedad y biomasa con 12183 kg/ha y fréjol arbustivo variedad INIAP 480 Canario con 990 kg/ha y biomasa con 486 kg/ha.
- Concluido el cuarto año del proceso de investigación los cambios más importantes en la química de suelos por efecto del proceso de la Agricultura de Conservación fueron el incremento de la Materia Orgánica, de un nivel bajo en el 2016 a medio en el 2019. lo cual incidió también en el incremento de los macro y micronutrientes del suelo y la biodiversidad.
- Al comparar los resultados de los análisis químicos completos del suelo antes y después del ensayo, el contenido más alto de materia orgánica, macro y micronutrientes estuvieron en mayores cantidades a nivel de la superficie del suelo (0 – 10 cm de profundidad).

- Económicamente se validaron varias alternativas tecnológicas para la zona agroecológica de Laguacoto, mismas que incluyen la labranza reducida, rotaciones: maíz – maíz; maíz – trigo y maíz – fréjol y la conservación del 50% y el 100% de la biomasa del cultivo anterior.
- La Agricultura de Conservación contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción por la reducción significativa de los costos de producción, rotación de cultivos y el manejo de rastrojos o biomasa del cultivo anterior.
- Finalmente este proceso de investigación, permitió seleccionar alternativas tecnológicas sustentables para mejorar la productividad de los sistemas de producción locales de maíz suave especialmente en lo relacionado a la reducción de costos y al proceso de mejoramiento de la calidad del suelo por la rotación de cultivos, labranza reducida y el manejo de rastrojos o biomasa del cultivo anterior.

## 7.2. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones establecidas en esta investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Continuar con el proceso de investigación de la Agricultura de Conservación en el quinto año, para medir, evaluar y sistematizar los diferentes indicadores de la física, química y biológica del suelo en comparación a la agricultura convencional.
- Es fundamental que a través de alianzas estratégicas de la Universidad Estatal de Bolívar con otros actores del sector público y ONG's, realizar la vinculación con la comunidad para establecer Plataformas de Validación, Capacitación y Producción de Semillas en los componentes tecnológicos: variedades (maíz, trigo, fréjol, chocho, quinua, etc.) labranzas de conservación, manejo de rastrojos, Control Integrado de Plagas en campo y en poscosecha.
- Iniciar nuevos procesos de investigación con Agricultura de Conservación en otras zonas agroecológicas maiceras de la provincia Bolívar como son: Chimbo, San Miguel y Chillanes.
- La Agricultura de Conservación, es un modelo que se ajusta a los productores agroecológicos u orgánicos, únicamente hay que adicionar otros cultivos en la rotación de cultivos y que sean de relevancia para el mercado.
- La Universidad Estatal de Bolívar debe dar el servicio de los análisis de física, química y biología de suelos, así como los análisis nutricionales foliares, mismos que son muy costosos y no están al alcance de los estudiantes y peor aún de los productores/as.

- Las variedades de maíz INIAP 102, INIAP 111; trigo Duro Línea A2; fréjol arbustivo variedades INIAP 427 Libertador, INIAP 430, INIAP 480 e INIAP 484, chocho variedad INIAP 451 Guaranguito y la quinua cultivar INIAP Tunkahuan, son opciones tecnológicas resilientes para mitigar el cambio climático, siendo necesario producir semilla de calidad en alianzas estratégicas con el MAG y las organizaciones semilleristas de la provincia Bolívar.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. (2009). EL CULTIVO DEL MAÍZ, SU ORIGEN Y CLASIFICACIÓN. EL MAIZ EN CUBA. Cultivos Tropicales, 30(2 ), 113-120.
- ACTICIMEX. (2018). Obtenido de <https://www.anticimex.com/es-ES/plagas/identificador-plagas/gorgojos/>
- AGRICULTORES. (26 de Septiembre de 2016). Formas química de absorción de nitrógeno. Obtenido de <http://agriculturers.com/formas-quimicas-absorcion-nitrogeno/>
- AGROES. (2018). El Nitrógeno, papel en la alimentación de las plantas. Obtenido de <http://www.agroes.es/agricultura/abonos/117-nitrogeno-funcion-en-la-alimentacion-de-las-plantas>
- Agromática. (1 de Abril de 2018). Relación C/N (carbono/nitrógeno) en el suelo. Obtenido de <https://www.agromatic.es/relacion-cn-o-carbono-nitrogeno/>
- AGROPTIMA. (2018). AGROPTIMA. Obtenido de <https://www.agroptima.com/blog/monocultivos-una-practica-poco-amigable-con-el-planeta/>
- AGROSCOPIO. (2018). Obtenido de <http://www.agroscopio.com/ec/aviso/maiz-suave-iniap-103-misquisara/>
- Aguirre Gómez, J. A., & García Leños, M. D. (Junio de 2012). Selección para el mejoramiento de maíz criollo. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjttYC3zrjcAhWktlkKHaJxBuYQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inifap.gob.mx%2Fcirce%2FDocuments%2Fpublicto%2FMAIZ%2520CRIOLLO.pdf&usg=AOvVaw31u7EUSBncBZ-YzE7r2yyC>

- Aldrich, S., & Leng, M. (1994). Producción moderna de maíz traducido al español por Oscar Martínez y Patricio Leguizamón. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur.
- Álvarez, C. (2005). Métodos de labranza. *Agrouba*, 15(87).
- Aparici, F., Mas Adelantado, D., Muñoz, M., & Safonf, D. (19 de Mayo de 2014). Prezi. Obtenido de <https://prezi.com/7lt5wswsuli8/fertilizantes-nitrogenados/>
- Arévalo, C. (2017) DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE CARBONO Y NITRÓGENO PRESENTES EN LOMBRICOMPÓST PRODUCIDO A PARTIR DE DOS DIFERENTES SUSTRATOS (MATERIAL VEGETAL Y ESTIERCOL DE CABALLO). (Tesis de licenciatura). UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, Colombia.
- Arias, N., & Gómez, M. (2010). Análisis de suelo. Obtenido de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/03/muestra-de-suelos-analisis-de-suelo.pdf>
- Baker, C., Saxton, K., Ritchie, W., Chamen, W., Reicosky, D., Ribeiro, M., Hobbs, P. (2009). Siembra con labranza cero. ZARAGOZA (España): Acribia, S.A.
- Benites Jump , J. R., & Bot, A. (2013). Agricultura de Conservación. Una práctica innovadora con beneficios económicos y medio ambientales. Lima: Agrosaber.
- BIOECO. (21 de Febrero de 2018). Los peligros de los fertilizantes químicos. Obtenido de <https://www.bioecoactual.com/2018/02/21/los-peligros-los-fertilizantes-quimicos/>
- Biotecagro. (16 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://biotecagro.wordpress.com/2016/10/16/ventajas-y-desventajas->

de-la-minima-labranza-en-cultivo-de-soya-glycine-max-margyk-mejias-angyk-mejias-leonardo-ruiz-jesus-rivas-y-victor-nunez/.

Bonilla , C. R., Gómez, E., & Sánchez, M. (2002). El suelo: los organismos que habitan. Colombia: PRONATTA.

BRAGACHINI, M., & USTARROZ, F. (2016). Agricultura y Ganadería de Precisión con agregado de valor en origen. Argentina: INTA.

Burzaco, L. (2 de Septiembre de 2015). Cultivar Conocimiento Agropecuario. Obtenido de: [http://www.cultivaragro.com.ar/capacitaciones/91\\_Cultivos\\_de\\_cobertura\\_1441206197.pdf](http://www.cultivaragro.com.ar/capacitaciones/91_Cultivos_de_cobertura_1441206197.pdf)

Caffa, J., & De Bernardin, S. (2016). “EL CICLO DEL NITROGENO: LA FIJACION DEL NITRÓGENO”. Obtenido de [http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/5\\_fijacion\\_del\\_nitro.pdf](http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/5_fijacion_del_nitro.pdf)

Calva, S.(2012). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca.

Caly, L. (3 de Marzo de 2014). Biología del suelo. Obtenido de <http://biologiadelsueloudea20132.blogspot.com/p/macrobiologia.html>

Casanova, F., Ramírez, L., & Solorio, F. (2007). Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, 11(3), 41-52.

CESAVEG. (2007). Obtenido de [http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos\\_07/folleto\\_maiz\\_07.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_07/folleto_maiz_07.pdf)

CIA. (2014). ACIDEZ DE SUELOS Y USO DE ENMIENDAS. Obtenido de [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Nota%20t%C3%A9cnica%201-2014\\_Acidez%20de%20suelos%20y%20uso%20de%20enmiendas.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Nota%20t%C3%A9cnica%201-2014_Acidez%20de%20suelos%20y%20uso%20de%20enmiendas.pdf)

- CIMMYT. (2004). Programa de Maíz del CIMMYT. En Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo (Cuarta ed.). México: CIMMYT.
- Cisneros, F. (11 de Marzo de 2015). Obtenido de <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-quimico-de-plagas.pdf>
- CONACYT. (2014). Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Díaz, G., & Hernández, T., & Cabello, R. (2004). Reseña bibliográfica de "LA ROTACIÓN DE CULTIVOS, UN CAMINO A LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA". Cultivos Tropicales, 25 (3), 19-44.
- DIDEVAL. (3 de Febrero de 2017). Ficha Técnica: Urea. Obtenido de <http://dideval.cl/wp-content/uploads/2016/11/FT-UREA.pdf>
- Dixon, J., Gulliver, A., & Gibbon, D. (2001). Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza. Roma: FAO.
- Ecured. (2018). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Gusano\\_de\\_la\\_mazorca](https://www.ecured.cu/Gusano_de_la_mazorca)
- Eguez, J. M., & Pintado, P. (2011). GUIA PARA LA PRODUCCION DE MAIZ EN LA SIERRA SUR DEL ECUADOR. Cuenca, Ecuador: INIAP.
- Eguez, J., & Pintado, P. (Noviembre de 2013). INIAP-103 "Mishqui Sara", Nueva variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano. Azuay: INIAP.
- El Agua. (12 de Julio de 2006). Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/07/12/35033>
- Elizondo, J. (2006). EL NITRÓGENO EN LOS SISTEMAS GANADEROS DE LECHE. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 17(1), 77.

- Escandón, N. (2012). Rotación y asociación de cultivos en la provincia del Azuay para el rescate de la soberanía alimentaria. (Tesis de grado). UNIVERSIDAD DE CUENCA, Cuenca.
- Fabara, J. (2012). Manual de capacitación para la formación de promotores rurales en protección de cultivos. Ambato, Ecuador.
- FAO. (20 de Julio de 2018). FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Obtenido de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación): <http://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>
- FAO. (2002). Agricultura de conservación. Boletín de suelos de la FAO, 1, 2.
- FAO. (2015). Recuperado el 24 de Julio de 2018, de [http://www.fao.org/farmingsystems/description\\_es.htm](http://www.fao.org/farmingsystems/description_es.htm)
- FAO. (26 de Abril de 2007). Obtenido de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a0884s/a0884s.pdf>
- FAO. (27 de enero de 2012). Obtenido de <http://teca.fao.org/es/read/8151>
- Fernández, M., & Soria, A. (2018). la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrario. Murcia: Copyright.
- Fertilab. (2014). Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/Interpretacion-Analisis-Plantas.php>
- Flores, J. (2018). FUNDESYRAM. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3948>
- FOCER. (2002). Manual de energía renovable: Biomasa (Primera: Edición ed.). San José, Costa Rica: Editorial: BUN-CA.
- García, G. (2013). Fertilización en el cultivo de maíz blanco amiláceo. Calca-Cusco, Perú: Agrobanco.

- Garibay, S. (2003). La investigación en la agricultura orgánica y su importancia. Orgprints.
- Gill, J., Ordoñez, R., Gonzales, E., Veroz, O., Gómez, M., & Sánchez, F. (2017). BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN UN ENTORNO DE CAMBIO CLIMATICO. Córdoba, España: AEACSV.
- Gonzales Cueto, O., Iglesias Coronel, C., & Herrera Suárez, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18(2), 57-63.
- González Barragán, M. I. (2005). Apuestas por una Agricultura Sostenible: Laboreo de Conservación. Excma.
- Graetz, H. (2010). Manuales para educación agropecuaria, Suelos y fertilización. México: Editorial: Trillas.
- Guacho, E. F. (2014). CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSE DE CHAZO. (Tesis de Grado). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, Ecuador.
- Gudynas, E. (2004). Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible. Montevideo: CLAES.
- Gutiérrez, F., Vaca, V., Pérez, D., Franco, O., Arriaga, M., Castañeda, A., Morales, E., (2014). Compactación mecánica en suelos Vertisol. Ciencias Agrícolas Informa. 23. 7-21.
- [https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/publikationen/Diverses/97820-manejo-integrado-de-plagas\\_ES.pdf](https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/publikationen/Diverses/97820-manejo-integrado-de-plagas_ES.pdf). (s.f.).
- Ibáñez, J. (14 de Marzo de 2007). Obtenido de Un Universo invisible bajo nuestros pies los suelos y la vida: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>

- IICA. (2006). Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Montevideo, Uruguay: PROCISUR.
- IICA. (2014). Manual de agricultura de precisión. Montevideo: IICA/ PROCISUR.
- INFOAGRO. (2018). El cultivo de maíz. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- INIAP. (2014). Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- INIAP y Paredes I. 2019. Entrevista personal.
- INTA. (2015). ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE SUELOS (Segunda ed.). Costa Rica: M&F S.A.
- Intagri. (2017). Densidad de siembra en el cultivo de maíz. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/densidad-de-siembra-en-el-cultivo-de-maiz>
- Iñón, N. (2018). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/biotecnologia/2018/QuimicaBiol/1528215167.pdf>
- Jenny. (2 de Mayo de 2010). Cultivo de Maíz. Obtenido de <http://jenny-wwwagroalimentoscultivados.blogspot.com/2010/05/botanica-de-la-planta.html>
- Jordán López, A. (2006). MANUAL DE EDAFOLOGIA. Sevilla.
- Karleen, D.L., Berry, E.C., Colvin, T.S. and Kanwar, R.S. 1991. Twelve-year tillage and crop rotation effects on yield and soil chemical properties in northeast Iowa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22, 1985-2003.
- Karleen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G. and R.M, Cruse. 1994. Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy.* 53, 2-45.

- Lara, A. (26 de Abril de 2016). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <http://ambienteysaludciclodelnitrogeno.blogspot.com/2016/04/fases-del-ciclo-del-nitrogeno.html>
- Larios, L. (2009). Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria. *Revista Archivo Médico de Camagüey*.
- Larqué, B., Limón, A., Irizar, M., & Díaz, M. (2017). FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL MAÍZ, SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO Y EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN (Vol. 2). Coatlínchán, Texcoco, México: INIFAP.
- López, Y. (2015). Interpretación, labranza y fertilidad del suelo. Obtenido de <https://es.slideshare.net/yolitza26/interpretacin-labranza-y-fertilidad-del-suelo>
- Lorente Herrera, J. (2007). BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. España: IDEA BOOKS, S.A.
- Manual Agropecuario. (2004). Tecnologías orgánicas de la Granja Integral autosuficientes. Colombia.
- Marín, G. (2011). Edafología 1 (Primera ed.). Caldas, Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.
- Martínez Castillo, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha*, 22(2), 23-39.
- Mayz, J. (2004). Fijación biológica de nitrógeno. *Revista Científica UDO Agrícola*, 4(1), 20.
- Mi Riego. (15 de Marzo de 2017). El nitrógeno en el suelo. Obtenido de <https://miriego-blog.com/2017/03/15/el-nitrogeno-en-el-suelo/>
- Molina, A. (2018). Nitrógeno y Fertilizantes nitrogenados. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados.shtml>

- Monar, C. (2000). Informe Anual, Proyecto Integral noreste de Bolívar PINEB).  
Guaranda, Ecuador: INIAP-FEPP.
- Monar, C. 2010. Informe anual de labores. UVTT/C Bolívar. INIAP. Guaranda,  
Ecuador.
- Monar, C. 2015. Programa de Semillas. UEB. Informe anual. Guaranda,  
Ecuador.
- Montalvan, C. (28 de Diciembre de 2014). Función del nitrógeno. Obtenido de  
<https://es.slideshare.net/cristhianyersonmontalvancoronel/funcion-del-nitrogeno-43054457>
- Montenegro, M. (9 de Julio de 2018). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de  
<https://es.scribd.com/presentation/383527293/Ciclo-Del-Nitrogeno>
- Nations, F. a. (2016). Programa mundial del censo agropecuario 2020: Volumen  
1: Programa, conceptos y definiciones. ROMA: Food & Agriculture.
- Navarro, J. (20 de Noviembre de 2014). Cambio Climático. Obtenido de  
<http://www.cambioclimatico.org/contenido/que-es-el-cambio-climatico>
- Navarro, J. M. (2016). Aprovechamiento de recursos y manejo de suelo  
ecológico. AGAU0108 (Primera ed.). IC Editorial.
- Nicholls, C., Henao, A., & Altieri, M. (2015). AGROECOLOGÍA Y EL  
DISEÑO DE SISTEMAS AGRÍCOLAS RESILIENTES AL CAMBIO  
CLIMÁTICO. *Agroecología*, 20(1), 7-31.
- Olivares, J. (8 de Febrero de 2008). Fijación Biológica del Nitrógeno. Obtenido  
de <https://www2.eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/>
- Ordóñez Fernández, R. (s.f). TECNICAS AGRARIAS SOSTENIBLES  
MITIGADORAS DEL CAMBIO CLIMATICO. AEAC.SV.
- Ospina Rojas, J. G. (2015). Manual técnico del cultivo de Maíz bajo Buenas  
Prácticas Agrícolas. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S.

- Pacheco, J., Pat, R., & Cabrera, A. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. 81.
- Palomares, A. (2013). Esfera del agua: Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. Obtenido de <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- Pardavé, C. (2004). Cultivo y comercialización de maíz. Lima, Perú: Editora: Palomino.
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2006). Nitrógeno. Montevideo, Uruguay.
- PITTY, A. (2002). Guía fotográfica para la identificación de malezas parte I. Obtenido de Escuela agrícola panamericana.
- Pound, B. (6 de junio de 2017). Huertas Agrícolas la Reina. Obtenido de <http://huertasurbanasdelareina.cl/ventajas-de-los-cultivos-de-cobertura/>
- Química. (13 de Septiembre de 2010). Fijación del Nitrógeno. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/fijacion-de-nitrogeno>
- QuimiNet. (3 de Julio de 2007). La urea y sus diversas aplicaciones. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/la-urea-y-sus-diversas-aplicaciones-21306.htm>
- Quintero, C., & Boschetti, G. (2016). Fertilizando. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20de%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp>
- Quiroga, A., & Bono, A. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. INTA.
- Quiroz, D., & Merchán, M. (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz. (*Zea mays*). Estación

Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (INIAP).

Ramírez Carvajal, R. (1997). PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS. Colombia: PRODUMEDIOS.

Ramos, C., & Ocio, A. (2006). LA AGRICULTURA Y LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS POR NITRATO. MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION.

Reina Castro, L. (8 de Enero de 2017). Engormix. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/agricultura-conservacion-alternativa-conservar-t41131.htm>

Restrepo Rivera, J. (2007). El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua, Nicaragua: SIMAS.

Roa, Y. (23 de Julio de 2018). AGRONOMOMASTER. Obtenido de <http://agronomaster.com/labranza-minima/>

Rodas, A. (13 de Diciembre de 2012). La Agricultura y Microorganismos. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/la-agricultura-y-microorganismos-t26746.htm>

Rosales, A. (12 de Septiembre de 2011). El Nitrógeno en la Naturaleza. Obtenido de <http://nitrogenonaturaleza.blogspot.com/2011/09/etapasdel-ciclo-del-nitrogeno.html>

Rouanet, J.L., E. Acevedo, M. Mera, P. Silva, y S. Ferrada. 2005. Rotaciones de cultivos y sus beneficios para la agricultura del sur. Fundación Chile, Santiago, Chile.

Rucks, L., García, F., Kaplan, A., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo, Uruguay.

- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en el suelo de la zona cafetalera en Colombia. Colombia: CENICAFE.
- Sierra, C. (2010). La urea: Características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada. Chile: INIA Intihuasi.
- Silva, P., Vergara, W., & Acevedo, E. (22 de Julio de 2017). Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40199.pdf>
- Silva, E., Dobronski, J., Heredia, J., & Benavides, C. (1997). VARIEDAD DE MAIZ BLANCO HARINOSO TARDIO PARA LA PROVINCIA BOLIVAR. Ecuador: INIAP.
- SIMAC. (2018). Obtenido de <http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/piac/temas/aguas/medidas-y-factores/contaminacion-y-vertidos/impactos-contaminacion-aguas/nitratos-medio-ambiente-y-salud/>
- Soto, D. (22 de Febrero de 2017). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <https://www.slideshare.net/diegosfabricios/ciclo-del-nitrogeno-72438675>
- Syngenta. (2018). Obtenido de <https://www.syngenta.com.ar/fecha-y-densidad-de-siembra-0>
- Taboada, L. (28 de Noviembre de 2011). PRACTICAS AGRO-CULTURALES DE CONSERVACION DE SUELOS. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/74061037/ROTACION-DE-CULTIVOS>
- Textos Científicos. (11 de Agosto de 2008). Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/quimica/urea>
- Trinidad, J. (4 de Marzo de 2013). Slide Share: Elemento del Nitrógeno. Obtenido de <https://es.slideshare.net/theuntouchableforever/elemento-del-nitrgeno>

- Trullas, C., Ferré, A., & Neira, M. (2008). EL VALOR DE LA UREA EN EL CUIDADO Y TRATAMIENTO DE LA PIEL. 18(1).
- Uhart, S., & Mycogen, M. (2016). El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz. Buenos Aires, Argentina: semillas híbridas MORGAN.
- Valladares, C. A. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de. (Tesis de grado). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS, La Ceiba.
- Vallejos, J. (6 de Noviembre de 2012). Labranza convencional y tipos de arado. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JULIANVALLCIFU/labranza-convencional-y-tipos-de-arado>
- Valverde, F., Ramos, M., Parra, R., & Vinuesa, V. (2003). Sistemas de labranza de conservación de suelos. Quito, Ecuador: INIAP-PROMSA.
- Verhulst, N., Isabelle, F., & Bram, G. (2015). Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? México: CIMMYT.
- Veroz, O. (13 de Septiembre de 2011). Interempresas. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/55489-cambio-climatico-en-agricultura-efectos-y-oportunidades-para-mitigacion-y-adaptacion.html>
- Vida Sana. (17 de Noviembre de 2015). Microorganismos del suelo y biofertilización. Obtenido de [http://traditional-crops.com/upload/file/dossier-5\\_microorganismos-del-suelo-y-biofertilizacion.pdf](http://traditional-crops.com/upload/file/dossier-5_microorganismos-del-suelo-y-biofertilizacion.pdf)
- Vuelta-Lorenzo, D. (2011). LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE SU IMPLEMENTACIÓN EN LA REGIÓN DEL CARIBE. Ciencia en su PC, (4), 1-13.

Wilson, M. G. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina (Primera ed.). INTA.

Yáñez, C., Zambrano, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Obtenido de

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjM7oHU07jcAhVKrlkKHWV2CvEQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F2435%2F1%2Finiapscg96.pdf&usg=AOvVaw35PBg\\_PqkSGpm20KqPHrEU](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjM7oHU07jcAhVKrlkKHWV2CvEQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F2435%2F1%2Finiapscg96.pdf&usg=AOvVaw35PBg_PqkSGpm20KqPHrEU)

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Ubicación Del Ensayo

Granja Laguacoto III Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, UEB.



## **Anexo 2. Bases Completas de Datos**

### **2.1 Cultivo. Maíz INIAP 111 Guagal Mejorado**

- V1.** Repetición
- V2.** Tratamiento
- V3.** Porcentaje de emergencia (PE)
- V4.** Altura de planta (AP)
- V5.** Diámetro del tallo (DT)
- V6.** Días a la floración masculina (DFM)
- V7.** Días a la floración femenina (DFF)
- V8.** Altura de inserción de la mazorca (AIM)
- V9.** Días a la cosecha en choclo (DCCCH)
- V10.** Porcentaje de acame de tallo (PAT)
- V11.** Porcentaje de acame de raíz (PAR)
- V12.** Días a la cosecha en seco (DCS)
- V13.** Número de plantas por parcela (NPP)
- V14.** Número de plantas con mazorcas (NPCM)
- V15.** Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM)
- V16.** Número de plantas sin mazorcas (NPSM)
- V17.** Diámetro de la mazorca (DM)
- V18.** Longitud de la mazorca (LM)
- V19.** Numero de granos por mazorca (NGPM)
- V20.** Numero de hileras por mazorca (NHPM)
- V21.** Porcentaje de desgrane (PD)
- V22.** Porcentaje de humedad del grano (PHG)
- V23.** Peso de mil granos secos (PMGS)
- V24.** Rendimiento por parcela (RP)
- V25.** Rendimiento por hectárea (RH)
- V26.** Rendimiento de Biomasa (RB)

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V 10	V 11	V 12	V 13	V 14	V 15	V 16	V 17	V 18	V 19	V 20	V 21	V 22	V 23	V 24	V 25	V 26
1	1	92	2,8 5	2,2 7	12 4	13 3	1,7 8	17 9	18, 9	33, 15	24 3	365	260	5	10 5	5,1 1	16, 64	25 7	10	0,8 5	25, 1	55 8,1	28, 8	29 61, 16	12 77 5
1	2	93	3,0 3	2,3 5	12 4	13 3	1,8	17 9	26, 09	21, 49	24 3	368	250	6	11 8	5,3 9	17, 49	31 6	12	0,8 6	30, 9	50 3,8	32, 66	31 34, 45	14 10 0
1	3	94	2,7 3	2,1 9	12 4	13 3	1,6 5	17 9	23, 76	7,4 9	24 3	362	265	4	97	4,8 4	16, 22	25 2	10	0,8 4	27, 1	47 1,9	32, 77	32 40, 80	14 90 0
1	4	95	2,7 3	2,2 4	12 4	13 3	1,5 7	17 9	16, 49	21, 35	24 3	370	232	7	13 8	5,3 5	15, 76	25 7	10	0,8 4	29, 6	49 5	27, 93	26 67, 42	13 50 0
1	6	95	2,8 4	2,3 5	12 4	13 3	1,6	17 9	16, 71	30, 64	24 3	359	230	9	12 9	4,8 9	16, 4	27 4	11	0,8 5	29, 3	49 8,3	29, 38	28 51, 41	14 85 0
1	8	93	2,6 8	2,3 2	12 4	13 3	1,6 6	17 9	23, 31	21, 95	24 3	369	222	3	14 7	5,1	15, 64	26 9	11	0,8 4	28, 7	44 9,6	28, 46	27 52, 79	12 30 0
2	1	91	2,7 2	2,2	12 6	13 0	1,6 1	18 0	38, 11	5,3 7	24 4	391	282	5	10 9	5,2 5	15, 83	25 7	11	0,8 4	28	48 4,7	29, 6	28 91, 16	13 35 0
2	2	93	2,6 3	2,2 3	12 5	13 2	1,5 6	17 8	27, 57	22, 43	24 5	367	212	5	15 5	4,9 3	16, 5	25 1	10	0,8 4	27, 6	45 0,7	29, 19	28 66, 96	13 20 0
2	3	92	2,8 4	2,2 1	12 7	13 1	1,6 8	18 1	42, 12	13, 47	24 6	349	266	5	83	4,6 2	17, 8	26 1	10	0,8 5	25	49 4,2	31, 56	32 49, 27	14 70 0

2	4	93	2,8 3	2,2 6	12 6	13 4	1,7 7	17 8	15, 26	19, 07	24 1	367	253	6	11 4	4,7 5	15, 8	25 0	11	0,8 4	26, 5	44 9,4	28, 06	27 97, 84	12 85 0
2	6	94	2,5 9	2,2 3	12 3	13 2	1,5 7	18 0	35, 43	15, 32	24 4	398	279	3	11 9	4,9 8	17, 1	27 8	11	0,8 4	32, 9	48 9,4	31, 87	29 01, 03	14 72 5
2	8	90	2,6 1	2,2 5	12 5	13 4	1,6 1	18 1	19, 56	30, 58	24 3	363	238	7	12 5	5,1 4	16, 71	23 5	11	0,8 5	29, 1	51 8,1	29, 58	28 78, 94	14 40 0
3	1	92	2,4 5	2,1 8	12 3	13 4	1,5 1	18 0	35, 07	4,1 1	24 5	365	258	4	10 7	5,0 2	17, 52	28 9	11	0,8 3	26, 5	50 4,6	30, 4	29 95, 08	11 80 0
3	2	91	2,6 5	2,2 2	12 5	13 5	1,6 7	18 2	36, 86	11, 71	24 6	350	242	6	10 8	4,7 4	16, 92	27 5	10	0,8 2	29, 3	48 5	30, 92	28 94, 95	12 30 0
3	3	94	2,5 6	2,0 4	12 6	13 6	1,5 8	18 3	42, 49	5,7 8	24 5	346	231	4	11 5	5	16, 95	27 7	11	0,8 6	25, 3	46 7,8	30, 35	31 48, 81	14 00 0
3	4	92	2,6 1	2,2 1	12 2	13 5	1,4 8	18 1	27, 5	14, 72	24 4	360	253	3	10 7	4,6 4	15, 65	23 0	10	0,8 7	26, 7	49 7,2	27, 79	28 62, 07	10 30 0
3	6	93	2,7 5	2,2 5	12 5	13 4	1,6 3	18 2	24, 51	18, 66	24 5	359	244	9	11 5	5,2 2	15, 82	26 1	10	0,8 1	32, 2	50 5,4	30, 63	27 16, 63	14 60 0
3	8	95	2,7 2	2,2 7	12 6	13 2	1,6 3	18 3	24, 93	10, 25	24 6	361	289	12	72	5,0 9	16, 29	26 0	10	0,8 4	32	49 8,1	30, 7	28 32, 02	12 50 0

## 2.2 Cultivo: Trigo Duro Línea A2.

V1. Repetición

V2. Tratamiento

V3. Días a la emergencia (DE)

V4. Altura de planta (AP)

V5. Número de plantas por metro cuadrado (NPMC)

V6. Número de espiguillas por espiga (NESPE)

V7. Número de granos por espiga (NGPES)

V8. Número de granos por espiga (NGPE)

V9. Longitud de la espiga (LE)

V10. Días a la cosecha (DC)

V11. Profundidad radicular (PR)

V12. Rendimiento por parcela (RPP)

V13. Peso de mil semillas en gramos (P1000S)

V14. Rendimiento de trigo en kg/ha (RH)

V15. Rendimiento de biomasa de trigo en kg/ha (RB)

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	5	8	87,85	523	17	3	47	6,26	145	11,28	26,69	28,65	3706,95	12650
2	5	8	88	497	16	3	46	6,33	145	10,37	28,44	35,85	3950	11250
3	5	8	86	490	16	3	46	6,39	145	9,08	29,16	30,85	4050	12650

### 2.3 Cultivo: Fréjol arbustivo INIAP 480 Canario

V1. Repetición

V2. Tratamiento

V3. Días a la emergencia (DE)

V4. Porcentaje de emergencia (PE)

V5. Días a la floración (DF)

V6. Altura de planta (AP)

V7. Número de vainas por plantas (NVPP)

V8. Días a la cosecha en tierno (DCT)

V9. Días a la cosecha en seco (DCS)

V10. Longitud de la vaina (LV)

V11. Número de granos por vaina (NGPV)

V12. Rendimiento por parcela en kg (RPP)

V13. Peso de 100 semillas (PCS)

V14. Número de semillas por kg (NSPKg)

V15. Rendimiento en kg/ha (RH)

V16. Rendimiento de biomasa de frejol en kg/ha (RB)

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
1	7	10	90.19	53	28,4	17	114	125	12,21	4,3	8,03	55,67	1796	1115,28	625
2	7	12	92.50	55	30,2	16	111	123	11,88	4,3	7,27	50,61	1976	1009,72	416,67
3	7	12	87.86	55	28	13	116	129	12,15	3,9	6,08	54,94	1820	844,44	416,67

## **2.4 Análisis químico de suelo**

**REP:** Repetición

**TRAT:** Tratamiento

**PHI1:** pH inicial a 10cm de profundidad

**PHI2:** pH inicial a 20cm de profundidad

**PHF1:** pH final a 10cm de profundidad

**PHF2:** pH final a 20cm de profundidad

**NI1:** Nitrógeno inicial a 10cm de profundidad

**NI2:** Nitrógeno inicial a 20cm de profundidad

**NF1:** Nitrógeno final a 10cm de profundidad

**NF2:** Nitrógeno final a 20cm de profundidad

**PI1:** Fosforo inicial a 10cm de profundidad

**PI2:** Fosforo inicial a 20cm de profundidad

**PF1:** Fosforo final a 10cm de profundidad

**PF2:** Fosforo final a 20cm de profundidad

**SI1:** Azufre inicial a 10cm de profundidad

**SI2:** Azufre inicial a 20cm de profundidad

**SF1:** Azufre final a 10cm de profundidad

**SF2:** Azufre final a 20cm de profundidad

**KI1:** Potasio inicial a 10cm de profundidad

**KI2:** Potasio inicial a 20cm de profundidad

**KF1:** Potasio final a 10cm de profundidad

**KF2:** Potasio final a 20cm de profundidad

**CaI1:** Calcio inicial a 10cm de profundidad

**CaI2:** Calcio inicial a 20cm de profundidad

**CaF1:** Calcio final a 10cm de profundidad

**CaF2:** Calcio final a 20cm de profundidad

**MgI1:** Magnesio inicial a 10cm de profundidad

**MgI2:** Magnesio inicial a 20cm de profundidad

**MgF1:** Magnesio final a 10cm de profundidad

**MgF2:** Magnesio final a 20cm de profundidad

**BI1:** Boro inicial a 10cm de profundidad

**BI2:** Boro inicial a 20cm de profundidad

**BF1:** Boro final a 10cm de profundidad

**BF2:** Boro final a 20cm de profundidad

**MOI1:** Materia orgánica inicial a 10 cm de profundidad

**MOI2:** Materia orgánica inicial a 20cm de profundidad

**MOF1:** Materia orgánica final a 10cm de profundidad

**MOF2:** Materia orgánica final a 20cm de profundidad

REP	TRA T	PHI1	PHI2	PHF 1	PHF 2	NI1	NI2	NF1	NF2	PI1	PI2	PF1	PF2	SI1	SI2	SF1	SF2	KI1	KI2
1	1	6.1	6.15	6.39	6.5	100	90	80	71	30	33	20	17	9	9.8	6.5	6.5	515	464. 5
1	2	6.24	6.3	6.4	6	140	110	115	90	28	30	43	26	10	13	5.5	5.5	586. 2	548. 24
1	3	6.28	6.2	6.42	6.4	112	98	85	84	50	31	28	15	10	13.0 1	12	9	599. 2	515. 48
1	4	6.32	6.3	6.4	6	98	87	70	65	25	21	24	15.4	9.2	8.6	10	7	680	608. 45
1	5	6.11	6.19	6	6	90	94	130	90	30	26	40	27	8.9	12	7	4	650. 12	462. 82
1	6	6.23	6.2	6.28	6.59	112	100	71	80	22	23	50	18	11.0 2	11	7.5	8	804. 1	595
1	7	6.13	6.21	6.1	6.1	100	92	98	88	25	25	28	22	11	14	10	7.9	595. 4	561. 2
1	8	6.12	6.1	6.17	6.2	126	100	80	60	30	30	26	17	9.6	9.9	10.5	9.8	548. 22	419. 52
2	1	6.26	6.29	6.43	6.62	108	98	82	80	34	38	26	18.2	12.2	11	7.18	7.77	523. 94	484. 84
2	2	6.33	6.36	6.48	6.5	147	114	124	94	32	34	50	30	13.6	13.4	6.94	6.34	594. 32	555. 22
2	3	6.37	6.29	6.46	6.54	114	104	90	90	52	34	32	17.6	12.4	14.2	15.0 8	10.5 6	609. 96	523. 94
2	4	6.44	6.37	6.49	6.55	104	92	74	72	30	28	26	17.2	11.8	9.2	12.0 2	8.08	688. 16	617. 78
2	5	6.27	6.22	6.12	6.5	96	100	132	98	38	30	42	32	10.6	13.2	8	5.42	664. 7	477. 02

2	6	6.36	6.27	6.31	6.63	116	110	74	82	28	30	52	19	14	12.8	8.12	9.06	821. 1	602. 14
2	7	6.23	6.29	6.2	6.5	108	100	102	90	30	30	34	24	14	16.6	11	8.44	609. 96	570. 86
2	8	6.19	6.13	6.23	6.5	130	112	88	68	32	32	28	20	11.2	11.2	13.1	10.3 4	563. 04	437. 92
3	1	6.3	6.33	6.5	6.68	115	100	96	92	41	41	28	20	15.4	13	9	8.4	530. 8	502. 5
3	2	6.35	6.4	6.5	7.1	160	121	128	100	34	39	60	39	16.1	15	7.2	7.5	600. 3	560. 29
3	3	6.41	6.35	6.52	6.6	120	108	103	101	58	40	35	21	16.4	16.4	19	13	615. 23	530. 99
3	4	6.45	6.4	6.53	6.8	114	105	80	74	38	32	31	20.6	15.1 3	10	13	10.1	699. 45	630. 42
3	5	6.31	6.31	6.15	6.7	105	110	137	100	41	38	50	33.1	12.4	15.5	9.5	6.7	680. 32	488. 52
3	6	6.39	6.3	6.35	6.71	120	122	83	88	30	34	59	20.9	17	14.5	10	11	830. 2	610. 3
3	7	6.25	6.33	6.29	7	120	105	110	96	32	40	40	28	17.5	17.5 3	13.0 3	10.1	618. 2	575. 82
3	8	6.2	6.18	6.3	6.62	140	121	100	70	37	35	34	25.4	14.6	12.1	15	12.1	582. 32	451. 83

REP	TRA T	KF1	KF2	Ca11	Ca12	CaF1	CaF2	Mgl1	Mgl2	MgF 1	MgF 2	BI1	BI2	BF1	BF2	MOI 1	MOI 2	MO F1	MO F2
1	1	398. 8	280. 11	4260. 45	4000	4600. 43	5134. 44	596	565. 4	555. 03	621. 32	1.8	1.9	0.9	0.9 1	3.8	4	2.9	2.8
1	2	736. 12	524. 2	4200. 52	4302. 83	4354. 98	4326. 28	591. 12	595. 29	546. 08	565. 45	1.8 8	1.6	0.8	0.9	3.8	4	3	2.95
1	3	850. 2	454. 7	4095. 12	4218. 43	4374. 28	4776. 28	572. 61	589. 78	564. 79	610. 01	2	1.5	0.9 1	0.9	4	3.8	3.2	2.9
1	4	945. 3	548. 2	4296. 4	4347. 45	4541. 32	4364. 3	598. 12	594. 08	600	620. 45	2.1	1.9	0.9	0.8 9	3.9	3.9	3.3	3.05
1	5	543. 5	358	4000. 05	3666. 76	3961. 81	4401. 4	570. 55	512. 04	502. 87	565. 56	1.8	1.8	0.7 7	0.9	3.8	3.8	2.9	2.8
1	6	672. 5	350. 1	4212. 42	4012. 65	4291. 21	4359. 34	576. 42	565. 39	544. 89	575. 89	2.7 5	2	0.8 8	0.8 8	4	4.1	3	2.7
1	7	628. 7	351	3826. 65	3899. 09	4419. 96	4895. 38	542. 31	564. 89	573. 98	612. 94	1.8 5	2.5 5	0.7 3	0.9	3.8	3.7	2.9	2.7
1	8	763. 31	398. 2	3924. 65	4099. 16	4122. 76	4556. 23	540	559	522. 9	560. 54	2.5	1.9	0.9	0.7 5	3.9	3.75	3	2.8
2	1	406. 64	297. 16	4288. 56	4028. 4	4621. 22	5150. 28	608	583. 68	578. 82	639. 62	2	2	1	1	4	4.1	3	2.9
2	2	750. 72	539. 58	4248. 48	4328. 68	4376. 74	4344. 67	608	608	561. 79	586. 11	2	1.8	1	0.9 8	4.1	4.2	3.3	3
2	3	868. 02	469. 2	4128. 24	4248. 48	4396. 78	4793. 57	583. 68	608	581. 25	622. 59	2.2	1.6	1	1	4.2	4.1	3.4	3
2	4	954. 04	555. 22	4328. 64	4368. 72	4569. 12	4388. 76	608	608	620. 16	639. 62	2.2	2	1	1	4.1	4.1	3.4	3.1

2	5	555. 22	367. 54	4088. 16	3687. 36	3975. 94	4432. 85	583. 68	535. 04	520. 45	590. 98	2	2	0.8	1	4	4	3	2.9
2	6	680. 34	367. 54	4288. 56	4088. 16	4304. 59	4384. 75	583. 68	583. 68	556. 5	598. 27	2.8	2.2	1	1	4.3	4.3	3.1	2.8
2	7	641. 24	367. 54	3847. 68	3927. 84	4448. 88	4913. 81	559. 36	583. 68	585. 54	637. 18	2	2.6	0.8	1	4	3.9	3	2.9
2	8	774. 18	406. 64	3967. 92	4128. 24	4136. 26	4577. 14	559. 36	583. 68	544. 77	576. 38	2.6	2	1	0.8	4.1	3.9	3.2	2.9
3	1	416. 95	305	4302. 55	4065. 3	4632. 71	5183. 22	618. 2	594. 93	596	645. 83	2.5	2.3	1.2	1.1	4.1	4.15	4	3.6
3	2	761	550. 02	4286. 11	4376. 7	4396. 28	4366. 34	620. 2	619. 67	584. 64	592. 67	2.4	1.9	1.1 2	1.1	4.2	4.3	4	3.2
3	3	882. 2	480. 3	4194. 23	4280. 09	4405. 34	4812. 23	600. 42	620. 04	600. 45	630	2.5	1.6 5	1.0 5	1.1 4	4.3	4.2	4.1	3.21
3	4	960	570	4366. 02	4391. 2	4589. 41	4399. 32	622. 42	621. 08	632. 57	650	2.4	2.2	1.1 5	1.1	4.15	4.19	4	3.25
3	5	567. 8	373. 5	4112. 48	3699. 62	4986. 5	4450. 43	595. 23	549. 29	531. 67	603. 34	2.1	2.1	1	1.0 5	4.1	4.09	3.5	3.15
3	6	696. 66	371. 2	4306. 1	4100. 23	4321. 84	4400. 23	599. 3	599. 19	560	609. 78	2.9	2.3	1.1	1.1	4.4	4.4	3.6	3
3	7	650. 3	370	3899. 2	3964. 66	4469. 36	4926. 37	571. 43	600	601. 89	650. 34	2.1	2.8	1	1.0 5	4.1	4	3.5	3.2
3	8	790	416. 11	4000. 08	4139. 46	4150. 65	4597. 39	568. 46	590	556. 28	583. 88	2.8	2.2	1.1 5	0.9	4.2	4	3.6	3.3

## Anexo 3. Resultados De Los Análisis Químicos Completos De Suelos

### 3.1. Resultados Análisis De Suelos Antes Del Ensayo.

 <p><b>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS</b></p>	<p><b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b>  <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b>                  Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340                  Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693</p>	
<p><b>REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS</b></p>	<p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo Actual :                  Fecha de Muestreo : 04/01/2018                  Fecha de Ingreso : 04/01/2018                  Fecha de Salida : 14/01/2019</p>	
<p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Diana Chela                  Dirección : Bolívar                  Ciudad :                  Teléfono :                  Fax :</p>	<p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : Universidad Estatal de Bolívar                  Provincia : Bolívar                  Cantón :                  Parroquia :                  Ubicación :</p>	
<p><b>DATOS DEL LOTE</b></p> <p>Nombre :                  Dirección :                  Ciudad :                  Teléfono :                  Fax :</p>		

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm				meq/100ml				ppm			
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
110586	T1-0-10	6,26Lac	54,00 M	17,00 M	6,10 B	0,67 A	10,70 A	2,50 A	1,3 B	13,8 A	121,0 A	6,1 M	1,00 M	
110587	T1-0-20	6,29Lac	49,00 M	19,00 M	5,50 B	0,62 A	10,50 A	2,40 A	1,3 B	13,3 A	112,0 A	5,5 M	1,00 M	
110588	T2-0-10	6,33Lac	73,00 A	16,00 M	6,80 B	0,76 A	10,60 A	2,50 A	1,0 B	12,7 A	118,0 A	7,0 M	1,00 M	
110589	T2-10-20	6,36Lac	57,00 M	17,00 M	6,70 B	0,71 A	10,80 A	2,50 A	1,1 B	12,3 A	117,0 A	6,8 M	0,90 B	
110590	T3-0-20	6,37Lac	57,00 M	26,00 A	6,20 B	0,78 A	10,30 A	2,40 A	1,1 B	11,9 A	120,0 A	6,0 M	1,10 M	
110591	T3-10-20	6,29Lac	52,00 M	17,00 M	7,10 B	0,67 A	10,60 A	2,50 A	1,1 B	12,7 A	125,0 A	6,7 M	0,80 B	
110592	T4-0-10	6,44Lac	52,00 M	15,00 M	5,90 B	0,88 A	10,80 A	2,50 A	1,2 B	12,2 A	114,0 A	5,7 M	1,10 M	
110593	T4-10-20	6,37Lac	46,00 M	14,00 M	4,60 B	0,79 A	10,90 A	2,50 A	1,0 B	12,4 A	115,0 A	5,6 M	1,00 M	
110594	T5-0-10	6,27Lac	48,00 M	19,00 M	5,30 B	0,85 A	10,20 A	2,40 A	1,3 B	12,5 A	131,0 A	6,4 M	1,00 M	
110595	T5-10-20	6,22Lac	50,00 M	15,00 M	6,60 B	0,61 A	9,20 A	2,20 A	0,9 B	11,7 A	117,0 A	5,4 M	1,00 M	
110596	T6-0-10	6,36Lac	58,00 M	14,00 M	7,00 B	1,05 A	10,70 A	2,40 A	1,1 B	12,9 A	112,0 A	6,6 M	1,40 M	
110597	T6-10-20	6,27Lac	55,00 M	15,00 M	6,40 B	0,77 A	10,20 A	2,40 A	1,0 B	12,8 A	113,0 A	5,1 M	1,10 M	
110598	T7-0-10	6,23Lac	54,00 M	15,00 M	7,00 B	0,78 A	9,60 A	2,30 A	1,1 B	11,9 A	127,0 A	5,8 M	1,00 M	
110599	T7-10-20	6,29Lac	50,00 M	15,00 M	6,30 B	0,73 A	9,80 A	2,40 A	0,9 B	12,1 A	122,0 A	4,8 B	1,30 M	
110600	T8-0-10	6,19Lac	65,00 A	16,00 M	5,60 B	0,72 A	9,90 A	2,30 A	1,0 B	11,5 A	126,0 A	7,0 M	1,30 M	
110601	T8-10-20	6,13Lac	56,00 M	16,00 M	5,60 B	0,56 A	10,30 A	2,40 A	1,0 B	12,3 A	133,0 A	6,2 M	1,00 M	

INTERPRETACION	
pH	Elevamentos
Ac = Acido	N = Neutro
Lac = Liger. Acido	LAl = Liger. Alcalino
 RESPONSABLE LABORATORIO	

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Orlsen Modificado
 LABORATORISTA	

Fuente: INIAP. 2019.



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**

**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Diana Chela  
 Dirección : Bolívar  
 Ciudad :  
 Teléfono :  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : Universidad Estatal de Bolívar  
 Provincia : Bolívar  
 Cantón :  
 Parroquia :  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo Actual :  
 Fecha de Muestreo : 04/01/2018  
 Fecha de Ingreso : 04/01/2018  
 Fecha de Salida : 14/01/2019

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	C.E.	M.O. (%)	Ca	Mg	K	Σ	Bases meq/100ml	NTot %	ppm Cl	Textura (%)		Clase Textural	
	Al+H	Al	Na											Arenal	Limo/Arcilla		
110586						4,00 M	4,28	3,73	19,70	13,87	13,87			35	38	27	Franco
110587						4,10 M	4,38	3,87	20,81	13,52	13,52						
110588						4,10 M	4,24	3,29	17,24	13,86	13,86						
110589						4,20 M	4,32	3,52	18,73	14,01	14,01						
110590						4,20 M	4,29	3,08	16,28	13,48	13,48						
110591						4,10 M	4,24	3,73	19,55	13,77	13,77						
110592						4,10 M	4,32	2,84	15,11	14,18	14,18						
110593						4,10 M	4,36	3,16	16,96	14,19	14,19						
110594						4,00 M	4,25	2,82	14,82	13,45	13,45						
110595						4,00 M	4,18	3,61	18,69	12,01	12,01						
110596						4,30 M	4,46	2,29	12,48	14,15	14,15						
110597						4,30 M	4,25	3,12	16,36	13,37	13,37						
110598						4,00 M	4,17	2,95	15,26	12,68	12,68						
110599						3,90 M	4,08	3,29	16,71	12,93	12,93						
110600						4,10 M	4,30	3,19	16,94	12,92	12,92						
110601						3,90 M	4,29	4,29	22,68	13,26	13,26						

INTERPRETACION

ABREVIATURAS

METODOLOGIA USADA

*[Firma]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

*[Firma]*  
 LABORATORISTA

### 3.2. Resultados Análisis De Suelos Al Final Del Ensayo.



**INIA P**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf: 690-69192/93 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Guisela Curi  
Dirección : Guaranda  
Ciudad :  
Teléfono : 0983694119  
Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : Granja Laguecoto III  
Provincia : Bolívar  
Cantón : Guaranda  
Parroquia : Veintimilla  
Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo Actual : Maíz  
Fecha de Muestreo : 16/09/2019  
Fecha de Ingreso : 18/09/2019  
Fecha de Salida : 07/11/2019

N° Muestra Laboral	Identificación del Lote	pH	ppm			mcy/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
111858	T1R2-10-20cm	6,62 PN	40,00 M	9,10 B	3,87 B	0,38 M	12,85 A	2,63 A	2,4 M	12,3 A	131,0 A	5,5 M	0,50 B
111859	T2R2-10-20cm	6,50 LAc	47,00 M	15,00 M	3,17 B	0,69 A	10,84 A	2,41 A	2,7 M	11,7 A	166,0 A	7,5 M	0,49 B
111860	T3R2-10-20cm	6,54 PN	45,00 M	8,80 B	5,28 B	0,60 A	11,96 A	2,56 A	3,3 M	12,6 A	149,0 A	6,8 M	0,50 B
111861	T4R2-10-20cm	6,55 PN	36,00 M	8,60 B	4,04 B	0,71 A	10,95 A	2,63 A	3,1 M	12,3 A	138,0 A	6,2 M	0,50 B
111862	T5R2-10-20cm	6,50 LAc	49,00 M	16,00 M	2,71 B	0,47 A	11,06 A	2,43 A	2,6 M	11,5 A	171,0 A	5,6 M	0,50 B
111863	T6R2-10-20cm	6,63 PN	41,00 M	9,50 B	4,53 B	0,47 A	10,94 A	2,46 A	2,5 M	12,8 A	140,0 A	4,8 B	0,50 B
111864	T7R2-10-20cm	6,50 LAc	45,00 M	12,00 M	4,22 B	0,47 A	12,26 A	2,62 A	2,4 M	12,3 A	139,0 A	5,0 M	0,50 B
111865	T8R2-10-20cm	6,50 LAc	34,00 M	10,00 M	5,17 B	0,52 A	11,42 A	2,37 A	2,1 M	12,8 A	139,0 A	5,8 M	0,40 B
111866	T1R2-0-10cm	6,43 LAc	41,00 M	13,00 M	3,59 B	0,52 A	11,53 A	2,38 A	3,1 M	12,4 A	146,0 A	12,9 M	0,50 B
111867	T2R2-0-10cm	6,48 LAc	62,00 A	25,00 A	3,47 B	0,96 A	10,92 A	2,31 A	2,6 M	11,6 A	153,0 A	12,9 M	0,50 B
111868	T3R2-0-10cm	6,46 LAc	45,00 M	16,00 M	7,54 B	1,11 A	10,97 A	2,39 A	3,4 M	11,6 A	155,0 A	13,5 M	0,50 B
111869	T4R2-0-10cm	6,49 LAc	37,00 M	13,00 M	6,01 B	1,22 A	11,40 A	2,55 A	3,6 M	11,5 A	142,0 A	10,9 M	0,50 B
111870	T5R2-0-10cm	6,12 LAc	66,00 A	21,00 A	4,00 B	0,71 A	9,92 A	2,14 A	3,3 M	10,1 A	171,0 A	17,0 A	0,40 B

**INTERPRETACIÓN**

pH  
Ac = Acido    N = Neutro  
LAc = Liger Acido    LAI = Liger Alcalino  
PN = Frac. Neutro    AI = Alcalino  
BC = Requiere Cal

**METODOLOGIA USADA**

pH = Suelo: agua (1:2.5)    P K Ca Mg = Olien Modificado  
S, B = Frutao de Cabelo    Cu Fe Mn Zn = Olien Modificado  
B = Curcuma

*[Signature]*  
**LABORATORISTA**

*[Signature]*  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

FUENTE: INIAP. 2019



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf: 690-6919293 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 Cultivo Actual : Maiz  
 Fecha de Muestreo : 16/09/2019  
 Fecha de Ingreso : 18/09/2019  
 Fecha de Salida : 07/11/2019

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : Graña Lagunacoto III  
 Provincia : Bolívar  
 Cantón : Guaranda  
 Parroquia : Veintimilla  
 Ubicación :

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : Guisela Curti  
 Dirección : Guaranda  
 Ciudad : Guaranda  
 Teléfono : 0983694119  
 Fax :

N° Muestra Laboral	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
111871	T582-0-10cm	6,31LAc	37,00 M	26,00 A	4,06 B	0,87 A	10,74 A	2,28 A	3,4 M	12,0 A	140,0 A	5,9 M	0,50 B
111872	T782-0-10cm	6,20LAc	51,00 M	17,00 M	5,50 B	0,82 A	11,10 A	2,42 A	2,7 M	12,5 A	154,0 A	16,0 A	0,40 B
111873	T892-0-10cm	6,23LAc	44,00 M	14,00 M	6,55 B	0,99 A	10,32 A	2,24 A	2,8 M	12,1 A	164,0 A	10,8 M	0,50 B

**INTERPRETACION**

pH		Elementos	
Acido	N	B	Bajo
Liger Acido	LAI	M	Medio
Prac. Neutro	AI	A	Alto
Neutro	BC	T	Tóxico (Bromo)

**METODOLOGIA USADA**

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Orlen Modificado
S, B	= Fodano de Cadrio	Cu Fe Mn Zn	= Orlen Modificado
		B	= Curcumina

*[Firma]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

*[Firma]*  
 LABORATORISTA

FUENTE: INIAP .2019.



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
 LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf.: 690-6919293 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Guisela Curt  
 Dirección : Guaranda  
 Ciudad :  
 Teléfono : 0983694119  
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Granja Laguacoto III  
 Provincia : Bolívar  
 Cantón : Guaranda  
 Parroquia : Veintimilla  
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : Maíz  
 Fecha de Muestreo : 16/09/2019  
 Fecha de Ingreso : 18/09/2019  
 Fecha de Salida : 07/11/2019

N° Muestr. Laborat.	meq/100ml			dS/m		M.O.		%		ppm		Textura (%)		Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	(%)	Mg	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
111858					2,90 B	4,89	6,92	40,74	15,86					
111859					3,00 M	4,50	3,49	19,20	13,94					
111860					3,00 M	4,67	4,27	24,20	15,12					
111861					3,10 M	4,16	3,70	19,13	14,29					
111862					2,90 B	4,55	5,17	28,70	13,96					
111863					2,80 B	4,45	5,23	28,51	13,87					
111864					2,90 B	4,68	5,57	31,66	15,35					
111865					2,90 B	4,82	4,56	26,52	14,31					
111866					3,00 M	4,84	4,58	26,75	14,43					
111867					3,30 M	4,73	2,41	13,78	14,19					
111868					3,40 M	4,59	2,15	12,04	14,47					
111869					3,40 M	4,47	2,09	11,43	15,17					
111870					3,00 M	4,64	3,01	16,99	12,77					

INTERPRETACION

Al+H, Al, Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Toxic	S = Salino	A = Alto
	NIS = Muy Salino	

ABREVIATURAS

C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
BAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA

C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Tinción NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

*[Firma]*

LABORATORISTA

*[Firma]*



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-140  
 Quito-Ecuador Telf.: 098-0919293 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : Quisela Curi  
 Dirección : Guaranda  
 Ciudad : Guaranda  
 Teléfono : 0983694119  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : Granja Lagunacoto III  
 Provincia : Bolívar  
 Cantón : Guaranda  
 Parroquia : Veintimilla  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 Cultivo Actual : Maíz  
 Fecha de Muestreo : 16/09/2019  
 Fecha de Ingreso : 18/09/2019  
 Fecha de Salida : 07/11/2019

N° Muestr.	meq/100ml			dSm		C.E.		M.O.
	Al+H	Al	Na					
111871								3,10 M
111872								3,00 M
111873								3,20 M

Ca	Mg	Ca+Mg		Σ Bases	N <sup>tot</sup>	%
		K	K			
4,71	2,62	14,97	13,89	13,89		
4,59	2,95	16,49	14,34	14,34		
4,61	2,26	12,69	13,55	13,55		

ppm	Textura (%)		Clase Textural
	Arenal	Limo/Arellia	

**INTERPRETACION**

MUESTRAS		C.E.		M.O. y CI	
R	= Duro	NS	= No Salino	S	= Salino
M	= Medio	LS	= Lig. Salino	MS	= Muy Salino
T	= Tension			M	= Medio
				A	= Alto

**ABREVIATURAS**  
 C.E. = Conductividad Eléctrica  
 M.O. = Materia Orgánica  
 BAS = Relación de Absorción de Sodio

**METODOLOGIA USADA**  
 C.E. = Pota Saturada  
 M.O. = Dicotomato de Pottasio  
 Al+H = Titulación NaOH

*[Firma manuscrita]*

RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

FUENTE: INIAP. 2019.

## Anexo 4. Fotografías De La Instalación, Seguimiento Y Evaluación Del Ensayo.

### Cultivo: Maíz



Siembra



Aplicación del insecticida granulado (Entopof) al momento de la siembra.



Instalación del sistema de riego.



Riego.



Control manual de malezas.



Fertilización con Urea



Altura de la planta y Diámetro del tallo.



Acame de tallo y de raíz.



Cosecha.



Diámetro de la mazorca.



Biomasa.



Toma de muestra de suelo.

## Cultivo: Trigo



Siembra.



Número de plantas/ m<sup>2</sup>



Fertilización.



Cosecha (Corte).



Trilla.



Limpieza manual.

## Cultivo: Fréjol



Siembra.



Control de malezas.



Fertilización complementaria



Cosecha y trilla manual.

## Visita del tribunal



## **Anexo 5. Glosario De Términos Técnicos.**

**Agricultura de conservación:** es un sistema de cultivo que puede prevenir la pérdida de tierras cultivables y a la vez regenerar las tierras degradadas. La agricultura de conservación fomenta el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos, el laboreo mínimo de las tierras y la diversificación de especies vegetales.

**Agricultura sustentable:** Es la actividad agropecuaria que se apoya en un sistema de producción que tenga la aptitud de mantener su productividad y ser útil a la sociedad a largo plazo, cumpliendo los requisitos de abastecer adecuadamente de alimentos a precios razonables y de ser suficientemente rentable como para competir con la agricultura convencional; y además el ecológico de preservar el potencial de los recursos naturales productivos.

**Agricultura sostenible:** Sistema de producción agropecuaria que permite obtener producciones estables de forma económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medio ambiente y sin comprometer las potencialidades presentes y futuras del recurso suelo.

**Agro tóxicos:** Los agro tóxicos son sustancias químicas tóxicas utilizados en la agricultura para matar insectos, malezas, hongos que afecten al cultivo.

**Asociación de cultivos:** La asociación de cultivos consiste en la plantación conjunta de distintos cultivos (tanto en jardinería como en agricultura), con la intención de promover y optimizar la captación de nutrientes, el control de plagas y la polinización; así como mejorar la productividad agrícola. La asociación de cultivos es un ejemplo de policultivo.

**Barbecho:** es una técnica de la agricultura por la cual la tierra de cultivo se deja sin sembrar durante uno o varios ciclos vegetativos. Su fin es recuperar y almacenar materia orgánica y humedad junto con evitar patógenos, esperando a que sus ciclos terminen sin poder volver a renovarse debido a la falta de hospederos disponibles.

**Biomasa:** La cantidad total de materia orgánica presente en un organismo, población, ecosistema o área determinada.

**Calamitos:** Acción que produce calamidades efectos calamitosos.

**Cobertura del suelo:** Capa de materiales como paja, turba, compost, etc que se extiende sobre la superficie de un terreno para conservar la humedad y evitar que crezcan las malas hierbas.

**Encostramiento del suelo:** es causado por un fenómeno local de la formación de una delgada capa impermeable que inhibe la emergencia de las plántulas, reduce la infiltración y favorece a la escorrentía y la erosión, dependiendo de la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la topografía y las características de precipitaciones pluviales.

**Enfermedad:** son las respuestas de las células y tejidos vegetales a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta y puedan conducir a una incapacidad parcial o a la muerte de la planta o de sus partes.

**Escorrentía:** o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.

**Fito patógeno:** organismo, en general microorganismo, que genera enfermedades en las plantas a través de disturbios en el metabolismo celular, al secretar enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias y, además, absorbiendo nutrientes de la célula para su propio crecimiento.

**Intercambio catiónico:** Es la capacidad del suelo de mantener y cambiar cationes y se mide en miliequivalentes por 100 gramos de suelo y aumenta con el contenido de arcilla y de materia orgánica. En terrenos ácidos, la capacidad de intercambio catiónico está parcialmente saturada de iones de hidrógeno y aluminio, en suelos neutros y alcalinos, principalmente de bases como calcio, potasio y magnesio. No sólo tienen importancia los iones, sino también las relaciones de los iones entre sí.

**Maleza:** planta indeseable a cualquier especie vegetal que crece de forma silvestre en una zona cultivada o controlada por el ser humano como cultivos agrícolas o jardines. Esto hace que prácticamente cualquier planta pueda ser considerada mala hierba si crece en un lugar en el que no es deseable.

**Materia orgánica:** es materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía.

**Meteorización del suelo:** Desintegración de rocas y minerales debido a procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos o combinaciones de éstos. La magnitud y naturaleza de la meteorización del suelo depende en gran medida de los agentes atmosféricos.

**Microorganismos:** Organismos como bacterias, hongos, microalgas y virus, entre otros, que pueden ser vistos solamente por medio de un microscopio.

**Monocultivo:** se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación (control de plagas, fertilización y alta estandarización de la producción), lo que hace más eficiente la producción a gran escala.

**Plaga:** Término general para referirse a organismos que pueden causar enfermedades o daño a los seres humanos o a cultivos, ganado, o materiales importantes para los seres humanos.

**Planta monoica:** es aquella que contiene a la vez unidades reproductivas (flores, conos o unidades equivalentes) masculinas (que tienen los estambres, órganos masculinos generadores del polen) y femeninas (que tienen gineceo, órgano femenino generador de los óvulos).

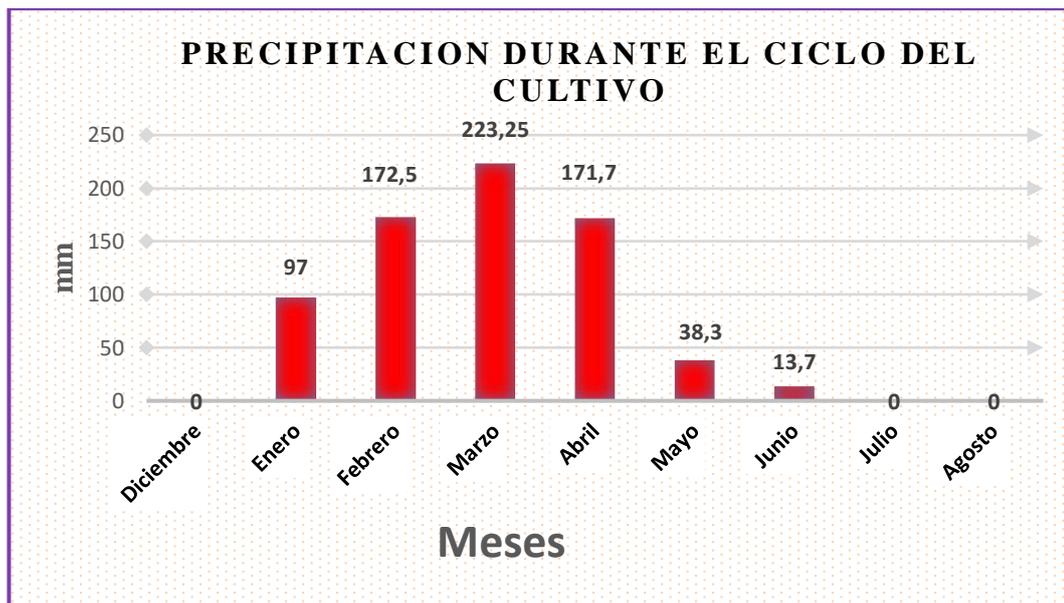
**Resiliencia ecológica:** Nivel de perturbación que un ecosistema puede resistir sin cruzar un umbral a una situación con una estructura o productos diferentes.

Depende de la dinámica ecológica y de la capacidad organizativa e institucional para comprender y manejar dicha dinámica y responder a ella.

**Rotación de cultivos:** es una técnica empleada en la agricultura. El método implica alternar los tipos de plantas que se cultivan en un mismo lugar con la intención de no favorecer el desarrollo de enfermedades que afectan a una clase específica de cultivos y de evitar que el suelo se agote.

**Anexo 6. Precipitación durante el ciclo de cultivo. Laguacoto. 2019.**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Porcentaje %</b>
<b>Diciembre</b>	0	0
<b>Enero</b>	97	13,54
<b>Febrero</b>	172,5	24,08
<b>Marzo</b>	223,25	31,16
<b>Abril</b>	171,7	23,97
<b>Mayo</b>	38,3	5,35
<b>Junio</b>	13,7	1,91
<b>Julio</b>	0	0
<b>Agosto</b>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>716,45</b>	<b>100</b>



**Gráfico. Distribución de la lluvia registrada durante el período Diciembre/2018 a Agosto/2019.**