



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TEMA:**

**“RESPUESTA AGRONÓMICA DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ  
SUAVE A TRES TIPOS DE LABRANZA Y FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA EN LA COMUNIDAD QUISACOTO, CANTÓN SAN  
MIGUEL DE BOLÍVAR”.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO OTORGADO POR LA  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR A TRAVES DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL  
AMBIENTE, CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.**

**AUTOR:**

**MILTON GONZALO SÁNCHEZ VÁSQUEZ**

**DIRECTOR:**

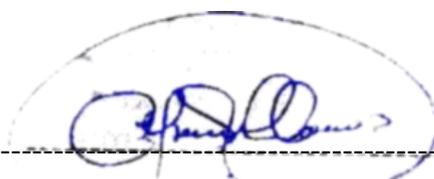
**ING. NELSON MONAR GAVILANEZ MSc.**

**GUARANDA – ECUADOR**

**2022**

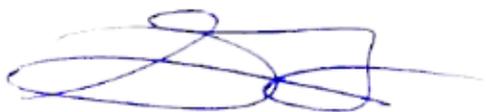
**“RESPUESTA AGRONÓMICA DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ SUAVE A TRES TIPOS DE LABRANZA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA COMUNIDAD QUISACOTO, CANTÓN SAN MIGUEL DE BOLÍVAR”.**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



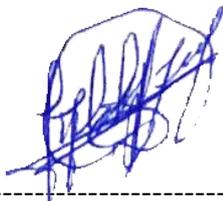
**ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ MSc.**

**DIRECTOR**



**ING. DAVID SILVA GARCÍA MSc.**

**ÁREA DE BIOMETRÍA**



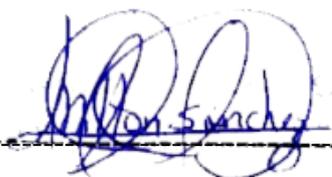
**ING. CARLOS TACO**

**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

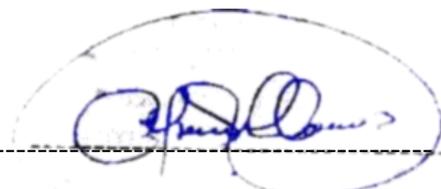
Yo, Milton Gonzalo Sánchez Vásquez, con Cédula de identidad número 0201829041, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas 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.



**MILTON GONZALO SÁNCHEZ VÁSQUEZ**

**AUTOR**



**ING. NELSON MONAR GAVILANEZ MSc.**

**DIRECTOR**



**ING. CARLOS TACO**

**AREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo científico a Dios, por haberme dado la vida, fe, inteligencia, perseverancia y la capacidad de aprender y seguir adelante ya que sin Él nada es posible.

A mi madre (+) Blanca, que fue un pilar importante y siempre estuvo a mi lado con todo su amor y dedicación.

A mi esposa Leonor Aracely a mis hijos Jhordana, Cristopher y Fernando que son la razón de mí ser, los cuales me inspiran para seguir adelante y conseguir la meta propuesta.

A mis hermanos que siempre me han estado apoyando y guiando para no desmayar y lograr la meta establecida.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica, a sus autoridades y a todos los docentes por su dedicación y empeño por lograr transmitir sus conocimientos para enfrentar los nuevos retos de la vida actual.

Le agradezco a Dios por su infinito amor, y permitirme culminar mi carrera profesional y ser guía en el transcurso del diario vivir. A mi madre por su amor, comprensión he inculcado valores y ser la parte fundamental en el proceso educativo.

A mi esposa e hijos quienes han sido mi apoyo incondicional recibiendo de ellos la fuerza y valor para seguir adelante y culminar con éxito la meta propuesta.

Al Ing. Nelson Monar Gavilanez (Director), por compartir sus experiencias y transmitir el conocimiento y dar un ejemplo de vida, dedicando todo su tiempo y trabajo a todas las actividades presentes.

Al Ing. David Silva García (Biometrista) y al Ing. Carlos Taco (Área Redacción Técnica), quienes con su apoyo y dedicación han hecho posible culminar con este proyecto de investigación.

A la Lic. Mirian Aguay secretaria de la Carrera de Agronomía por su apoyo en todo el proceso de formación de la Carrera de Agronomía.

Finalmente, un agradecimiento profundo al Ing. Carlos Monar Benavides por su contribución decidida en la implementación de este proyecto de investigación como parte de los procesos de la Agricultura de Conservación en la provincia Bolívar.

# ÍNDICE GENERAL

## CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN...	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY .....	xix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PROBLEMA .....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Origen del maíz.....	4
3.2 Clasificación taxonómica del maíz.....	4
3.2.1 Descripción botánica del maíz.....	5
3.2.1.1 Planta.....	5
3.2.1.2 Raíz .....	5
3.2.1.3 Tallo .....	5
3.2.1.4 Hojas .....	5
3.2.1.5 Flor .....	6
3.2.1.6 Inflorescencia .....	6
3.2.1.7 Fruto .....	6

3.3 Ciclo vegetativo del maíz.....	7
3.3.1 Nacencia.....	7
3.3.2 Crecimiento .....	7
3.3.3 Fase vegetativa.....	7
3.3.4 Fase reproductiva .....	7
3.3.5 Fructificación o llenado del grano.....	8
3.3.6 Riego .....	8
3.3.7 Fertilización.....	9
3.4 Control de malezas.....	9
3.4.1 Antes de la siembra .....	9
3.4.2 Después de la siembra.....	10
3.4.3 Control manual de malezas .....	10
3.5 Control fitosanitario de plagas .....	11
3.6 Cosecha .....	11
3.6.1 Maduración y secado.....	11
3.6.2 Almacenamiento .....	12
3.7 Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado .....	12
3.7.1 Origen.....	12
3.7.2 Zonificación .....	12
3.7.3 Características nutricionales de la variedad .....	12
3.7.4 Composición Química.....	13
3.7.4.1 Análisis nutricional del grano de maíz.....	14
3.7.5 Usos.....	14
3.7.6 Reacción a enfermedades .....	14

3.7.7 Requerimientos básicos de suelo y clima .....	14
3.7.7.1 Tipo de suelo .....	14
3.7.8 Manejo agronómico del cultivo .....	15
3.7.8.1 Época de siembra .....	15
3.8 Fertilización Nitrogenada.....	15
3.8.1 Nitrógeno .....	15
3.8.1.1 Ciclo del Nitrógeno .....	16
3.8.1.2 Fijación del Nitrógeno.....	16
3.8.2 Formas de Nitrógeno en el suelo.....	18
3.8.3 Transformaciones del nitrógeno en el suelo.....	18
3.8.4 Índice de Nitrógeno. (IN).....	18
3.8.6 Diferencias entre el amonio y el nitrato .....	20
3.8.7 Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados.....	20
3.8.8 Pérdidas del Nitrógeno en el suelo.....	21
3.8.8.1 Desnitrificación .....	21
3.8.8.2 Volatilización del amoniaco.....	21
3.8.8.3 Lixiviación de los nitratos.....	22
3.8.8.4 Retención del nitrógeno iónico en el suelo .....	22
3.8.8.5 Extracción por la cosecha.....	22
3.8.9 Formas de absorción del nitrógeno por las plantas .....	22
3.8.10 Época de aplicación del nitrógeno .....	23
3.8.11 Aspectos relevantes del nitrógeno en la planta .....	24
3.8.12 Importancia del nitrógeno para las plantas.....	24
3.8.12.1 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz .....	25

3.8.12.2 Función del nitrógeno en el cultivo de maíz .....	26
3.8.13 Deficiencias y excesos del nitrógeno en la planta.....	26
3.8.14 Antagonismo y sinergismo de nutrientes .....	28
3.9 Labranza.....	29
3.9.1 Labranza convencional.....	30
3.9.1.1 Factores adversos de la labranza convencional.....	31
3.9.1.2 Ventajas fundamentales de la labranza convencional .....	31
3.9.1.3 Selección y preparación de suelos.....	31
3.9.2 Labranza mínima (No convencional).....	33
3.9.2.1 Ventajas labranza mínima: .....	34
3.9.3 Labranza cero .....	34
3.9.3.1 Ventajas de la labranza cero.....	35
3.9.3.2 Siembra .....	35
3.9.3.3 Agricultura de Conservación (AC) .....	35
<b>IV MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>38</b>
4.1 Materiales .....	38
4.1.1 Ubicación del experimento .....	38
4.1.2 Situación geográfica y climática: .....	38
4.1.3 Zona de vida.....	39
4.1.4 Material experimental .....	39
4.1.5 Materiales de campo .....	39
4.1.6 Materiales de oficina.....	39
4.2 Métodos.....	40
4.2.1 Factores en estudio:.....	40

4.2.2 Tratamientos.....	40
4.2.3 Procedimiento .....	42
4.2.4 Tipo de análisis .....	42
4.3. Métodos de evaluación y datos tomados.....	43
4.3.1 Porcentaje de emergencia (PE) .....	43
4.3.2 Días a la floración masculina (DFM).....	44
4.3.3 Días a la floración femenina (DFF) .....	44
4.3.4 Altura de planta (AP) .....	44
4.3.5 Altura de inserción de la mazorca (AIM) .....	44
4.3.6 Días a la cosecha en choclo (DCCH).....	44
4.3.7 Daño de la mazorca (DM).....	44
4.3.8 Rendimiento de choclo en Kg/ha (RHCH) .....	45
4.3.9 Porcentaje de acame de raíz (AR).....	46
4.3.10 Porcentaje de acame del tallo (AT).....	46
4.3.11 Número de plantas por parcela (NPP).....	46
4.3.12 Número de plantas con mazorca (NPCM) .....	46
4.3.13 Número de plantas sin mazorca (NPSM).....	46
4.3.14 Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM) .....	46
4.3.15 Longitud de mazorca (LM) .....	46
4.3.16 Diámetro de la mazorca (DM) .....	47
4.3.17 Número de hileras por mazorca (NHM) .....	47
4.3.18 Número de granos por hilera (NGH) .....	47
4.3.19 Número de granos por mazorca (NGM) .....	47
4.3.20 Días a la cosecha en seco (DCS).....	47

4.3.21 Contenido de humedad del grano (CHG).....	47
4.3.22 Rendimiento en Kg/parcela (RP) .....	47
4.3.23 Porcentaje de desgrane. ....	48
4.3.24 Rendimiento en Kg/Ha. (RH). ....	48
4.3.25 Sanidad de mazorcas (SM).....	48
4.3.26 Peso de cien granos secos (PCGS).....	49
4.3.27 Número de granos por Kg. (NGKg).....	49
4.3.28 Análisis Económico de Presupuesto (AEPP) Parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR%) de los Tratamientos.....	49
4.4 Manejo del experimento.....	49
4.4.1 Análisis de suelo .....	49
4.4.2 Preparación del terreno .....	49
4.4.2.1 Surcado.....	50
4.4.2.2 Siembra .....	50
4.4.2.3 Fertilización.....	50
4.4.2.4 Control de malezas .....	50
4.4.2.5 Labores culturales .....	51
4.4.2.6 Riego .....	51
4.4.2.7 Control de insectos plaga .....	51
4.4.2.8 Cosecha en choclo y en seco. ....	51
4.4.2.9 Almacenamiento. ....	51
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
5.1. Variables Agronómicas.....	52
5.2. Análisis químico del suelo antes y al final del ensayo.....	78

5.3. Coeficiente de Variación (CV).....	81
5.4 Análisis de correlación y regresión lineal. ....	82
5.5. Análisis económico .....	86
VI COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	89
VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	90
7.1 Conclusiones .....	90
7.2 Recomendaciones.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Insecticidas para el control de plagas de maíz .....	11
<b>Tabla 2</b>	Contenido en 100 g de parte comestible: .....	14
<b>Tabla 3</b>	Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados.....	21
<b>Tabla 4</b>	Antagonismo .....	28
<b>Tabla 5</b>	Ubicación del experimento .....	38
<b>Tabla 6</b>	Situación geográfica y climática: .....	38
<b>Tabla 7</b>	Tipos de labranza por variedades .....	41
<b>Tabla 8</b>	Procedimiento .....	42
<b>Tabla 9</b>	Análisis de varianza (ADEVA).....	43
<b>Tabla 10</b>	Daño de la mazorca.....	45
<b>Tabla 11</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Tipos de Labranza) en las variables: .....	53
<b>Tabla 12</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B.....	56
<b>Tabla 13</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% y Tendencias Polinomiales para comparar los promedios del factor C .....	62
<b>Tabla 14</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxB .....	68
<b>Tabla 15</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxC .....	70
<b>Tabla 16</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores BxC .....	73
<b>Tabla 17</b>	Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxBxC .....	75
<b>Tabla 18</b>	Resultados del análisis químico del suelo antes del establecimiento del ensayo.....	78
<b>Tabla 19</b>	Resultados del análisis químico del suelo al final del establecimiento del ensayo en el Factor A:.....	79
<b>Tabla 20</b>	Resultados del análisis químico del suelo al final del establecimiento del ensayo en el Factor B .....	80
<b>Tabla 21</b>	Correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) .....	82

<b>Tabla 22</b> Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP).....	86
<b>Tabla 23</b> Análisis de dominancia. ....	87
<b>Tabla 24</b> Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR %). ....	87
<b>Tabla 25</b> Base de datos.....	100
<b>Tabla 26</b> Contenido de N, P, K al final del ensayo en kg/ha .....	103
<b>Tabla 27</b> Contenido Inicial de Nitrógeno (NI).....	103
<b>Tabla 28</b> Contenido de Nitrógeno al final del ensayo.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Procesos mediados por microorganismos.....	17
<b>Figura 2.</b> Transformaciones del nitrógeno en el suelo .....	18
<b>Figura 3.</b> ¿Que es la Agricultura de Conservación?.....	37
<b>Figura 4.</b> Rendimientos promedios de maíz en choclo y en seco en kg/ha.....	57
<b>Figura 5.</b> Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Días a Floración Femenina (DFE).....	59
<b>Figura 6.</b> Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Rendimiento de Choclo en kg/ha.....	63
<b>Figura 7.</b> Respuesta del N sobre la variable Longitud de la Mazorca en Cm. ....	65
<b>Figura 8.</b> Respuesta del N sobre la variable Rendimiento de Choclo en kg/ha. ...	66
<b>Figura 9.</b> Respuesta del N sobre la variable Rendimiento de maíz en seco al 13% de humedad en kg/ha.....	66
<b>Figura 10.</b> Respuesta del N sobre la variable Peso de Cien Semillas en Kg. ....	67
<b>Figura 11.</b> Rendimiento promedio de Choclo en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Variedades de maíz. ....	70
<b>Figura 12.</b> Rendimiento promedio de Choclo en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Dosis de Nitrógeno. ....	72
<b>Figura 13.</b> Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Dosis de Nitrógeno. ....	72
<b>Figura 14.</b> Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en la interacción de factores: Variedades por Dosis de Nitrógeno. ....	76
<b>Figura 15.</b> Rendimiento promedio de choclo en kg/ha en la interacción de factores. Tipos de Labranza por Variedades y por Dosis de Nitrógeno (AxBxC). ....	77
<b>Figura 16.</b> Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Variedades y por Dosis de Nitrógeno. ....	78
<b>Figura 17.</b> Contenido de N en kg/ha al final del ensayo y por tipo de labranza. ..	80
<b>Figura 18.</b> Contenido de N en kg/ha al final del ensayo y por Dosis de N aplicado al suelo. ....	81
<b>Figura 19.</b> Regresión lineal Peso de Cien Granos Secos versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha. ....	84

<b>Figura 20.</b> Regresión lineal Rendimiento de Choclo versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad. ....	84
<b>Figura 21.</b> Regresión lineal Número de Plantas Sin Mazorca versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad. ....	85
<b>Figura 22.</b> Regresión lineal Daño de la Mazorca versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad. ....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Mapa de ubicación del ensayo .....	98
<b>Anexo 2.</b> Base de datos .....	99
<b>Anexo 3.</b> Resultados de análisis químico de suelos antes y al final del ensayo.	105
<b>Anexo 4.</b> Fotografías.....	108
<b>Anexo 5.</b> Glosario de términos técnicos. ....	116

## RESUMEN

El maíz es uno de los productos de consumo más cotizados y necesario por sus características nutricionales. La provincia Bolívar es la mayor productora de maíz suave en el Ecuador con una superficie de 38 000 has. Esta investigación, se realizó en la comunidad de Quisacoto del cantón San Miguel, provincia Bolívar. Los objetivos fueron: i) Validar el efecto de tres tipos de labranza sobre el rendimiento de maíz en choclo y en seco. ii) Evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de maíz suave: INIAP 111 y Guagal Común. iii) Determinar el efecto de tres dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y iv) Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR%). Se aplicó el diseño de bloques completos al azar: factorial en parcela dividida con tres repeticiones. El factor A correspondió a tres tipos de labranza y fueron las parcelas grandes. La combinación de los factores B (dos variedades de maíz) y C (tres dosis de Nitrógeno) correspondieron a las subparcelas. Se evaluaron los componentes principales del rendimiento y el contenido de Nitrógeno del suelo antes y al final del ensayo. Se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey, tendencias polinomiales, correlación, regresión lineal y análisis económico. Existió un efecto diferente de los tipos de labranzas, variedades y las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento. A mayor dosis de Nitrógeno (kg/ha), mayor fue el rendimiento tanto en choclo como en seco. Se midieron interacciones dependientes entre los factores siendo las más eficientes la labranza reducida con la variedad local Guagal y con 40 y 80 kg/ha de Nitrógeno. Finalmente, esta investigación permitió validar alternativas tecnológicas sostenibles para mitigar el cambio climático.

**Palabras Clave:** Agricultura de Conservación, Labranza Reducida, Maíz Guagal suave y Nitrógeno.

## SUMMARY

The corn is one of the consumer products listed and most necessary nutritional characteristics. The Bolívar province is the largest producer of soft corn in Ecuador with an area of 38 000 has. This research was conducted in the community Quisacoto of San Miguel canton, province Bolívar. The objectives were: i) validate the effect of three types of tillage on corn. ii) Evaluate the agronomic of two varieties of soft corn: INIAP 111 and common Guagal. iii) Determine the effect of three doses of nitrogen on yield and iv) Perform economic analysis of partial budget and the marginal rate of return. A complete block design applied randomly: factorial in plot divided with three replications. Factor A corresponded to three types of tillage and they were the main plots. The combination of factors B (two varieties of corn) and C (three doses of N) corresponded to the subplots. The main components of the performance and content of N in the soil before and at the end of the test were evaluated. Analysis of variance, Tukey, correlation, linear regression, polynomial trends and economic analysis was performed. There were different effect types of tillage, varieties and doses of nitrogen on yield. At higher doses of N (kg / ha), most was both corn and dry performance. Are measured dependent interactions among the factors being the most efficient tillage reduced the local variety Guagal and with 40 to 80 kg / ha of N. Finally, this research allowed to validate sustainable technological alternatives for mitigating climate change.

**Key words:** Conservation agriculture, tillage reduced, soft corn Guagal and nitrogen.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz, (*Zea mays L.*), es uno de los productos de consumo más cotizados y necesario por sus características nutricionales que forma parte de la dieta alimenticia de las personas en todo el mundo, ya que es considerado como materia prima en la elaboración de productos procesados para el consumo del ser humano y de los animales. Además, la alta demanda del cereal a nivel mundial es considerable por el crecimiento demográfico, el cambio de cultura alimenticia de diferentes países a nivel mundial como por ejemplo la China. (Fernández, 2010)

La producción mundial del maíz suave se estima en 9,76 millones de toneladas alrededor del 50% de la producción se encuentra en dos países de América del Norte: Estados Unidos 4,10 y México 0,77 millones de toneladas seguido por Nigeria, Indonesia y Hungría que en conjunto representan el 17% de la producción mundial. El restante 33% lo comparten 45 países del orbe y entre ellos están la Zona Andina. (MAGAP, 2013)

El maíz forma parte de los sistemas de producción más importantes de consumo interno del Ecuador. Se cultivan alrededor de 500.000 hectáreas en dos épocas de siembra de las cuales cerca de 82.000 corresponden a maíz suave en la sierra. De éstas últimas en el 2013, el 43% fue cosechado en la Provincia de Bolívar con un rendimiento promedio de 2,5 TM/ha. (Monar C. , 2013).

En Bolívar las zonas de producción de maíz se ubican entre los 2200 a 2950 m de altitud, en suelos con deficiencias principalmente de nitrógeno, fósforo, y azufre y que además están expuestos a procesos severos de erosión causada por el agua, viento y la inducida por el hombre debido a las prácticas inadecuadas en el uso y manejo de suelos de ladera. (INIAP, 2009)

La utilización de otros cultivos como parte del sistema de rotación de las siembras de maíz en nuestra zona requiere la utilización de especies de leguminosas con las que se recompensen nutrientes como el nitrógeno y el potasio mismos que son importantes para el desarrollo del maíz. (Morales, 2009).

La demanda por el nitrógeno fijado es alta debido a que, el elemento se necesita para mantener la fertilidad del suelo. Aunque estamos sumergidos en un océano de aire que contiene abundante nitrógeno, nuestra producción de alimentos está limitada más por la disponibilidad del nitrógeno fijado que por otro nutriente para la planta. (Maroto, 1998)

Para mejorar la eficiencia del Nitrógeno (N), deben realizarse las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), que incluyen la Agricultura de Conservación (AC), rotación de cultivos, aplicación fraccionada del Nitrógeno (N), Manejo Integrado de Plagas y malezas (MIP), lo que incide en una mayor eficiencia química y agronómica del Nitrógeno (N). La AC es fundamental para la adaptación y mitigación al Cambio Climático (CC), misma que se basa en tres principios: remoción mínima del suelo; conservación de restos vegetales y la rotación de cultivos. (Monar C. , 2013)

Actualmente y debido al CC es vital validar variedades más precoces en AC y el uso adecuado del Nitrógeno (N), en función del tipo de suelo y la demanda de cada variedad de maíz, lo que contribuye a mejorar la productividad del cultivo. (Monar C. , 2016)

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de maíz suave: INIAP 111 y Guagal Común.
- Validar el efecto de tres tipos de labranza sobre el rendimiento de maíz suave en tierno (choclo) y en seco.
- Determinar el efecto de tres dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz suave en tierno (choclo) y en seco.
- Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y la Tasa Marginal de Retorno (TMR%).

## II. PROBLEMA

Las deficientes prácticas agronómicas son causantes de la degradación y erosión del suelo; así como el uso irracional de los fertilizantes sintéticos nitrogenados, que son uno de los principales agentes contaminantes para los acuíferos, debido a procesos de lixiviación, en donde se arrastran y lixivian nitratos, los mismos que se presentan como una causa importante para problemas de cáncer por la contaminación de los acuíferos.

Al hablar de las plantas comestibles, los genotipos locales de maíz suave, son muy tardíos, siendo afectados por factores climáticos adversos como son la sequía y mala distribución de la precipitación; aspectos que se ven agravados por la falta de estudios técnicos para la generación de buenas prácticas agrícolas y una insuficiente transferencia tecnológica.

Debido a las quemas de los restos vegetales y el uso irracional de la maquinaria agrícola en suelos de ladera, en la provincia Bolívar, tiene como efecto una alta tasa de erosión hídrica, eólica y la causada por el hombre. Se estima que, en suelos de ladera en el sistema de maíz en monocultivo, se pierden anualmente entre 5 y 10 TM de suelo/ha, lo que pone en serio riesgo la sostenibilidad de los sistemas de producción y por ende la seguridad alimentaria. (Monar C. , 2015)

Además, en la zona agroecológica de Quisacoto, no se han realizado estudios de validación de nuevas variedades de maíz suave, labranzas de conservación y el uso y manejo racional del Nitrógeno en función de la demanda del cultivo y el tipo de suelo.

Por lo tanto, la presente investigación, contribuirá a mejorar la productividad del sistema de producción de maíz suave, a través de la implementación y uso de las BPA, para mejorar las condiciones de vida de los productores maiceros de la Provincia Bolívar.

### III. MARCO TEÓRICO.

#### 3.1 Origen del maíz.

El cultivo de maíz tuvo su origen, en América Central ha sido parte de la alimentación de los pueblos desde las civilizaciones tan antiguas de América como los Olmecas y Teotihuacanos, hasta los Incas y Quechuas, el maíz al igual que otras 49 especies más, está ubicado en el centro – sur de México hasta la región media de Centroamérica, el primitivo teosinte desde donde ha ido evolucionando hasta convertirse en una monstruosa mazorca única por su volumen, forma y tamaño. (Serratos, 2012)

En los tiempos prehistóricos, prehispánicos y posteriormente en el tiempo de la colonia española se dieron las primeras aproximaciones con este cultivo, lo que indica que su cultivo se proliferó a lo largo de toda América por factores de comercio, intercambio de culturas por invasiones y necesidad de suplir otros productos introducidos al nuevo continente. Esto se ha evidenciado por los vestigios encontrados en las culturas antiguas y en donde el maíz fue parte de la dieta diaria de las personas, utilizada para forraje para animales e incluso como emplastos medicinales. (Serratos, 2012)

#### 3.2 Clasificación taxonómica del maíz.

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Liliopsida (Monocothyledoneae)

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Mayz* (Terán, 2010).

### **3.2.1 Descripción botánica del maíz.**

#### **3.2.1.1 Planta**

Es una planta gramínea monocotiledónea, de ciclo de cultivo anual, de porte robusto y con tallo largo y hojas lanceoladas puntiagudas. Se siembra en los meses de noviembre o diciembre y se cosecha en agosto a septiembre dependiendo del estado de madurez fisiológica. (Ortas, 2008)

#### **3.2.1.2 Raíz**

La raíz seminal o principal está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar, se origina en el embrión, suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas. El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio, puede alcanzar hasta dos metros de profundidad. Las raíces de sostén o soporte se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Favorece una mayor estabilidad y disminuye problemas de acame. (Rojas, 2013)

#### **3.2.1.3 Tallo**

El tallo de maíz está constituido por nudos y entrenudos de número y longitud variable. La parte inferior y subterránea del tallo, la corona, poseen entrenudos de los cuales salen los tallos laterales y las raíces principalmente. En los entrenudos siguientes, en especial en las plantas jóvenes existen una zona de crecimiento activo o intercalar ubicada en la parte inferior del entrenudo, de una longitud menor a 0.5 mm de ancho, en la que se producen tejidos nuevos. (Rivadeneira, 2012)

#### **3.2.1.4 Hojas**

La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color usual es verde, pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25. (Rojas, 2013)

### **3.2.1.5 Flor**

El maíz es una planta monoica, es decir, que tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores son estigmas o pistiladas. Las flores estigmas o masculinas están representadas por la espiga. Las pistiladas o femeninas son las mazorcas. (Rojas, 2013)

### **3.2.1.6 Inflorescencia**

Es una espiga o panícula ubicada como terminaciones del tallo (ápice) conformada por 25-30 espiguillas. Posee numerosas flores masculinas y femeninas separadas unas de otras, pero en el mismo pie, la segunda está situada en una ramificación lateral cilíndrica cubierta de falsas hojas brácteas o espigas. Está conformada por un tallo central o raquis que sostiene un penacho ubicado en el ápice de la mazorca, de donde sobresale el estilo de cada flor cual si fuese una barba de color amarillo pálido y rojizo cuando ya es fecundado. La inflorescencia femenina se formará la mazorca en donde cada ovario de las flores dará origen a un grano de maíz, su ubicación, número, grosor y filas depende de la variedad y vigor en su crecimiento. (Ortas, 2008)

### **3.2.1.7 Fruto**

La mazorca o fruto, está formada por una parte central llamada zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representa del 15 al 30% del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas puede suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forma un sólo cuerpo que tiene la forma de una cariósida brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos y dentro del fruto que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa aproximadamente 0.3 gramos. (Lescano, 2012)

### **3.3 Ciclo vegetativo del maíz.**

#### **3.3.1 Nacencia**

Las semillas de maíz por lo general germinan aproximadamente a los 6 a 8 días, cuando encuentran el medio adecuado en humedad, dicho proceso tiene que ver directamente con el genotipo y temperatura del medio. (Espinoza, 2010)

#### **3.3.2 Crecimiento**

Luego de germinado el grano de maíz, vienen las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano, en donde cada una se desarrolla gracias a la fotosíntesis que realiza. (Espinoza, 2010)

#### **3.3.3 Fase vegetativa**

La planta crece y desarrolla el follaje, a los 15-20 días siguientes a la nacencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas, que se expanden hacia los lados cuya cantidad de biomasa es controlada por la fotosíntesis y se relaciona directamente con el tamaño final de la mazorca que este a su vez es el 40 % del peso total. (Espinoza, 2010)

#### **3.3.4 Fase reproductiva**

Se considera como la época de floración. Por lo general las flores masculinas maduran antes que las femeninas, pero el proceso de fecundación será tardío también, por tanto, serán fecundadas por otras flores masculinas, llamándose este proceso polinización cruzada o R1 En el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se produce una sequía. La planta utiliza toda la cantidad de nutrientes que hasta ese momento lo hacía para el crecimiento de hojas lo desvía hacia la floración. (Caraballo, 2013).

### **3.3.5 Fructificación o llenado del grano**

Para la fructificación se requiere previa la fecundación de las flores femeninas, esto se produce cuando los estilos han crecido y alcanzado el tamaño necesario para llevar el polen hacia los óvulos al interior de la inflorescencia. Una vez que ocurre dicho proceso se tornan de color rojizo y, transcurrida la tercera semana después de este proceso los óvulos en su conjunto empiezan a crecer hasta llegar a formar la mazorca a las tres semanas posteriores.

Con la fecundación de los óvulos por el polen, se inicia la fructificación, finalizada la cual los estilos de la mazorca darán a un color castaño. La mazorca toma su tamaño definitivo a la tercera semana después de la polinización, se forman los granos y dentro de ellos, el embrión; seguidamente, los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, que se transforma, al final de la maduración, en almidón al mes y medio de la polinización, que corresponde con el final de la octava semana, el grano alcanza su madurez fisiológica conteniendo su máximo de materia seca suele tener entonces el 33% de humedad, posteriormente, debido a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, el grano se seca y se va aproximando a su madurez comercial. (Caraballo, 2013).

### **3.3.6 Riego**

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y surcos. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua sí mantienen una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. (Pitty, 2002)

### **3.3.7 Fertilización**

El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo del nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato triple), potasio (muriato de potasio), azufre (Sulpomag), magnesio, calcio y entre otros, los suelos maiceros de la provincia Bolívar, debido a su mal uso y manejo, cultivos intensivos, monocultivo, son pobres en su contenido de nitrógeno y fósforo. Para realizar una fertilización adecuada es necesario el análisis químico del suelo, de acuerdo a experiencias en trabajos de investigación realizadas por el INIAP en la provincia Bolívar se deben poner a la siembra dos sacos de 18-46-0 al fondo del surco a chorro continuo y tapar con una capa de suelo para que no quede en contacto con la semilla de maíz; también se debe aplicar materia orgánica bien descompuesta al fondo del surco o al voleo, antes de realizar la preparación del suelo, aplicar por lo menos 50 sacos de materia orgánica por hectárea. En el aporque se debe utilizar urea en cantidades de dos a tres sacos por hectárea. (Monar C. , 2002)

A la siembra, al fondo del hoyo o del surco colocar el fertilizante que contenga la tercera parte del N y todo el P y K; tapar con una capa de suelo de 2 a 3 cm. Para mejorar la eficiencia del N se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en media luna o hacer un hoyo con un espeque en la parte superior de la planta en relación a la pendiente y tapar con una capa de suelo. (Alvarado, 2011)

### **3.4 Control de malezas**

Durante las primeras etapas de crecimiento del maíz, el daño por malezas puede ser muy grande. Las malezas compiten ventajosamente con las plántulas en luz y nutrientes. Para eliminar las malezas, se puede efectuar un control químico o mecánico durante el periodo crítico, es decir, cuando el maíz sufre la mayor competencia de malezas. Esto ocurre durante las primeras tres o cinco semanas después de que ha germinado. (Pitty, 2002)

#### **3.4.1 Antes de la siembra**

Para el control de malezas, 10 a 15 días antes de la siembra, aplicar herbicidas a base de Glifosato 360 en dosis de 3L/ha (200 ml en 20L de agua); utilizando una

boquilla de abanico plano para lograr una aplicación uniforme. Es importante considerar que, para una buena acción del herbicida, se requiere que la solución tenga un valor de pH ácido de 4.0; por lo que se recomienda aplicar una cucharadita de ácido cítrico o de jugo de tres limones para una bomba de 20 litros. (Alvarado, 2011)

### **3.4.2 Después de la siembra**

Dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de malezas prevalentes, se deberá elegir una de las siguientes alternativas de control químico, utilizando herbicidas selectivos para el cultivo de maíz.

#### **Atrazina**

Es un herbicida pre emergente y post-emergente temprano. Aplicar con la presencia de las malezas en desarrollo temprano (1-2 hojas). Controla eficazmente malezas gramíneas anuales, al igual que otras de hoja ancha que se encuentran en el cultivo de maíz. La dosis recomienda es de 2 kg/ha, aplicar con buena humedad del suelo. (Monar C. , 2015)

#### **2,4-D Amina**

Es un herbicida selectivo. Se aplica a Malezas de hasta 10 cm de altura, en una aplicación de aproximadamente 2 kg/ha de material activo. Se podría también aplicar el herbicida a partir del estado de preemergencia, interrumpiendo la aplicación hasta que el maíz alcance una altura de 15 cm. (Monar C. , 2016)

### **3.4.3 Control manual de malezas**

En el caso de no realizar el control químico de malezas en pre y post emergencia, se recomienda realizar una o dos deshieras superficiales con azadón (rascadillo). (Alvarado, 2011)

### 3.5 Control fitosanitario de plagas

Las plagas predominantes en maíz son: gusano trozador (*Agrotis ipsilon.*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y áfidos (*Macrosiphum sp.*). El control para áfidos se debe hacer en todo el cultivo; para trozador en forma dirigida a la base de las plantas y para cogollero en los cogollos de las plantas. Par su control se recomienda utilizar los insecticidas presentados en el siguiente Tabla, cuando el daño por la plaga es superior al 5%. Insectos de la mazorca: (*Heliothis zea*) y (*Euxesta eluta*). Control: Acefato en dosis de 40 g/l en el inicio de la floración femenina por dos aplicaciones.

**Tabla 1.** Insecticidas para el control de plagas de maíz

Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis
Acefato	Orthene, Ortan, Trofeo	2.5 g/L de agua
Agromil	Clorpirifos	2.5 cc/L de agua

**Fuente:** Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz

### 3.6 Cosecha

La cosecha para choclo se efectúa cuando el grano está en estado “lechoso”, para semilla al momento de la madurez fisiológica (cuando en la base del grano se observa una capa negra) y para grano comercial se puede esperar entre 20 a 30 días más en el campo. (Suquilanda, 1996)

#### 3.6.1 Maduración y secado

El proceso de maduración del grano de maíz se produce después de la polinización, deberán pasar aproximadamente ocho semanas para que el penacho que aparece en el extremo superior se la mazorca se vuelve marrón y los granos han alcanzado su madurez fisiológica con un 37 a 38 % de humedad. Pero para que pueda estar listo para ser cosechado debe poseer el 28 % aproximadamente sin que disminuyan a los 15 o menos por ciento, ya que corre el riesgo de romperse, achicarse o pulverizarse en la manipulación de la cosecha. (Caraballo, 2013)

### **3.6.2 Almacenamiento**

Las evaluaciones hechas por el Proyecto Regional de Reducción de Pérdidas Postcosecha en diferentes zonas, muestran que se pierde alrededor del 10 % del grano almacenado en la troja tradicional. Un mal almacenamiento del grano provoca pérdida de peso, calidad, capacidad alimentaría y consecuentemente reducción de ingresos. Estas razones son reales por lo que hay necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia, aunque no menos importante es para el mediano y grande productor que almacena su maíz para venderlo después de un tiempo. (Aldrich, 1994)

### **3.7 Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado**

#### **3.7.1 Origen**

Fue desarrollada con la participación de técnicos y agricultores y se caracteriza por ser tardía, de porte bajo (en comparación a las variedades que poseen los agricultores), con resistencia al acame, así como de buen rendimiento y calidad de grano para choclo y seco. Se adapta a altitudes entre los 2.400 a 2.800 m.s.n.m., y fue formada con base a variedades locales colectadas en casi toda la provincia de Bolívar en 1989 y 1993. Las variedades que presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante dos ciclos de cultivo (1993 - 1995), se cruzaron entre ellas para formar la población Guagal, la cual se seleccionó durante tres ciclos en tres localidades. (INIAP, 2003)

#### **3.7.2 Zonificación**

Esta variedad se cultiva en la provincia de Bolívar en altitudes comprendidas entre los 2.400 a 2.800 msnm. (INIAP, 2003)

#### **3.7.3 Características nutricionales de la variedad**

El germen representa del 12 al 14 % de la cariósida; el endospermo harinoso cerca del 25 al 30 % y el corneo el 45-50%, el pericarpio del 8-12 %. Del producto seco, las sustancias grasas oscilan en torno al 3-5%; Las sustancias nitrogenadas, 8-

15% y las sustancias amiláceas 65-75%. La proteína del maíz no tiene un valor biológico muy elevado al carecer de los aminoácidos, lisina y triptófano. (Herrera, 1999)

#### **3.7.4 Composición Química**

Por su color blanco característico, el maíz presume de sustancias químicas beneficiosas para el hombre. (FAO, 2016)

El grano de maíz está compuesto altamente por una cubierta seminal o pericarpio con un alto contenido del 87 % de fibra cruda, misma que contiene hemicelulosa 67%, celulosa 23%, y lignina 0,1 %; el endospermo por su parte contiene el 87 % de almidón, 8 % de proteínas y grasas crudas valores relativamente bajos. El germen por su parte es la parte del grano donde más se alojan las grasas crudas 33 % y el 20 % de proteínas, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 1 y 8 % del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6%, respectivamente. Esta parte del grano le dan a éste las cualidades nutricionales ideales para que se convierta en una fuente natural de proteína y vitaminas necesaria para una alimentación balanceada. (Gear, 2006)

La digestibilidad del maíz basada en la relación entre el nitrógeno absorbido y el ingerido es inferior a las existentes en las proteínas animales como carne, leche, huevo, etc., en donde se promedia en un 95%, por tanto, es 89% más fácil digerirlo en función de su composición; por otro lado, el valor biológico del grano está relacionado con la capacidad de las proteínas de reemplazar el Nitrógeno en el organismo para el mantenimiento y crecimiento. (Gear, 2006)

### 3.7.4.1 Análisis nutricional del grano de maíz

**Tabla 2** . Contenido en 100 g de parte comestible:

Componente	Maíz amarillo	Maíz blanco	Choclo
Calorías	317	32	136
H <sub>2</sub> O (g)	16,6	15,2	64,2
Proteína (g)	8,3	7,6	4,7
Grasa (g)	3,2	3,8	1,2
Carbohidratos (g)	68,9	71,2	27,8
Fibra (g)	1,6	1,9	14,2
Ceniza (%)	1,4	1,3	0,9
Calcio (mg)	9	7	12
Fósforo (mg)	280	310	120
Hierro (mg)	2,1	2,1	0,8

**Fuente:** Estudio de componentes en diferentes clases de maíz

### 3.7.5 Usos

Esta variedad es muy apetecida en la alimentación humana en estado fresco (choclo), y en grano seco es apreciada para la elaboración de tostado, mote, chicha, humitas, tortillas, harina, etc. (INIAP, 2003)

### 3.7.6 Reacción a enfermedades

Esta variedad es tolerante a la enfermedad “Roya” causada por el hongo *Puccinia sp.* Asimismo es tolerante a la “podrición de la mazorca” causada por el hongo *Fusarium moniliforme*. (INIAP, 2009)

### 3.7.7 Requerimientos básicos de suelo y clima

#### 3.7.7.1 Tipo de suelo

Se recomienda suelos de textura media con gran capacidad de retención de 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 obtienen 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 púrpura y las hojas más viejas se secan (similares a deficiencia de Mg). Sin embargo, para la sierra ecuatoriana donde se cultiva el maíz suave las condiciones climáticas relativas son: temperatura promedio 14.5 °C; precipitación promedio 950 mm; altitud de 2.000 a 3.000 msnm. (Monar C. , 2013)

### **3.7.8 Manejo agronómico del cultivo**

#### **3.7.8.1 Época de siembra**

En nuestra provincia con la variedad INIAP-111 Guagal Mejorado y dependiendo de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo, de acuerdo a las zonas agroecológicas de los Cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. (Monar C. , 2000)

En climas templados se siembran después de las heladas, en climas semiáridos, se siembran al inicio de la estación de lluvias. En ambos casos se debe esperar que la temperatura del suelo alcance 10°C. (CIMMYT, 2002)

### **3.8 Fertilización Nitrogenada**

#### **3.8.1 Nitrógeno**

El nitrógeno hace que la planta se desarrolle bien y que tenga un intenso color verde en sus hojas, además es un constituyente de la clorofila. Los cultivos bien fertilizados con nitrógeno tienen rendimientos mayores. El nitrógeno que se encuentra en el suelo es de tipo orgánico e inorgánico, la mayor cantidad es parte integrante de materiales orgánicos complejos del suelo. (Germinia, 2010)

### 3.8.1.1 Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno es esencial para la vida; es un elemento biogénico; forma parte de las proteínas, principales componentes de la celulosa. La fuente natural de nitrógeno es la atmósfera, pero los seres vivos no lo asimilan directamente; para que lo incorporen es necesaria una serie de pasos que en conjunto constituyen el ciclo biológico del Nitrógeno. (Guastay, 2015)

El nitrógeno se encuentra libre en la atmósfera, en forma de gas  $N_2$ . Por las descargas eléctricas, durante las tormentas, el nitrógeno se une con el oxígeno y forma  $NO_2$  (nitrito) y  $NO_3$  (nitrato) que son arrastrados al suelo por la lluvia. (Guastay, 2015)

- Las bacterias nitrificantes toman directamente el nitrógeno atmosférico y lo convierten en amoníaco  $NH_3$ . Sobre el amoníaco actúan las bacterias Nitrosomonas que lo convierten en nitrito,  $NO_2$ . Sobre el nitrito actúan las bacterias Nitrobacter que lo convierten en nitrato  $NO_3$  que se fija en el suelo.
- Las plantas absorben del suelo los nitratos disueltos en el agua y con la fotosíntesis utilizan el nitrógeno para elaborar proteínas y clorofila.
- Los herbívoros, con la digestión, transforman las proteínas vegetales en proteínas animales.
- Sobre los restos animales y vegetales, actúan las bacterias desnitrificantes que liberan el nitrógeno  $N_2$  a la atmósfera.
- Parte del nitrógeno liberado por las bacterias desnitrificantes se convierte en amoníaco  $NH_3$ , que puede permanecer en el suelo o puede ir a la atmósfera, cerrándose el ciclo. (Guastay, 2015)

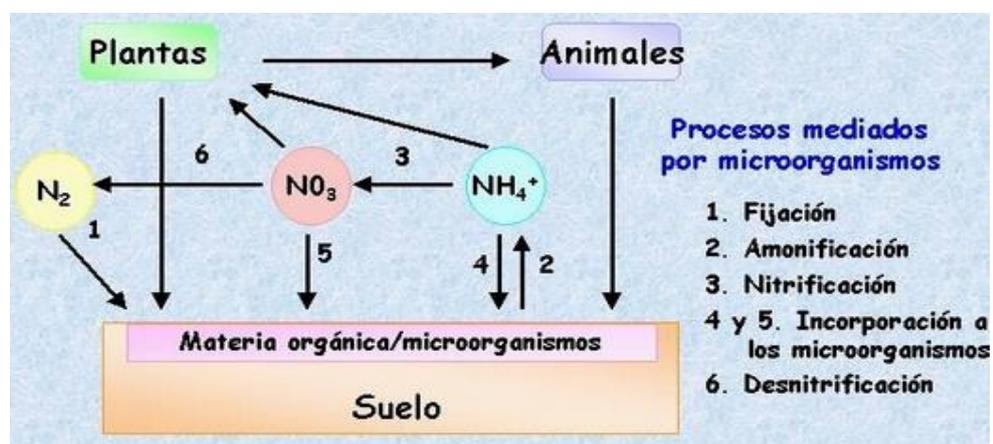
### 3.8.1.2 Fijación del Nitrógeno

Es necesario apuntar que la fijación de nitrógeno es un proceso que consume mucha energía, y que los fijadores simbióticos de nitrógeno obtienen esta energía del cultivo al que están asociados, lo que en un principio provoca algunas pérdidas en la producción vegetal. Además, parece que los organismos no simbióticos pueden funcionar eficazmente a temperaturas altas del suelo, pero (salvo el

(*Azotobacter spp.*) no son eficaces en condiciones templadas. Muchos suelos, en especial los suelos ácidos, no poseen poblaciones activas de estas bacterias y se ha determinado ampliamente que la inoculación bacteriana puede aumentar los rendimientos. (Rivadeneira, 2012)

Uno de los compuestos, el nitrato, la forma más usual tomada por la planta, es clave en su nutrición y puede hallarse en el suelo derivado del contenido mineral del mismo, de aquel que se pueda incorporar de la atmósfera o de la biotransformación de las moléculas orgánicas que lo contienen formando parte de los restos vegetales y animales que allí llegan o de los propios microorganismos que lo habitan. La desnitrificación, o reducción del nitrato hasta nitrógeno molecular o de nitrógeno  $N_2$ , es una actividad microbiana importante, cuantitativamente considerada y por su efecto contaminante del ambiente. Las pérdidas de nitrógeno asimilable que esta actividad conlleva son compensadas por la llamada fijación de nitrógeno, que se entiende como la oxidación o reducción de este elemento para dar óxidos o amonio. (Olivares, 2008)

**Figura 1.** Procesos mediados por microorganismos.



Fuente: Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada

La fijación del nitrógeno puede ser puramente abiótica o biológica. Por la primera se forman óxidos como consecuencia de la combustión de compuestos orgánicos, descargas eléctricas, etc., que son arrastrados al suelo por lluvia, o amonio por el proceso industrial. Por la segunda, la fijación biológica de nitrógeno (FBN), proceso llevado a cabo por organismos procarióticos, el  $N_2$  es reducido a amonio e incorporado a la biosfera. (Olivares, 2008)

### 3.8.2 Formas de Nitrógeno en el suelo

La principal fuente de nitrógeno en la naturaleza es el aire, luego está la fertilización con materia orgánica y en la atmósfera del suelo, incorporándose en forma de Nitrógeno amoniacal, Nitratos ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ).

- **Nitrógeno orgánico:** Se lo encuentra en materia orgánica de cuya descomposición se obtiene el 90 – 95 % de nitrógeno que no es asimilado directamente, por lo que debe pasar por la etapa de mineralización en nitrógeno inorgánico para que las plantas puedan absorber. (Pilar, 2017)
- **Nitrógeno amoniacal:** Se lo conoce como un componente transitorio en el agua, que se obtiene como producto natural de descomposición de organismos nitrogenados. (Alvarado, 2011)
- **Nitratos ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ):** Se fija en las redes cristalinas de ciertas arcillas del suelo, no se combina fácilmente por la reacción de cationes que se expanden en ellas y se liberan en el suelo. (Alvarado, 2011)

### 3.8.3 Transformaciones del nitrógeno en el suelo

Figura 2. Transformaciones del nitrógeno en el suelo



Fuente: Fertilización nitrogenada.

### 3.8.4 Índice de Nitrógeno. (IN)

El nitrógeno como elemento esencial, promueve los procesos metabólicos y de crecimiento de las plantas, el mismo que es asimilado en forma de nitrato ( $NO_3^-$ ) o amonio ( $NH_4^+$ ). La pérdida de nitrógeno en la agricultura tiene un impacto negativo de contaminación de los acuíferos, aire, suelo, cantidad y calidad del agua. Nuevas

herramientas son necesarias para evaluar rápidamente esas pérdidas y proveer de alternativas tecnológicas sustentables.

El Índice de nitrógeno es una herramienta que nos permite evaluar los siguientes indicadores del sistema:

- Nitrógeno total del sistema
- Volatilización del amoníaco
- Des nitrificación
- Extracción de nitrógeno por el cultivo
- Índice de lixiviación
- Nitrógeno total lixiviado
- Nitrato residual
- Eficiencia del sistema
- Proporción de nitrógeno aplicado: nitrógeno removido por el cultivo.

El Índice de nitrógeno puede ser usado para hacer comparaciones rápidas de diferentes escenarios y seleccionar las mejores prácticas de manejo del sistema de producción y que contribuyan a la reducción de la contaminación del ambiente. Para la utilización de esta herramienta, se necesita de información relevante como: Manejo del nitrógeno, características físicas (densidad aparente, textura, compactación, profundidad del suelo, agregados, porosidad, etc.), químicas (contenido de materia orgánica, nitrógeno total, nitrato, amonio, pH, relación carbono nitrógeno, Capacidad de Intercambio Catiónico, Salinidad, etc.) y biológicas (presencia de lombrices, profundidad y cantidad de raíces, etc.) del suelo, precipitación registrada durante el ciclo de cultivo y fuera del ciclo de cultivo, prácticas de manejo y conservación del suelo, aplicación de riego, rotación de cultivos, cultivos asociados o intercalados, etc. (Delgado, 2002)

Además las cantidades liberadas son afectadas por las prácticas de manejo; así la labranza de conservación (siembra directa) redundante en suelos cada vez más fríos, donde los procesos de descomposición de la materia orgánica son más lentos y liberan menor cantidad de N, actualmente debido a la intensificación de los cultivos se emplean fuentes artificiales para la obtención de N partiendo de procesos

químicos, dentro de las más importantes tenemos la urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , que contiene 46% de N el sulfato de amonio  $\text{SO}_4(\text{NH}_4^+)_2$  contiene 21% de N y 24% de S, nitrato de amonio  $\text{NO}_3-\text{NH}_4^+$  que contiene 33.5 a 34% de N, la mitad en forma de nitrato y la otra mitad en forma de N amoniacal. (Witt, 2004)

### 3.8.6 Diferencias entre el amonio y el nitrato

#### Amonio ( $\text{NO}_4^+$ )

Es un elemento poco móvil en el suelo y es retenido fácilmente por las arcillas en forma de amoníaco.

- Las pérdidas se producen por volatilización cuando el amonio ( $\text{NO}_4^+$ ) se transforman en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).
- La volatilización ocurre en suelos alcalinos, calcáreos o cuando es aplicado en la superficie del suelo sin ser incorporado a las capas profundas.

#### Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

- El nitrato es muy soluble y móvil en la solución del suelo.
- Por ser soluble y muy móvil tiende a perderse por lavado.
- Además de perderse por lavado también puede perderse por desnitrificación, proceso donde es convertido en óxidos de nitrógeno y nitrógeno elemental que luego se pierde por volatilización.
  - La desnitrificación ocurre en suelos inundados o con poco drenaje y/o a pH ácido. (Aldrich, 1994)

### 3.8.7 Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados

- **Fertilizantes orgánicos:** Nitrógeno orgánico en forma de materia orgánica (no aprovechable inmediatamente por las plantas).
- **Fertilizantes Inorgánicos:** En forma de ( $\text{NO}_4^+$ ) y ( $\text{NO}_3^-$ ).

**Tabla 3.** Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados

Fertilizante Inorgánico	Forma que se encuentra el nitrógeno	Característica
Urea	Aminas que se encuentran en $NH_4^+$	Fertilizante más concentrado, con 46 % de N en forma de amídica.
Sulfato de amonio	$NH_4^+$	Producto bastante soluble (730 g/L a 20°C), con un 10 % de N en forma amoniacal y un 23 % de S como sulfatos.
Fosfato de amonio	$NO_4^+$	
Nitrato de calcio	$NO_3^-$	Altamente soluble (1220 g/L a 20°C), contiene un 15,5 % de N, el 100 % nítrico como forma preferencial de absorción.
Nitrato de amonio	$NO_3^- + NO_4^+$	Contiene un 34,5% de N, la mitad en forma de amonio y la otra mitad en forma de nítrica.
Nitrofoska	$NO_3 + NO_4^+$	

Fuente: INIAP

### 3.8.8 Pérdidas del Nitrógeno en el suelo

#### 3.8.8.1 Desnitrificación

Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que genera anaerobiosis que promueven la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular ( $N_2$ ). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo. (Ruiz, 2009)

#### 3.8.8.2 Volatilización del amoniaco

Esta pérdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contengan urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH

elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor de los gránulos del fertilizante alcanzando pH de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. (EnciclopediaPractica de Agricultura y Ganadería , 2010)

### **3.8.8.3 Lixiviación de los nitratos.**

Los nitratos son muy solubles en el agua y no son retenidos por el suelo, por lo que un exceso de agua puede arrastrarlo hacia el subsuelo contaminando acuíferos. Los suelos ricos en arcilla presentan una menor lixiviación, al tener mayor capacidad de retención que los suelos arenosos. (Fairhust, 2012).

### **3.8.8.4 Retención del nitrógeno iónico en el suelo**

El ion amonio  $NO_4^+$  puede ser retenido por el complejo de cambio y no estar disponible para los cultivos. Depende de la capacidad de intercambio catiónico es la capacidad que tiene un suelo para retener iones positivos, gracias a su composición en arcillas y materia orgánica. (Fairhust, 2012)

### **3.8.8.5 Extracción por la cosecha**

En función del tipo de cultivo, su rendimiento podemos encontrar extracciones de 50 kg/ha a 150 kg/ha en una campaña. Para ello es necesario conocer el coeficiente de extracción de cada cultivo. (Fairhust, 2012)

### **3.8.9 Formas de absorción del nitrógeno por las plantas**

Las formas de absorción del nitrógeno son el nitrato  $NO_3^-$  y el amonio ( $NO_4^+$ ) Existe también la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico  $N_2$ , en la simbiosis entre leguminosas y bacterias tipo (*Rhizobium*). La disponibilidad de nitrógeno en el suelo para ser tomado por la planta, es difícil de determinar debido a distintos factores como puede ser:

#### **Para el nitrato ( $NO_3^-$ ):**

- La desnitrificación hasta formas gaseosas de N.

- La inmovilización microbiana y la lixiviación de nitratos.

**Para el amonio ( $NO_4^+$ ):**

- Su volatilización como amoníaco.
- Su absorción en el coloide arcilloso húmico del suelo.
- La nitrificación.

Además, la mayor parte del N en el suelo se encuentra en la fracción de N orgánico, no accesible para la planta, la disponibilidad del N orgánico se caracteriza por diferentes procesos como la mineralización, debida a la actividad de microorganismos, y como la desnitrificación y la lixiviación. (Fairhurst, 2012).

La absorción de nitrato por la raíz de la planta se caracteriza por:

- A baja temperatura la absorción se inhibe.
- Su absorción alcaliniza su medio externo.
- Se absorbe mejor a pH ligeramente ácido.

La absorción radicular de amonio se caracteriza por:

- La absorción es un proceso aparentemente pasivo. La temperatura apenas afecta la absorción.
- Se absorbe mejor a pH alcalino, si bien la absorción del amonio acidifica el medio externo.
- Puede llegar a ser tóxico, al estar presente el amoníaco.
- Es preferido por algunos cultivos como el arroz. (FAO, 2012)

**3.8.10 Época de aplicación del nitrógeno**

Para un mejor aprovechamiento del N se recomienda aplicar en dos épocas:

- La mitad de N al momento de la siembra, utilizando fertilizantes compuestos.

- La otra mitad entre 45 a 60 días después de la siembra o cuando la planta tenga de 15 a 20 cm. de altura. Aplicar en banda lateral a 15 cm de las plantas, utilizando fertilizantes simples como la urea. (Lescano, 2012)

### **3.8.11 Aspectos relevantes del nitrógeno en la planta**

- El contenido de peso seco en la planta oscila entre el 2 y el 5%.
- Distribución del nitrógeno en la planta:
- 90% en compuestos de elevado peso molecular.
- 10% en compuestos orgánicos de bajo peso molecular y compuestos inorgánicos.
- Presenta una gran movilidad en la planta.

En cuanto a funciones, de forma resumida el N está involucrado en las siguientes:

- Forma parte de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Necesario en síntesis de clorofila. Forma parte de ella.
- Componente de vitaminas.
- Componentes de derivados de azúcares, celulosa, almidón y lípidos.
- Forma parte de coenzimas y enzimas.
- Alarga las fases del ciclo del cultivo.
- Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento. (FAO, 2012)

### **3.8.12 Importancia del nitrógeno para las plantas**

El Nitrógeno es uno de los mayores factores, junto con el agua, que gobiernan la productividad del cultivo de maíz, debido a que actúa en forma específica en procesos metabólicos en las plantas, y en forma estructural. En las plantas existen formas nitrogenadas además de los aminoácidos y proteínas en las que se incluyen: vitaminas, hormonas, pigmentos, purinas y pirimidinas. Es además componente esencial de la clorofila. (Rivadeneira, 2012)

Para los cultivos el nitrógeno es el encargado del crecimiento y producción de las semillas y los frutos, es una parte fundamental de la estructura molecular de la clorofila, siendo imprescindible para realizar la fotosíntesis, ayuda a absorber el agua y otros nutrientes en las raíces, a pesar de que unas tres cuartas partes del aire que los humanos respiramos está formado por nitrógeno, las plantas solo pueden absorberlo desde el suelo, a excepción de algunas especies, que pueden tomarlo de la atmósfera y, luego, fijarlo en el suelo. (FAO, 2012)

Su deficiencia provoca el típico síntoma de secado “en V” de las hojas inferiores de la planta, las mismas que se observan raquílicas y mal desarrolladas. El crecimiento es lento y hay clorosis generalizada. Si la deficiencia es severa, las hojas adquieren un color pardo oscuro y mueren. Además, forma parte de la materia viva y es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos órgano-minerales de la planta como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, amidas y aminas. (Changoluisa, 2013)

#### **3.8.12.1 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz**

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento de maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reduce la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillento) de las hojas más viejas.

Para suplir las necesidades de nitrógeno del maíz, se requiere de un máximo de 28-30 kg de nitrógeno 10-12 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), y 23-25 kg de potasio ( $K_2O$ ), por cada 1.000 kg de grano producido; adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio y azufre. Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Esto hace que existan importantes diferencias entre la extracción total de nutrientes y la exportación. Estas diferencias son

particularmente importantes en el potasio, en el que sólo una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha, y en los microelementos.

La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas proviene de varios componentes:

Nitrógeno de nitratos disponible a la siembra ( $N.NH_3^-$ ) disponibles de 0-60 cm).

Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada: la cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según la temperatura, humedad y tipo de suelo. A modo orientativo, se puede considerar alrededor del 2,5% de (Nt) (nitrógeno total del suelo) determinado en el estrato de 0-30 cm.

Nitrógeno del fertilizante: en el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al requerido por el cultivo se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno=demanda de nitrógeno). La cantidad de fertilizante inferida a partir de este procedimiento denominado “criterio de balance” deberá ser ajustado por la eficiencia de fertilización. La magnitud de la misma depende del tipo de fertilizante y del manejo de mismo. El manejo del fertilizante debería contemplar que pérdidas de nitrógeno se puede presentar y diseñar la estrategia fertilización que minimice la incidencia global de la misma. (Langdale, 1982)

### **3.8.12.2 Función del nitrógeno en el cultivo de maíz**

- Permite el crecimiento de la planta.
- Permite alcanzar buenos rendimientos.
- Constituyente de la clorofila.
- Componentes de: Las vitaminas, aminoácidos y proteínas.
- Interviene en la fotosíntesis. (Lescano, 2012)

### **3.8.13 Deficiencias y excesos del nitrógeno en la planta**

- **Síntomas de deficiencia del nitrógeno**

Cuando la planta muestra una deficiencia de nitrógeno, esta tiene un color que va de verde claro a verde amarillento. En las hojas más viejas se observa un amarillamiento que empieza en la punta de las hojas y se expande a lo largo de la nervadura. Se inhibe el crecimiento de los brotes y raíces, mientras el tamaño de las plantas permanece reducido. El suministro de nitrógeno depende de la densidad del cultivo y del contenido de Nitrógeno (N), en el suelo. Es útil una dosis dividida de Nitrógeno (N), a fin de minimizar el lavado de nitrógeno. Esto es importante en los suelos ligeros y arenosos ya que estos son considerados “con riesgo de lavado de nutrientes”. (Alvarado, 2011)

- **Síntomas de exceso del nitrógeno**

La dinámica de acumulación y re movilización de Nitrógeno, en la planta se ve reflejada en el índice de cosecha de este nutriente Nitrógeno en grano/N en biomasa aérea), presentando valores que oscilan entre 0,59 y 0,69 de acuerdo a la relación fuente-destino y al híbrido considerado. Por lo tanto, entre el 31 y 41% del Nitrógeno acumulado en la biomasa aérea permanece en el rastrojo y, en planteos agrícolas, es devuelto al suelo. La concentración de Nitrógeno en la biomasa aérea o en las hojas, tallos o granos es un elemento diagnóstico de las necesidades de fertilización, que según el momento del ciclo en que se encuentre el cultivo se puede decidir las necesidades de fertilización durante la estación de crecimiento o bien evaluar la cosecha si hubo deficiencias o excesos de Nitrógeno con el objetivo de replantear la fertilización para el próximo ciclo de crecimiento. (Morgan, 2000)

Entre algunas características generales del exceso de nitrógeno en las plantas están:

- Exceso de follaje con un rendimiento pobre en frutos.
- Desarrollo radicular mínimo frente al desarrollo foliar.
- Retraso en la floración y formación de semillas (Morgan, 2000)

### 3.8.14 Antagonismo y sinergismo de nutrientes

- **Antagonismo**

A menudo, los síntomas de deficiencia de nutrientes son el resultado de interacciones entre los nutrientes. Un exceso de un nutriente puede causar la deficiencia de otro. Esto es debido a que algunos nutrientes tienen mecanismos similares de absorción. Por ejemplo, el exceso de potasio puede interferir con la absorción de magnesio y el exceso de metales como el manganeso o zinc pueden inducir deficiencia de hierro.

**Tabla 4 .** Antagonismo

<b>Mineral en exceso</b>	<b>Interacción negativa/deficiencia</b>
N	Cu, Mo, B, K, S
P	N, Mg, Cu, Zn
K	N, Ca, Mg, Cu, Zn
Ca	K, Mg, B, Mo, S, Cu
Mg	Ca, K, B, Cu, S, P
Mn	Mo, Fe, S
Fe	Mn, Mo, B, P, S
Zn	Mn, Fe, P, Cu
Cu	Mn, K, P, Fe, Zn
Mo	Cu

\***Na:** No es un nutriente, pero su presencia causa antagonismo con K, Mg, Ca.

\***Al:** Es antagonístico al P principalmente

**Fuente:** Manual de Prácticas Agroecológicas de los Andes Ecuatorianos.

- **Sinergismo**

El sinergismo se puede definir como la acción excitante que produce un elemento A sobre la absorción de otro B, contribuyendo ambos a favorecer el desarrollo de la planta.

- El  $\text{NO}_3^-$  contribuye con la absorción de: Ca, Mg, K, MO.
- El  $\text{NH}_4^+$  contribuye con la absorción de: Mn, P, S, Cl.
- El P contribuye con la absorción de: MO.
- El K contribuye con la absorción de: Mn (en suelos ácidos).
- El Ca contribuye con la absorción de: Mn (en suelos básicos).
- El Mg contribuye con la absorción de: MO.

### **3.9 Labranza.**

Para que las plantas nazcan y se desarrollen con normalidad es preciso que el suelo tenga una estructura adecuada. Ciertos agentes naturales lluvia, temperatura etc., actúa sobre la estructura del suelo, sea en sentido positivo negativo. Lo cierto es que, a lo largo del año, la estructura del suelo varía especialmente si el suelo es arcilloso y está cultivado.

La labranza del suelo que consiste en la remoción de una banda de tierra, más o menos ancha y profunda, tiene por misión primordial conseguir una estructura adecuada para el desarrollo de los cultivos. (Arevalo, 2011)

Los tipos de labranza se limitan a cuatro:

- Labranza convencional la cual se basa exclusivamente en la utilización del arado de vertedera como implemento de labranza primaria e incluye el uso de discos, rastra y otras labores del cultivo.
- Labranza reducida en muchos lugares viene hacer el cambio del arado de vertedera por el de los cinceles manteniendo las labores de labranza secundaria.
- Labranza mínima que comprende apenas el uso de una rastra de disco antes de sembrar.
- Labranza cero que únicamente consiste en rosear y sembrar indicando además que cada sistema tiene sus ventajas y desventajas, los factores que afectan las labores de labranza pueden ser muy variadas por esta razón es muy difícil la selección del mejor sistema. (Monar C. , 2015)

Algunas de estas modalidades son:

- Una arada, dos pases de rastra y siembra con maquinaria (alta tecnología).
- Una arada, dos pases de rastra con tractor y surcado con bueyes (tecnología intermedia).
- Una arada, 1 o 2 cruzadas y surcado con bueyes (tecnología de costo reducido).

La preparación de suelos para el cultivo del maíz con maquinaria de tracción motriz, depende de las posibilidades financieras del agricultor. En las regiones donde hay problemas de maquinaria de tracción mecánica se recomienda el uso de arado, animal, los cuales son muy eficaces y recomendados por el Proyecto Regional de Fomento de la Tracción Animal. De todas maneras, el laboreo convencional es una buena forma de lograr algunos objetivos de manejo, como por ejemplo control de malezas, control de algunas plagas y la mineralización de algunos nutrientes, básicamente nitrógeno que en nuestra zona es un nutriente deficitario a pesar del tipo de suelo rico en materia orgánica que tenemos. (Monar C. , 2013)

Cuando ejercemos una labranza agresiva sobre el suelo incorporamos los rastrojos y agilizamos su descomposición y la mineralización de la materia orgánica con la consecuente liberación de nitrógeno otros nutrientes importantes y también de dióxido de carbono, que es uno de los gases responsables del efecto invernadero. (Yanez, 2007)

### **3.9.1 Labranza convencional**

Hay productores que practican varias modalidades de preparación de suelo de acuerdo al terreno, oportunidad financiera y disponibilidad de maquinaria y equipo. (Yanez, 2007)

### **3.9.1.1 Factores adversos de la labranza convencional**

- Pérdida de la materia orgánica en la mayoría de los suelos vírgenes fértiles.
- La destrucción de las raíces durante la operación del cultivo.
- Desnudación de la superficie del suelo permitiendo más erosión hídrica y eólica.
- Encostramiento y deterioro de los agregados.
- La compactación del suelo es acentuada por el tamaño y el peso de la maquinaria.
- Los costos de producción son altos. (Yanez, 2007)

### **3.9.1.2 Ventajas fundamentales de la labranza convencional**

- Control de malezas.
- Control de algunas plagas.
- Garantizar una rápida y uniforme emergencia del cultivo.
- El fácil acceso de la maquinaria sin que se compacte el suelo, permite el abonado del nitrogenado en bandas en la etapa del primer nudo o más tarde. Esto significa que una mayor parte del nitrógeno será usado en la producción del grano y que se perderá menos con el agua de riego por lixiviación o evaporado, la contaminación ambiental será menor. (Yanez, 2007)

### **3.9.1.3 Selección y preparación de suelos**

- **Selección**

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 excesivamente. 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 (arcillosos) dotados de

alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. (Pitty, 2002)

- **Preparación**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros). Preparar el suelo con un pase de arado, rastrada y surcada parece ser lo más habitual. En zonas donde se siembra con labranza reducida, rozar el terreno y luego de las primeras lluvias aplicar herbicidas y proceder a la siembra. (Quishpe, 2010)

De acuerdo con la topografía y la pendiente del suelo, se puede realizar una labranza convencional (Mecánica con tractor o yunta) en forma manual o realizar una mínima labranza o cero labranzas, la labranza convencional con tractor debe realizarse únicamente en terrenos planos, es suficiente un arado con disco y un pase de rastra, en terrenos con pendientes debe utilizarse la yunta y las labores de barbecho y cruza. (Monar C. , 2016)

Indica que la preparación del terreno requiere de las siguientes labores para obtener mejores rendimientos:

- **Arada o roturación**

Debe iniciarse con las primeras lluvias o después de un riego, esta labor puede hacerse con tractor, yunta o con azadón, una pasada solamente, debe tener una profundidad de 20 a 30 cm. (Monar C. , 2013)

- **Cruza**

La misma labor, pero en sentido contrario. (Yanez, 2007)

- **Rastrada**

Deja el suelo libre de terrones, pulveriza el terreno, cubriendo de esta forma mejor la semilla, para una mejor germinación se recomienda dos labores. (Yanez, 2007)

- **Surcada**

Debe realizarse en el sentido contrario a la pendiente, para evitar el arrastre de la tierra por el agua a una distancia entre surcos de 80 cm. La variedad Guagal Mejorado INIAP-111 se recomienda surcar cada 0.90cm. De acuerdo con la topografía y la pendiente del suelo, se puede realizar una labranza convencional (Mecánica con tractor o yunta) en forma manual o realizar una mínima labranza o cero labranzas, la labranza convencional con tractor debe realizarse únicamente en terrenos planos, es suficiente un arado con disco y un pase de rastra, en terrenos con pendientes debe utilizarse la yunta y las labores de barbecho y cruza. (Monar C. , 2000)

La labranza cero o reducida es una labor cultural que minimiza el trabajo en el suelo. La mayoría de los agricultores del país piensan que mientras más labores de preparación del suelo se hacen, mejor es la producción, pero no es así ya que mientras más maquinaria (tractores o azadones se usa, más tierra rica en materia orgánica se pierde por causa de la erosión. (Lescano, 2012)

### **3.9.2 Labranza mínima (No convencional).**

Este sistema se recomienda en aquellas regiones en donde la precipitación es baja o con mala distribución y en aquellos lugares donde no es posible utilizar maquinaria agrícola; ya sea, porque son suelos con mucha pendiente o no existe maquinaria. La forma más rentable consiste en aplicar Paraquat (2 litros por hectárea) más Atrazina 80 (1,5 Kg. por hectárea) antes que el cultivo emerja. (Rivadeneira, 2012)

### **3.9.2.1 Ventajas labranza mínima:**

- Rendimientos más altos.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua.
- Menor erosión. (Suquilanda, 1996)

Baja compactación al no permitir la formación de estratos impermeables a poca profundidad. Siembras en épocas sin considerar relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener más y mejores cosechas. (Suquilanda, 1996)

Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del terreno, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices, gusanos, raíces dilatación o contracción del suelo debido a cambios en su estado de humedad, etc.). (Suquilanda, 1996)

**La adaptación de un sistema para reducir la labranza presenta ciertas limitaciones como:**

- Una mayor utilización de herbicidas para el control de malezas.
- Falta de investigación en cuanto a herbicidas selectivos para los diversos cultivos en mezclas de productos que resuelvan oportunamente el problema de malezas. Posibilidad de que la cobertura dejada en el campo atraiga o presente condiciones propicias para la propagación de nuevas plagas y enfermedades. (Suquilanda, 1996)

### **3.9.3 Labranza cero**

La labranza cero es un método de aplicar herbicidas y sembrar. (Langdale, 1982)

La labranza cero comprende la siembra directa a través del rastrojo inalterado del cultivo anterior, dejando cubierta más del 9% de la superficie, inmediatamente después de la siembra. El único laboreo del suelo es con discos cortadores en la sembradora, que habrá una herradura delgada para la semilla.

La labranza cero es más adecuada para suelos bien drenados que se calientan rápidamente con la presencia de una buena insolación. Es especialmente efectiva para controlar la erosión en terrenos muy inclinados. (Yanez, 2007)

### **3.9.3.1 Ventajas de la labranza cero**

- Rendimientos más altos.
- Ahorro de tiempo mano de obra y combustible.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua en el suelo.
- Mejor uso de tierras marginales y terrenos actualmente improductivos.
- Menor erosión del suelo por el agua y el viento.
- Menor compactación del suelo.
- Siembra efectuada en el tiempo oportuno. (Guastay, 2015)

### **3.9.3.2 Siembra**

Una vez controlado las malezas se procede a realizar el hoyado o surcado. El primero se logra con el uso del azadón, pala recta o espeque; obteniendo hoyos de 10 cm de profundidad. En el segundo caso, se realiza un pequeño surco de 8 a 10 cm de profundidad y de 10 a 15 cm de ancho, con la ayuda del tractor, yunta o manualmente con azadón. La fertilización se debe realizar al fondo del hoyo o surco. El fertilizante debe ser cubierto con una capa delgada de suelo, y las semillas seleccionadas colocadas en cada sitio y tapadas con la misma tierra removida utilizando el azadón. (Alvarado, 2011)

### **3.9.3.3 Agricultura de Conservación (AC)**

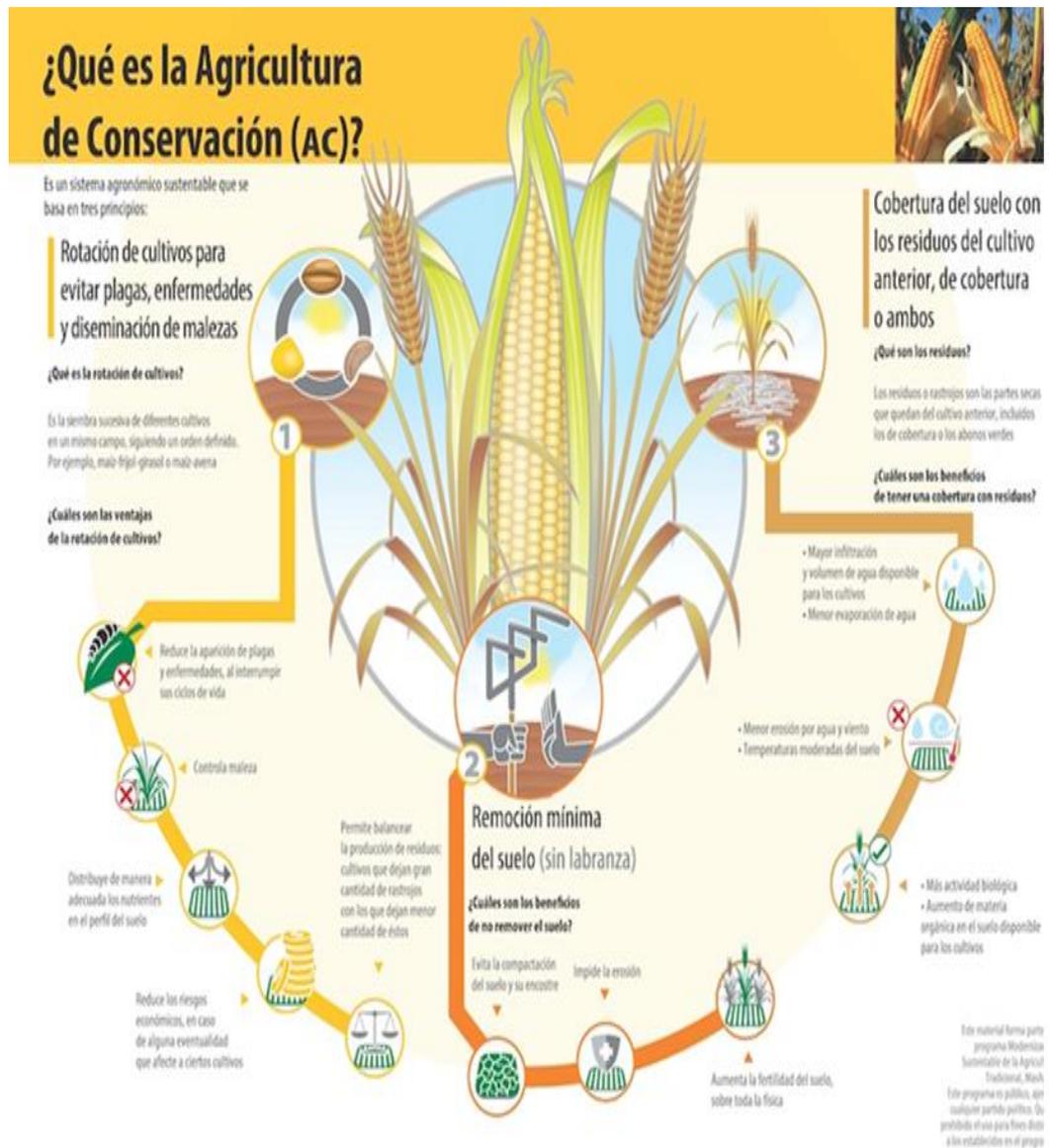
La AC es una práctica agrícola sostenible y rentable que busca la protección del medio ambiente, como también brindar un soporte a los agricultores en la reducción de costos de producción y mano de obra a través de sus tres principios:

- Reducir al mínimo el movimiento del suelo (sin labranza).
- Dejar el rastrojo del cultivo anterior en la superficie del terreno para que forme una capa protectora.
- Practicar la siembra de diferentes cultivos, uno después de otro, o sea, la rotación de cultivos. (Alvarado, 2011)

#### **3.9.3.4 Beneficios inmediatos**

- Disminuye costos de combustible.
- Mejora la textura y la estructura del terreno.
- Favorece la infiltración del agua.
- Se reduce el escurrimiento superficial de agua y la erosión del suelo.
- Se evapora menos humedad.
- Se necesitan menos pasadas de tractor y mano de obra para preparar el terreno Mediano y largo plazo
- Aumenta la cantidad de Material Orgánica (MO) que mejora la estructura del suelo.
- Rendimientos más altos y estables. (Ortiz, 2008)

**Figura 3.** ¿Qué es la Agricultura de Conservación?



**Fuente:** Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

## IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en:

**Tabla 5.** Ubicación del experimento

Provincia	Bolívar
Cantón:	San Miguel
Parroquia:	San Miguel
Localidad	Quisacoto

#### 4.1.2 Situación geográfica y climática:

**Tabla 6.** Situación geográfica y climática:

Altitud:	2246 msnm
Latitud:	01° 48' 16" S
Longitud:	79° 0' 50" W
Temperatura Media anual:	17.5 °C
Temperatura máxima:	24 °C
Temperatura Mínima:	9 °C
Precipitación media anual:	1700 mm.
Heliofania media anual:	800/horas/luz/año

**Fuente:** Centro de Salud Quisacoto. GPS IN SITU.2016.

### **4.1.3 Zona de vida**

La zona de vida, según la clasificación bioclimática de Holdridge, citada por cañadas L; 1983 el sitio experimental se encuentra ubicado en el bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

### **4.1.4 Material experimental**

Semilla certificada de maíz variedad INIAP-111 Guagal Mejorado y semilla seleccionada del maíz Guagal Común. Urea al 46% como fuente para el Nitrógeno (N).

### **4.1.5 Materiales de campo**

Azadones

Rastrillos

Libreta de campo

Piola

Estacas

Flexómetro

Letreros

Calibrador de Vernier

Balanza de reloj

Cámara fotográfica

Bomba de mochila

Insecticidas: Acefato y Clorpirifos.

Herbicidas: Glifosato, Atrazina; 2,4-D Amina y Accent (Nico Sulfuron).

### **4.1.6 Materiales de oficina**

- Computadora
- Calculadora

- Hojas de papel boom
- Lápiz
- Reglas
- GPS
- Libreta de campo
- CD's
- Flash memory
- Impresora
- Bibliografía, etc.

## **4.2 Métodos**

### **4.2.1 Factores en estudio:**

#### **Factor A: Labranzas con tres tipos:**

- **A1:** Labranza Convencional (LC)
- **A2:** Labranza Reducida (LR)
- **A3:** Labranza Cero (LCe)

#### **Factor B: Variedades de Maíz.**

- **B1:** Variedad local Guagal Común.
- **B2:** INIAP 111 Guagal Mejorado.
- **Factor C: Nitrógeno con tres dosis en Kg/Ha.**
- **C1:** 0
- **C2:** 40
- **C3:** 80

### **4.2.2 Tratamientos**

Combinación de los factores: Tipos de labranza por variedades y por dosis de N (AxBxC) (3x2x3) según el siguiente detalle:

**Tabla 7.** Tipos de labranza por variedades

Tratamiento	Código	Descripción
T <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Labranza convencional con variedad local 0 kg N/ha
T <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Labranza convencional con variedad local con 40 kg N/ha
T <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	Labranza convencional con variedad local con 80 kg N/ha
T <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Labranza convencional con variedad INIAP 111 con 0 kg N/ha
T <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Labranza convencional con variedad INIAP 111 con 40 kg N/ha
T <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Labranza convencional con variedad INIAP 111 con 80 kg N/ha
T <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Labranza reducida con variedad local con 0 kg N/ha
T <sub>8</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Labranza reducida con variedad local con 40 kg N/ha
T <sub>9</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	Labranza reducida con variedad local con 80 kg N/ha
T <sub>10</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Labranza reducida con variedad INIAP 111 con 0 kg N/ha
T <sub>11</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Labranza reducida con variedad INIAP 111 con 40 kg N/ha
T <sub>12</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Labranza reducida con variedad INIAP 111 con 80 kg N/ha
T <sub>13</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Labranza cero con variedad local con 0 kg N/ha
T <sub>14</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Labranza cero con variedad local con 40 kg N/ha
T <sub>15</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	Labranza cero con variedad local con 80 kg N/ha
T <sub>16</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Labranza cero con variedad INIAP 111 con 0 kg N/ha
T <sub>17</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Labranza cero con variedad INIAP 111 con 40 kg N/ha
T <sub>18</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	Labranza cero con variedad INIAP 111 con 80 kg N/ha

**Fuente:** Investigación propia.

### 4.2.3 Procedimiento

Tipo de diseño: Bloques Completos al Azar (DBCA) Factorial en parcela Dividida.

Parcela principal o grande: Tipos de Labranza.

Subparcelas: Variedades por Dosis de N (BxC).

**Tabla 8.** Procedimiento

Número de localidades:	1
Número de tratamientos:	18
Número de repeticiones:	3
Número de parcelas grandes:	9
Número de subparcelas:	54
Área total de la parcela grande: 18 m x 27 m	486 m <sup>2</sup>
Área total de la subparcelas: 4.5 m x 18 m	81 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo sin caminos: 18 m x 27 m x 9	4374 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo con caminos: 60 m x 90 m	5580 m <sup>2</sup>
Número de surcos por parcela grande:	31
Número de surcos por subparcela:	5

**Fuente:** Investigación propia

### 4.2.4 Tipo de análisis

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

**Tabla 9.** Análisis de varianza (ADEVA).

Fuentes de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L)	C M E*
Bloques (r-1)	2	$f^2 e_2 + 6f^2 e_1 + 18 f^2 \text{bloques}$
Factor A (a-1)	2	$f^2 e_2 + 6f^2 e_1 + 18 \Theta^2 A$
Error Exp.1: (r-1)(a-1)	4	$f^2 e_2 + 6f^2 e_1$
Factor B (b-1)	1	$f^2 e_2 + 27 \Theta^2 B$
Factor C (c-1)	2	$f^2 e_2 + 18 \Theta^2 C$
AxB	2	$f^2 e_2 + 9 \Theta^2 AxB$
AxC	4	$f^2 e_2 + 6 \Theta^2 AxC$
BxC	2	$f^2 e_2 + 9 \Theta^2 BxC$
AxBxC	4	$f^2 e_2 + 3 \Theta^2 AxBxC$
E. Exp.2: a (bxc-1) (r-1)	30	$f^2 e_2$
TOTAL (axbxcxr)-1	53	

**Fuente:** Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A e interacciones cuando el Fisher sea significativo (Fisher Protegido).
  - Análisis de Efecto principal para el factor B (variedades).
  - Tendencias polinomiales para el factor (dosis de Nitrógeno).
  - Análisis de correlación y regresión lineal.
  - Análisis Económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno
- 4.3. Métodos de evaluación y datos tomados

#### 4.3.1 Porcentaje de emergencia (PE)

Esta variable se determinó en cada parcela dividiendo el número de plantas emergidas para el número de semillas sembradas y se multiplicó por cien en un período de tiempo entre los 10 y 15 días después de la siembra.

#### **4.3.2 Días a la floración masculina (DFM)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presenten flores masculinas.

#### **4.3.3 Días a la floración femenina (DFF)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presenten flores femeninas.

#### **4.3.4 Altura de planta (AP)**

La altura de planta se midió en centímetros con la ayuda de un Flexómetro, en el momento de la floración femenina en una muestra al azar de 20 plantas de la parcela neta. La altura de planta se midió desde la raíz coronaria (nivel del suelo), hasta la inflorescencia masculina.

#### **4.3.5 Altura de inserción de la mazorca (AIM)**

Esta variable se midió en centímetros utilizando un flexómetro desde la base de la planta hasta el nudo en donde se encuentra la inserción de la mazorca principal, en 20 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

#### **4.3.6 Días a la cosecha en choclo (DCCH)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cultivo esté la fase R8 (choclo).

#### **4.3.7 Daño de la mazorca (DM).**

Esta variable se evaluó en la cosecha en choclo y se calificó el daño causado por (*Heliothis zea*) y (*Euxesta eluta*), utilizando la escala de 1 a 5, según el siguiente detalle:

**Tabla 10.** Daño de la mazorca

Significado	Valor	Porcentaje de granos infestados	Valor medio en porcentaje
Sin daño	1	0	0
Infestación débil	2	1-oct	5.5
Infestación ligera	3	nov-25	18
Infestación moderada	4	26-60	43
Infestación severa	5	61-100	80.5

**Fuente:** Informe Anual Programa Global de Agricultura de Conservación

Con las calificaciones de las mazorcas se calculó un promedio ponderado.

$$\text{Promedio ponderado (\%)} = (X_1Y_1+X_2Y_2+\dots\dots\dots X_{10}Y_{10})/T$$

Dónde:

X= Número de mazorcas.

Y= Valor medio correspondiente a la escala.

T= Número total de mazorcas. (CIMMYT. 2002)

#### **4.3.8 Rendimiento de choclo en Kg/ha (RHCH)**

Se contaron el número de choclos de cada clase, en base a la Norma INEN que establece tres categorías: pequeños (III), medianos (II) y grande (I). Luego se expresaron en sacos por hectárea, para lo cual se tomaron como referencia que un saco contiene 100 choclos de la clase I; 130 choclos de la clase II y 160 choclos de la clase III. Para determinar el rendimiento en kg/ha, se pesaron los sacos de cada categoría en una balanza en kg/parcela y se aplicó la siguiente relación matemática:

- **R** = PCP x 10.000 m<sup>2</sup>/ANC (m<sup>2</sup>); donde:
- **R** = rendimiento de maíz en choclo en kg/ha.
- **PCP** = Peso de Campo por Parcela en Kg.
- **ANC** = Área Neta Cosechada en m<sup>2</sup>.

#### **4.3.9 Porcentaje de acame de raíz (AR)**

Se consideró el total de plantas que presenten una inclinación de 45°, con respecto de la vertical. Esta variable se evaluó en el momento de la cosecha en choclo y en seco y los resultados se expresaron en porcentaje.

#### **4.3.10 Porcentaje de acame del tallo (AT)**

Se consideró el total de plantas que presentaron el tallo quebrado bajo la inserción de la mazorca superior. Esta variable se evaluó en el momento de la cosecha en choclo y en seco y los resultados se expresaron en porcentaje.

#### **4.3.11 Número de plantas por parcela (NPP)**

Para determinar esta variable se contaron el número total de plantas de cada parcela neta al momento de la cosecha en choclo y en seco.

#### **4.3.12 Número de plantas con mazorca (NPCM)**

Se evaluó en la cosecha en choclo y en seco, contando el número de plantas con mazorcas por parcela neta.

#### **4.3.13 Número de plantas sin mazorca (NPSM)**

Se determinó en la cosecha en choclo y en seco contando el número de plantas sin mazorcas en toda la parcela neta.

#### **4.3.14 Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM)**

Se registró en la cosecha en choclo y en seco contabilizando el número de plantas que presentaron dos mazorcas en cada parcela neta.

#### **4.3.15 Longitud de mazorca (LM)**

La longitud de mazorca se midió en cm con un flexómetro desde la base hasta el ápice terminal en 20 mazorcas tomadas al azar de cada parcela neta en el momento de la cosecha en choclo y en madurez fisiológica.

#### **4.3.16 Diámetro de la mazorca (DM)**

Se midió con un calibrador de Vernier en cm en la parte central de 20 mazorcas tomadas al azar en choclo y en seco.

#### **4.3.17 Número de hileras por mazorca (NHM)**

Se registró mediante un conteo directo en 20 mazorcas tomadas al azar en cada parcela neta en el momento de la cosecha en choclo y en seco.

#### **4.3.18 Número de granos por hilera (NGH)**

Para calcular esta variable se contaron el número de granos que tiene una hilera de una muestra de 20 mazorcas tomadas al azar de cada parcela neta en la cosecha en chocho y en seco.

#### **4.3.19 Número de granos por mazorca (NGM)**

En el momento de la cosecha en choclo y en seco, se contaron el número de granos de 20 mazorcas tomadas al azar en cada parcela neta.

#### **4.3.20 Días a la cosecha en seco (DCS)**

Se registró los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica (base del embrión del grano color café oscuro).

#### **4.3.21 Contenido de humedad del grano (CHG)**

Este indicador se midió con un determinador portátil de humedad una muestra de cada unidad experimental en el momento de la cosecha en seco, y se expresó en porcentaje.

#### **4.3.22 Rendimiento en Kg/parcela (RP)**

Una vez cosechado el cultivo en seco de cada unidad experimental, se pesaron las mazorcas en una balanza de reloj en Kg/parcela.

#### 4.3.23 Porcentaje de desgrane.

Este descriptor se evaluó después de la cosecha en seco, para lo cual se tomaron muestras de cinco mazorcas de cada unidad experimental (Peso 1), luego se procedió a desgranar las mazorcas y se pesó el grano (Peso 2). El porcentaje de desgrane se calculó con la siguiente fórmula:  $\%D = P2/P1 \times 100$ .

#### 4.3.24 Rendimiento en Kg/Ha. (RH).

El rendimiento en Kg/ha, al 13 % de humedad se estimó aplicando la siguiente relación matemática:

$$R = PCP \times \frac{10.000 \frac{m^2}{ha}}{ANC \frac{m^2}{1}} \times \frac{100-HC}{100-HE} \times D; \text{ dónde:}$$

- **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 en %.
- **HE** = Humedad Estándar 13%.
- **D** = Porcentaje de desgrane. (Monar C. , 2013)

#### 4.3.25 Sanidad de mazorcas (SM)

Se evaluó la SM, mediante la pudrición de las mazorcas causadas por: (*Fusarium graminearum*); (*Phylospora zae*) y (*Botryodiplodia theobromae*), en el momento de la cosecha en seco mediante la escala propuesta por el CIMMYT. 2008; en donde de 1 a 3: resistente; de 4 a 6: Intermedia y de 7 a 9: Susceptible.

#### **4.3.26 Peso de cien granos secos (PCGS)**

Esta variable se evaluó tomando una muestra de 100 granos secos al 13% de humedad de cada unidad experimental y se pesó en una balanza de precisión.

#### **4.3.27 Número de granos por Kg. (NGKg)**

Una vez que el grano estuvo limpio y seco al 13% de humedad, se tomó una muestra de un kg de cada unidad experimental en una balanza de precisión y se contabilizó el número de granos por Kg.

#### **4.3.28 Análisis Económico de Presupuesto (AEPP) Parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR%) de los Tratamientos.**

Para el AEPP y Tasa Marginal de Retorno, se utilizó la metodología de Perrin et. al. 2002, que incluyen únicamente los costos que varían por cada tratamiento, siendo en este estudio los tipos de labranza, herbicidas, dosis de nitrógeno y la mano de obra.

### **4.4 Manejo del experimento**

#### **4.4.1 Análisis de suelo**

Para la localidad en estudio, se tomaron las muestras de suelo antes del ensayo y al final a una profundidad de 0 a 30 cm, mismas que fueron enviadas al Laboratorio de la ESPOCH y al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina.

#### **4.4.2 Preparación del terreno**

Quince días antes de la siembra, se aplicó en el lote experimental el herbicida Glifosato en una dosis de 2.5 L/ha con una bomba de mochila y una boquilla de 2 m de luz. Previo a la siembra la preparación del terreno en la Labranza Convencional se realizó manualmente con la ayuda de azadones el barbecho, cruza y surcado.

En la Labranza reducida, se hizo únicamente los surcos con la ayuda de un azadón a 30 cm de profundidad.

En la Labranza Cero, se realizó solamente los hoyos con un azadón pequeño en el momento de la siembra.

#### **4.4.2.1 Surcado**

En la labranza convencional y labranza reducida, se realizaron los surcos con bueyes a una profundidad de 30 cm y una distancia entre surcos de 90 cm. En la Labranza Cero, se hizo únicamente los hoyos a una profundidad de 20 cm.

#### **4.4.2.2 Siembra**

La siembra se hizo manualmente colocando tres semillas a una distancia de 50 cm entre plantas, luego se realizó un raleo a los 20 días después de la siembra dejando dos plantas por sitio.

#### **4.4.2.3 Fertilización**

La fertilización del N como fuente la urea, se realizó fraccionada en tres aplicaciones: 30; 60 y 90 días después de la siembra. El N, se aplicó por sitio específico en las dosis establecidas de: 0; 40; 80 kg/ha y se tapó con una capa de suelo en capacidad de campo.

#### **4.4.2.4 Control de malezas**

El control de malezas, se realizó utilizando el herbicida selectivo Atrazina en dosis de 2 kg/ha a los 15 días después de la siembra. Posteriormente se aplicó el herbicida 2, 4 D Amina en dosis de 2 L/ha cuando el cultivo tuvo seis hojas verdaderas.

#### **4.4.2.5 Labores culturales**

En las parcelas de labranza convencional, se hicieron las labores complementarias de rascadillo y aporque a los 30 y 60 días después de la siembra con azadones. En las parcelas de labranza reducida y labranza cero, se complementó el control de malezas con el herbicida 2,4-D Amina para hoja ancha y para gramíneas Paraquat con pantalla en dosis de 2 l/ha.

#### **4.4.2.6 Riego**

El ensayo se realizó en la época de invierno (de temporal) y además en la zona, no hay disponibilidad de riego.

#### **4.4.2.7 Control de insectos plaga**

Para el control de insectos plaga como (*Agrotis sp*), (*Spodoptera frugiperda*); (*Heliothis zea*) y (*Euxesta eluta*), se aplicó los insecticidas como: Acefato en dosis de 40 g/20 L de agua y Clorpirifos en dosis de 30 cc/20 L de agua en las etapas de plántula, elongación del tallo y en floración femenina.

#### **4.4.2.8 Cosecha en choclo y en seco.**

Cuando el cultivo estuvo en la etapa R8 (Estado lechoso) y R9 (Madurez Fisiológica), se realizó la cosecha en forma manual y clasificación del choclo en tres categorías: choclo de primera (I); choclo de segunda (II) y choclo de tercera (III). (INIAP, 2009)

Después de la cosecha en seco, se realizó el desgrane, secado y aventado en forma manual.

#### **4.4.2.9 Almacenamiento.**

Cuando el grano estuvo limpio y seco al 13% de humedad, se colocó en tachos herméticos de plástico para proteger de los gorgojos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Variables Agronómicas.

**Tabla No. 11.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Tipos de Labranza) en las variables:

Porcentaje de Emergencia (PE); Altura de Planta (AP); 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 (DCCCH); Acame de Raíz (AR); Acame de Tallo (AT); Número Total de Plantas Por Parcela (NTPP); Número de Plantas Con Mazorca (NPCM); Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM); Número de Plantas Con Dos Mazorcas (NPCDM); Longitud de la Mazorca (LM); Diámetro de la Mazorca (DM); Número de Hileras por Mazorca (NHM); Número de Granos por Hilera (NGH); Número de Granos por Mazorca (NGM); Días a la Cosecha en Seco (DCS); Desgrane (D); Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH); Rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad (RH); Sanidad de la Mazorca en Choclo (SMCH); Sanidad de Mazorca en Seco (SMS); Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y Número de Semillas por Kilogramo (NSGK). (MAGAP, 2013)

**Tabla 11.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Tipos de Labranza) en las variables:

Variables	Factor A: Tipos de Labranza			Media General	Coeficiente de Variación (CV %)
	A1: Convencional	A2: Reducida	A3: Cero		
(PE) (NS)	97.94 A	97.56 A	98.06 A	97.85%	1.49
(AP) (*)	283.94 A	272.78 AB	264.00 B	273.57 Cm	3.86
(DFM) (NS)	119.06 A	118.67 A	118.72 A	118.81 Días	0.41
(DFF) (NS)	132.78 A	132.50 A	132.67 A	132.65 Días	0.43
(AIM) (NS)	180.39 A	169.61 A	159.78 A	169.93 C m	4.40
(DCCH) (NS)	166.50 A	166.50 A	166.61 A	166.54 Días	0.21
(AR) (NS)	2.15 B	6.78 B	2.01 B	3.65%	47.63
(AT) (NS)	3.68 A	8.40 A	3.26	5.12%	41.81
(NTPP) (NS)	361.72 A	360.06 A	361.89 A	361.22 Plantas	1.38
(NPCM) (*)	261.44 A	231.94 B	261.61 A	252 Plantas	8.56
(NPSM) (*)	99.17 B	127.56 A	99.56 AB	109 Plantas	18.67
(NPCDM) (NS)	1.11 A	0.56 A	0.72 A	1 Planta	105.07
(LM) (NS)	14.32 A	14.52 A	14.33 A	14.39 Cm	4.20
(DM) (NS)	5.20 A	5.21 A	5.04 A	5.15 Cm	4.89
(NHPM) (NS)	10.11 A	9.78 A	10.61*	10.17 Hileras	7.33
(NGH) (NS)	24.72 A	23.61 A	24.61 A	24.32 Granos	7.43
(NGM) (NS)	226 A	233 A	218 A	225.57 Granos	9.17
(DCS) (NS)	227.61 A	227.50 A	227.61 A	227.54 Días	0.15
(D) (NS)	0.87 A	0.88 A	0.88 A	87.63%	2.32
(RCHH) (**)	7443.10 A	7301.60 A	6635.70 B	7126.80 kg/ha	1.92
(RH) (*)	2111.90 A	2000.40 AB	1839.10 B	1983.80 kg/ha	8.70
(SMCH) (NS)	1.67 A	1.61 A	1.61 A	1.63 %	42.58
(SMS) (NS)	3.00 A	2.83 A	3.06 A	2.96 %	24.56
(PCGS) (NS)	61.86 A	63.13 A	63.07 A	62.69 g	3.40
(NSPK) (NS)	1629 A	1598 A	1599 A	1609 Semillas	3.44

NS = No Significativo.\* Significativo al 5%. \*\* Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.Factor A:Tipos de Labranza

La respuesta de los tipos de labranza en cuanto a las variables: Porcentaje de Emergencia (PE); Días a Floración Masculina (DFM); Días a Floración Femenina (DFF); Altura de Inserción de la Mazorca (AIM); Días a la Cosecha de Choclo (DCCH); Acame de Raíz (AR); Acame de Tallo (AT); Número Total de Plantas por Parcela (NTPP); Número de Plantas Con Dos Mazorcas (NPCDM); Longitud de la Mazorca (LM); Diámetro de la Mazorca (DM); Número de Hileras Por Mazorca (NHPM); Número de Granos por Hilera (NGH); Número de Granos por Mazorca (NGM); Días a la Cosecha en Seco (DCS); Porcentaje de Desgrane (D); Sanidad de Mazorca en Choclo (SMCH); Sanidad de Mazorca en Seco (SMS); Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y el Número de Semillas Por Kilogramo (NSPK), fueron similares (NS); es decir los tipos de labranza no incidieron en estos componentes del rendimiento (Tabla No. 11), lo que permite inferir que son descriptores morfoagronómicos y varietales.

Se determinó un efecto diferente de los tipos de Labranza únicamente en las variables Altura de Planta (AP); Número de Plantas Con Mazorca (NPCM); Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM); Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH) y el rendimiento del maíz al 13% de humedad en kg/ha (RH) (Tabla No. 11).

El promedio más elevado de AP, se presentó en A1: Labranza Convencional con 283.94 Cm y el menor en A3: Labranza Cero con 264.00 Cm (Tabla No. 11). Esta diferencia pudo darse quizá por el laboreo en la preparación del suelo: arado, rastrado y surcado con Yunta, por lo tanto, el sistema radicular tuvo inicialmente un mayor crecimiento y por lo tanto se relacionó con plantas más altas. Las labranzas de conservación en primera instancia para que haya efectos positivos sobre los componentes del rendimiento, son a mediano plazo, y una vez que se mejoran las característica físicas, químicas y biológicas del suelo (Monar C. , 2015). En esta localidad las condiciones climáticas en cuanto a la humedad fueron normales.

En la etapa de cosecha en seco, se registraron en promedio general 252 plantas por parcela con mazorcas y 109 plantas sin mazorcas, lo que equivale al 43%. Quizá

esto se debió a las condiciones climáticas de extrema humedad en esta zona agroecológica, con una presencia continua de neblina y más del 85% de humedad relativa. Cabe resaltar que no fueron patógenos ni insectos de la mazorca lo que incidieron en este porcentaje alto de plantas sin mazorcas, fue más bien de tipo ambiental teniendo una relación directa con el Cambio Climático (CC), que para esta zona se presentó con exceso en la cantidad y distribución de la precipitación.

La luz solar y la temperatura tienen una relación directa con la cantidad, calidad y viabilidad del polen y la fecundación (Morales, 2009)

Para las variables rendimiento de maíz en choclo y en seco, los tipos de labranza tuvieron un efecto muy diferente (Tabla No. 11 y Figura No. 4). Los promedios más elevados se calcularon en A1: Labranza Convencional con 7443 kg/ha de choclo y 2112 kg/ha de maíz seco al 13% de humedad. Estadísticamente los promedios de las labranzas A1 y A2, son similares y el promedio menor se determinó en A3: Labranza Cero (Tabla No. 11 y Figura No. 4). Estos resultados en un proceso de Agricultura de Conservación, son normales por cuanto en la preparación del suelo la capa superior es enterrada aproximadamente a 30 cm lo cual le da mejores condiciones iniciales del contenido de materia orgánica y los demás nutrientes. En la labranza reducida y en la labranza cero, que se conservan los restos vegetales, los microorganismos toman el nitrógeno para los procesos de descomposición de la celulosa y es conocido como “Hambre por el Nitrógeno”, lo cual afecta la disponibilidad de este nutriente y se esperan rendimientos promedios menores (Delgado, 2002) y (Monar C. , 2015)

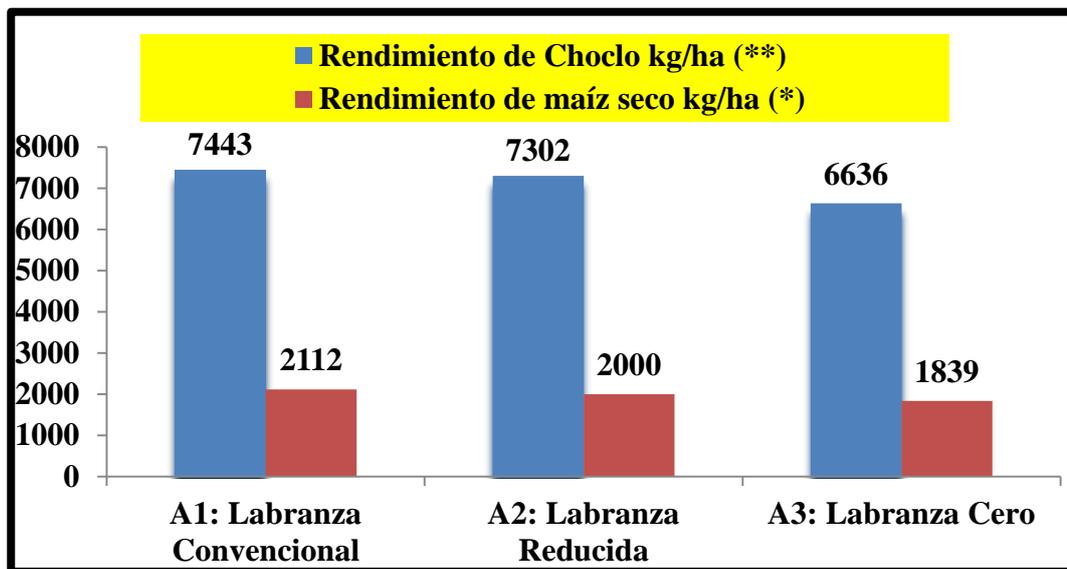
En general los rendimientos promedios presentados en este ensayo, son inferiores a los reportados por otros autores como (INIAP, 2009); (Monar C. , 2016) y (Ruiz, 2009) y se explica también por el 43% de plantas que no presentaron mazorcas.

**Tabla 12.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B

Variables	FB: Variedades de Maiz		Efecto Principal (B1 – B2)
	B1: Guagal Local	B2: INIAP 111	
(PE) (NS)	98.19 A	97.52 A	0.67 %
(AP) (**)	293.63 A	253.52 B	40.11 Cm
(DFM) (**)	121.85 A	115.78 B	6.07 Días
(DFE) (**)	135.67 A	129.63 B	6.04 Días
(AIM) (**)	189.77 A	150.09 B	39.68 Cm
(DCCH) (**)	170.11 A	162.96 B	7.15 Días
(AR) (NS)	3.78 A	3.52 A	0.26 %
(AT) (NS)	5.27 A	4.97 A	0.30 %
(NTPP) (*)	362.81 A	359.63 B	3.18 Plantas
(NPCM) (NS)	255.74 A	247.59 A	8.15 Plantas
(NPSM) (NS)	106.26 A	111.26 A	- 5.00 Plantas
(NPCDM) (NS)	1.00 A	1.00 A	0.00 Plantas
(LM) (NS)	14.25 A	14.53 A	- 0.28 Cm
(DM) (**)	5.26 A	5.05 B	0.21 Cm
(NHPM) (NS)	9.96 A	10.37 A	- 0.41 Hileras
(NGH) (*)	23.74 B	24.89 A	- 1.15 Granos
(NGM) (**)	213 B	238	-25.00 Granos
(DCS) (**)	231.11 A	223.96 B	7.15 Días
(D) (NS)	0.88 A	0.88 A	0.00
(RCHH) (**)	7261.30 A	6992.30 B	269.00 Kg/ha
(RH) (**)	2291.20 A	1676.40 B	614.80 kg/Ha
(SMCH) (NS)	1.52 A	1.74 A	-0.22 %
(SMS) (**)	2.07 B	3.85 A	- 1.78 %
(PCGS) (**)	66.83 A	58.55 B	8.28 g
(NSPK) (**)	1505 B	1713 A	-208 Granos

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

**Figura 4.** Rendimientos promedios de maíz en choclo y en seco en kg/ha.



Porcentaje de Emergencia (PE); Altura de Planta (AP); 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); Acame de Raíz (AR); Acame de Tallo (AT); Número Total de Plantas Por Parcela (NTPP); Número de Plantas Con Mazorca (NPCM); Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM); Número de Plantas Con Dos Mazorcas (NPCDM); Longitud de la Mazorca (LM); Diámetro de la Mazorca (DM); Número de Hileras por Mazorca (NHM); Número de Granos por Hilera (NGH); Número de Granos por Mazorca (NGM); Días a la Cosecha en Seco (DCS); Desgrane (D); Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH); Rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad (RH); Sanidad de la Mazorca en Choclo (SMCH); Sanidad de Mazorca en Seco (SMS); Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y Número de Semillas por Kilogramo (NSGK). (Changoluisa, 2013)

#### **Factor B: Variedades De Maíz Suave.**

La respuesta de las dos variedades de maíz suave evaluadas en este experimento en cuanto a las variables: Porcentaje de Emergencia (PE); Acame de Raíz (AR); Acame de Tallo (AT); Número de Plantas Con Mazorca (NPCM); Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM); Número de Plantas Con Dos Mazorcas (NPCDM); Longitud de Mazorcas (LM); Número de Hileras Por Mazorca (NHPM); Porcentaje

de Desgrane (D); y la Sanidad de Mazorcas en Choclo (SMCH), fueron estadísticamente igual; es decir no hubo un efecto significativo o diferente de las dos variedades en estudio: B1: Maíz local Guagal Tusa Roja y B2: INIAP 111 Guagal Mejorado Tusa Roja (Tabla No. 12).

Como efecto inverso, sí se presentaron diferencias significativas por efecto de las dos variedades en los componentes agronómicos: Altura de Planta (AP); 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); Número Total de Plantas Por Parcela (NTPP); Diámetro de la Mazorca (DM); Número de Granos Por Hilera (NGH); Número de Granos Por Mazorca (NGM); Días a la Cosecha en Seco (DCS); Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH); Rendimiento de Maíz en seco al 13% de humedad en kg/ha (RH); Sanidad de la Mazorca en Seco (SMS); Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y en el Número de Semillas Por Kilogramo (NSPK) (Tabla No. 12).

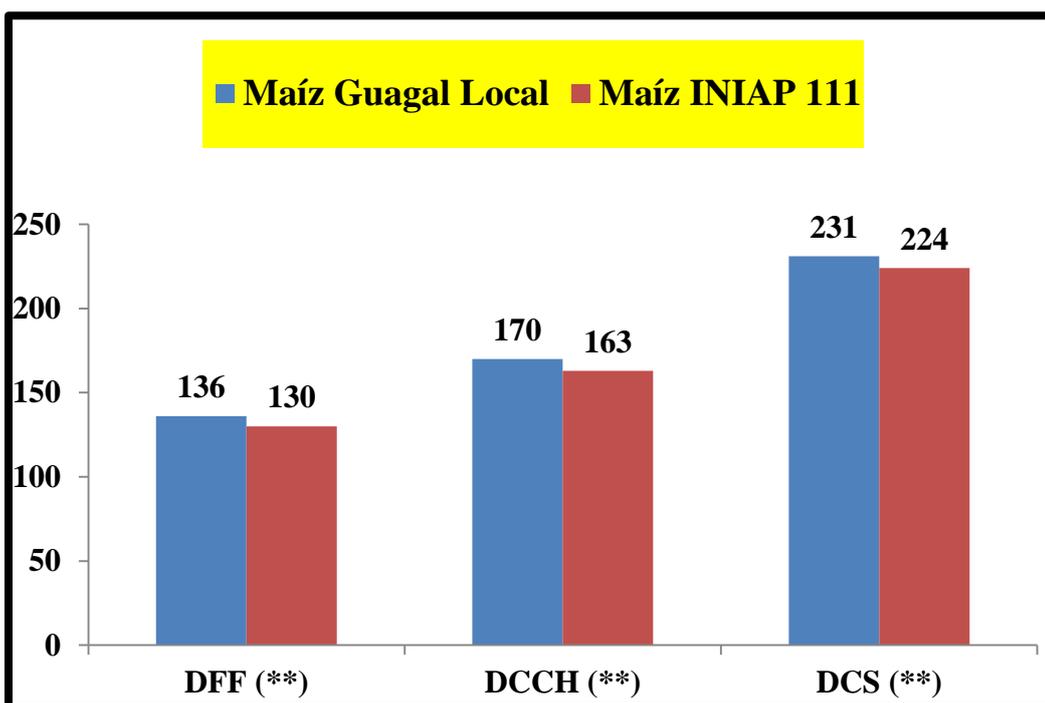
Estas diferencias pudieron darse por cuanto estos componentes agronómicos son varietales y además hay una fuerte interacción genotipo ambiente.

Para los componentes Altura de Planta (AP) y Altura de Inserción de la Mazorca (AIM), el promedio superior presentó la variedad B1: Guagal local con 293.63 y 189.77 cm respectivamente, lo que en promedio general significó 40 cm más en comparación a la variedad INIAP 111 (Tabla No. 12). Esta diferencia pudo darse por las características varietales y su interacción genotipo ambiente. Generalmente los Ecotipos criollos de maíz Raza Guagales presentan mayor AP y AIM en comparación a las variedades mejoradas. Efectivamente en la variedad INIAP 111 el mejoramiento participativo se enfocó a reducir sobre todo la AIM. Estos resultados para los componentes AP y AIM, son similares a los reportados por varios autores como (INIAP, 2009), (Serratos, 2012) y (Changoluisa, 2013)

Para los indicadores del ciclo de cultivo relacionados a Días a floración Femenina (DFF), Días a la Cosecha en Choclo (DCCH) y Días a la Cosecha en Seco (DC) , los promedios más tardíos fueron para la variedad local Maíz Guagal con 136 días; 170 días y 231 días respectivamente (Tabla No. 12 y Figura No. 5).

En promedio general INIAP 111 fue más precoz con siete días. El ciclo de cultivo está dado por las características varietales y su interacción genotipo ambiente. Para zonas con deficiencias de lluvias, debido al Cambio Climático, es vital generar o validar cultivares más precoces.

**Figura 5.** Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Días a Floración Femenina (DFF)



**Nota** Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Días a Floración Femenina (DFF); Días a la Cosecha en Choclo (DCCH) y Días a la Cosecha en Seco (DCS). (Suquilanda, 1996)

En promedio general la variedad Local presentó tres plantas más por parcela (Tabla No. 12).

Para Diámetro de la Mazorca la variedad local registró 5.26 cm es decir con 0.21 cm más en comparación a INIAP 111. Sin embargo, para Longitud de la Mazorca (LM), INIAP 111 tuvo un promedio de 14.53 cm con un efecto de 0.28 cm más que la variedad local (Tabla No. 12). Estos componentes agronómicos son varietales y dependen además de la interacción genotipo ambiente. Generalmente mazorcas más largas, presentan un menor diámetro.

Para los componentes Número de Granos por Hilera (NGH) y Número de Granos por Mazorca (NGM), el cultivar INIAP 111, registró los promedios más altos con 25 y 238 granos respectivamente (Tabla No. 12). Estos componentes, están relacionados también con el número de hileras por mazorca, un mayor número de hileras por mazorca y granos por hilera, habrá más granos por mazorca. Estos indicadores, son características varietales y dependen de su interacción genotipo ambiente y particularmente de la nutrición equilibrada del cultivo y sanidad de las mazorcas.

Para los componentes más importantes como son el Rendimiento de Choclo (RCHH) y maíz seco al 13% por hectárea (RH), la variedad local presentó los promedios más elevados con 7261.30 kg/ha para choclo 2291.20 kg/ha en seco, lo que en promedio general significó 269 kg/ha más de choclo y 614.80 kg/ha más en seco en comparación a la variedad INIAP 111 (Tabla No. 12 y Figura No. 6).

El rendimiento en choclo y en seco, son atributos varietales y además incide significativamente la interacción genotipo ambiente, siendo muy importantes las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la sanidad de las plantas, las condiciones climáticas como la humedad, temperatura, humedad relativa, neblina, horas luz, calidad de la luz solar y entre otros. Los rendimientos de choclo y maíz en seco obtenidos en esta investigación, son muy inferiores a los reportados por (INIAP, 2009); (INIAP, 2003); (Monar & Agualongo, 2003); (Terán, 2010); (Monar C. , 2015).

Quizá en esta localidad de Quisacoto, los factores determinantes que incidieron en la baja producción, fueron las condiciones climáticas con excesiva humedad, alta humedad relativa, neblina, cantidad y calidad de la luz solar, mismos que incidieron en un 43% de plantas sin mazorcas.

En cuanto a la sanidad de las mazorcas en choclo, estuvieron con una incidencia baja en las dos variedades y para seco baja incidencia en el cultivar local y media para INIAP 111 (Tabla No. 12), lo que incidió principalmente en la cantidad y calidad del grano. Para estimar la incidencia de insectos plaga en las mazorcas y de

hongos se utilizó la escala propuesta por el CIMMY. 2002; donde 1 a 3: Baja incidencia; 4 a 6: Mediana incidencia y de 7 a 9: susceptible.

Para las variables Peso de Cien Granos Secos (PCGS) la variedad Local tuvo un promedio de 66.83 g con un efecto principal de 8.28 g más que INIAP 111 (Tabla No. 12). Sin embargo con una respuesta diferente, INIAP 111 registró una media general de 1713 granos/kg con un efecto principal de 208 granos más que el material local (Tabla No. 12). Esto significa que granos más pequeños de INIAP 111, mayor número de granos/kg. Estos componentes son atributos varietales y dependen de su interacción genotipo ambiente, principalmente relacionado a la sanidad, nutrición especialmente equilibrada del nitrógeno en la formación y llenado del grano, la temperatura, humedad y entre otros.

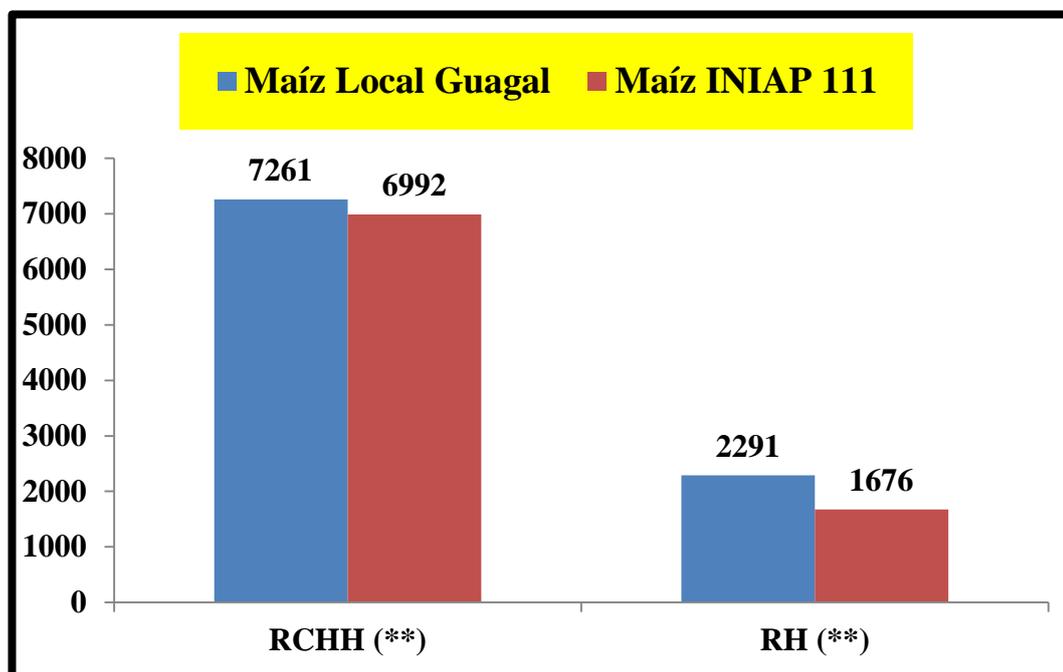
**Tabla No. 12.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% y Tendencias Polinomiales para comparar los promedios del factor C (Dosis de Nitrógeno) en las variables: Porcentaje de Emergencia (PE); Altura de Planta (AP); Días a la Floración Masculina (DFM); Días a la Floración Femenina (DFF); Altura de Inserción de la Mazorca (AIM); Días a la Cosecha en Choclo (DCCH); Acame de Raíz (AR); Acame de Tallo (AT); Número Total de Plantas Por Parcela (NTPP); Número de Plantas Con Mazorca (NPCM); Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM); Número de Plantas Con Dos Mazorcas (NPCDM); Longitud de la Mazorca (LM); Diámetro de la Mazorca (DM); Número de Hileras por Mazorca (NHM); Número de Granos por Hilera (NGH); Número de Granos por Mazorca (NGM); Días a la Cosecha en Seco (DCS); Desgrane (D); Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH); Rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad (RH); Sanidad de la Mazorca en Choclo (SMCH); Sanidad de Mazorca en Seco (SMS); Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y Número de Semillas por Kilogramo (NSGK). (Quishpe, 2010)

**Tabla 13.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% y Tendencias Polinomiales para comparar los promedios del factor C

Variables	FC: Dosis de Nitrógeno en kg/ha			Tendencia Polinomial	
	C1: 0	C2: 40	C3: 80	Lineal	Cuadrática
(PE) (NS)	97.94 A	97.78 A	97.83 A	NS	NS
(AP) (**)	260.67 C	275.67 B	284.39 A	**	NS
(DFM) (**)	120.44 A	118.50 B	117.50 C	**	**
(DFE) (**)	134.50 A	132.22 B	131.22 C	**	**
(AIM) (**)	159.82 C	171.09 B	178.87 A	**	NS
(DCCH) (**)	165.22 C	166.28 B	168.11 A	**	**
(AR) (**)	5.67 A	3.34 B	1.94 B	**	NS
(AT) (**)	8.02 A	4.68 B	2.65 C	**	NS
(NTPP) (NS)	360.44 A	361.61 A	361.61 A	NS	NS
(NPCM) (**)	214.11 B	267.67 A	273.22 A	**	**
(NPSM) (**)	146.00 A	92.78 B	87.50 B	**	**
(NPCDM) (*)	0.33 B	1.17 A	0.89 AB	NS	*
(LM) (**)	13.60 C	14.46 B	15.11 A	**	NS
(DM) (NS)	5.07 A	5.14 A	5.24 A	NS	NS
(NHPM) (NS)	9.94 A	10.17 A	10.39 A	NS	NS
(NGH) (**)	23.22 B	24.28 AB	25.44 A	**	NS
(NGM) (**)	214.33 B	222.78 AB	239.61 A	**	NS
(DCS) (**)	226.22 C	227.28 B	229.11 A	**	**
(D) (NS)	0.88 A	0.88 A	0.87 A	NS	NS
(RCHH) (**)	5730.60 C	7226.20 B	8423.60 A	**	**
(RH) (**)	1191.80 C	2238.60 B	2520.90 A	**	**
(SMCH) (*)	2.00 A	1.61 AB	1.28 B	**	NS
(SMS) (**)	3.44 A	2.89 AB	2.56 B	**	NS
(PCGS) (**)	59.03 C	61.97 B	67.07 C	**	NS
(NSPK) (**)	1703 A	1621 B	1503 C	**	NS

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

**Figura 6.** Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Rendimiento de Choclo en kg/ha



**Nota** Efecto de dos variedades de maíz suave sobre las variables Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH) y el Rendimiento de maíz seco al 13% de humedad en kg/ha (RH). (Alvarado, 2011)

### **Factor C: Dosis De Nitrógeno (N).**

La respuesta de las dosis de Nitrógeno (N) en cuanto a las variables: Porcentaje de Emergencia (PE), Número Total de Plantas Por Parcela (NTPP), Diámetro de la Mazorca (DM), Número de Hileras Por Mazorca (NHPM), y el Porcentaje de Desgrane (D), fueron similares; es decir no hubo un efecto significativo del Nitrógeno (N) en estos componentes (Tabla No. 13).

Sin embargo para las variables: Altura de Planta (AP), Días a Floración Masculina (DFM), Días a floración Femenina (DFF), Altura de Inserción de la Mazorca (AIM), Días a la Cosecha en Choclo (DCCH), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT), Número de Plantas con Mazorca (NPCM), Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM), Longitud de la Mazorca (LM), Número de Granos por Hilera (NGH), Número de Granos por Mazorca, Días a la Cosecha en Seco (DCS), Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH), Rendimiento de maíz en Seco al 13% de humedad en kg/ha (RH), Sanidad de las Mazorcas en Choclo (SMCH), Sanidad de las Mazorcas en Seco (SMS), Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y el

Número de Semillas Por Kilogramo (NSPK), fue muy diferente (Tabla No. 13). Esto quiere decir que el Nitrógeno (N) es fundamental en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Para las variables Altura de Plantas (AP) y Altura de Inserción de la Mazorca (AIM), se presentó una respuesta lineal del N; es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N), promedios más elevados de estas variables (Tabla No. 13).

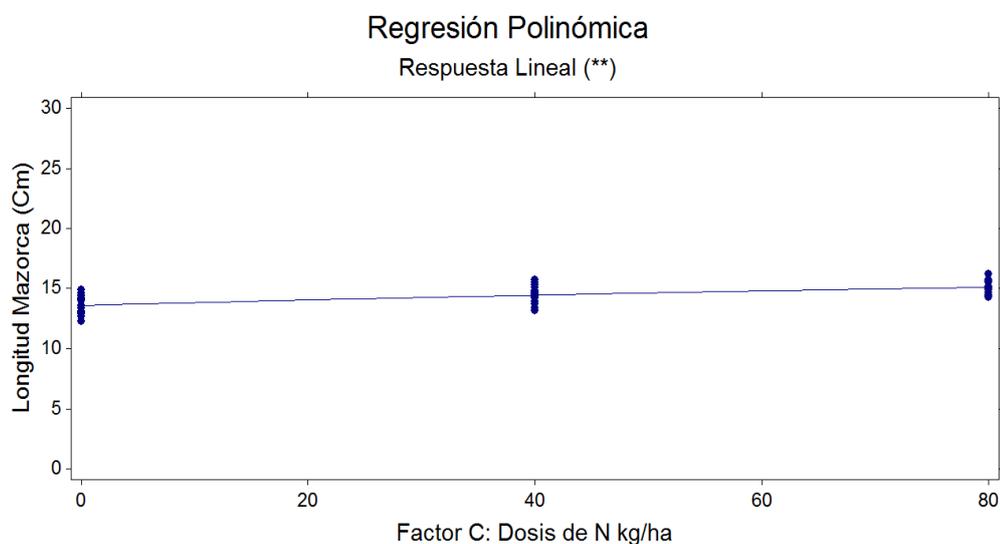
En relación al ciclo de cultivo expresado a través de los componentes Días a Floración Femenina (DFF), Días a la Cosecha en Choclo (DCCH) y Días a la Cosecha en Seco (DCS), se calculó una respuesta lineal y cuadrática del N (Tabla No. 13), esto quiere decir que se presentó una respuesta lineal, pero los cambios no fueron con la misma fuerza al pasar de 0 a 40 kg/ha de N y de 40 a 80 kg/ha, es decir hubo un punto de inflexión de la curva o respuesta. En general a mayor dosis de N, se incrementaron los días a la cosecha tanto en choclo como en seco.

Para las variables Acame de Raíz (AR) y Acame de Tallo (AT), se registró una respuesta lineal altamente significativa; es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N) menor acame (Tabla No. 13). Sin embargo, los valores promedios de AR y AT, son muy bajos y se conoce que las variedades criollas e INIAP 111 son resistentes al acame.

Para los componentes Número de Plantas Con Mazorca (NPCM) y Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM), se determinó una respuesta lineal y cuadrática altamente significativa (Tabla No. 13). A mayor dosis de Nitrógeno (N), se tuvieron más plantas con mazorca y como efecto inverso a menor dosis de Nitrógeno (N), mayor número de plantas sin mazorcas (Tabla No. 13).

La respuesta del Nitrógeno (N) para la variable Longitud de la Mazorca (LM), fue lineal y altamente significativa, es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N), mazorcas de mayor longitud (Tabla No. 13 y Figura No. 7). El Nitrógeno (N) es vital para la formación y desarrollo del fruto y los granos de maíz.

**Figura 7.** Respuesta del Nitrógeno (N) sobre la variable Longitud de la Mazorca en Cm.



Para los componentes Número de Granos Por Hilera (NGH) y Número de Granos Por Mazorca (NGM), se determinó una respuesta lineal del Nitrógeno (N), lo que significa que, a mayores dosis de Nitrógeno (N), se tuvieron en promedio valores más altos de granos por hilera y por ende granos por mazorca.

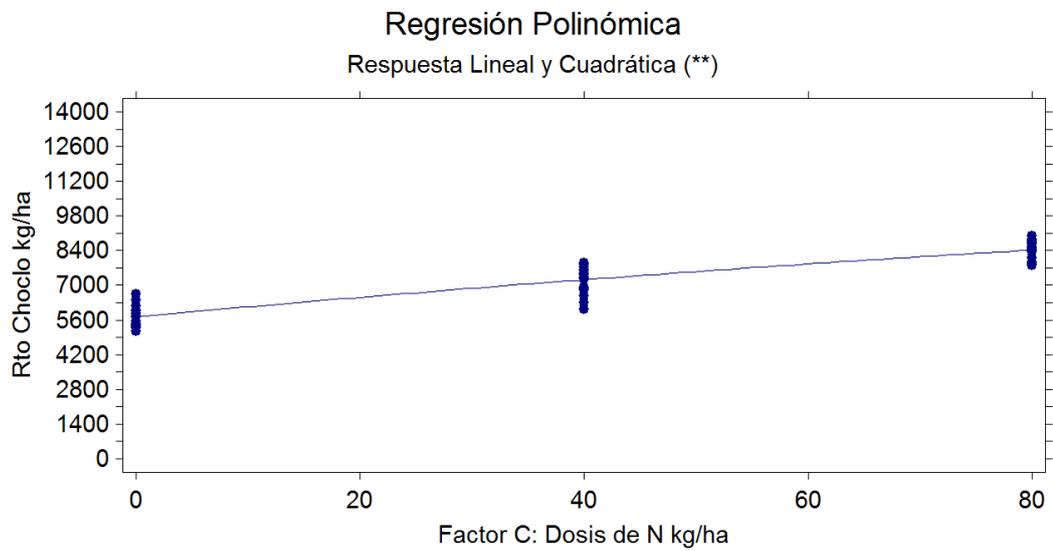
Existe una estrecha relación directa entre el NGH y el NGP. El N es fundamental para el llenado y el tamaño del grano. Por investigaciones científicas se ha determinado que el 10% de Nitrógeno (N) se encuentra en la tusa de la mazorca y el 60% en el grano. (Ruiz, 2009)

Para los componentes más importantes del maíz, se determinó una respuesta lineal y cuadrática altamente significativa para el rendimiento de choclo y de maíz seco al 13% de humedad (Tabla No. 13 y Figuras Nos. 8 y 9). Esto significa que, a mayor dosis de Nitrógeno (N), más rendimiento, pero hay un punto de inflexión en la respuesta o en la curva. El rendimiento promedio superior tanto en choclo como en maíz seco, se determinó en C3: 80 kg/ha de Nitrógeno (N), con 8423.60 kg/ha y 2520.90 kg/ha respectivamente.

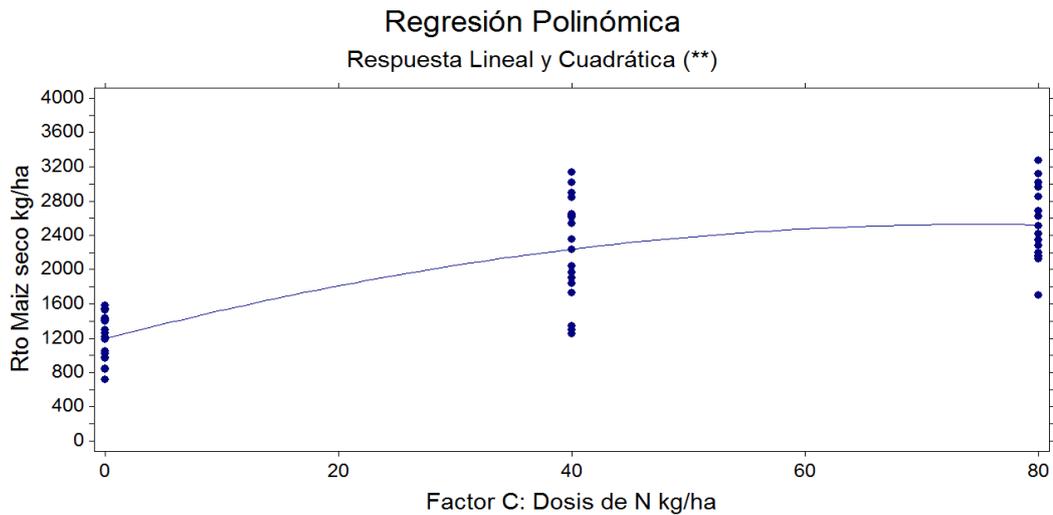
El rendimiento promedio y sobre todo de maíz en seco es relativamente bajo en comparación a otros autores que trabajaron con la variedad INIAP 111 y con el nivel de 80 kg/ha de N. Es claro que, en la localidad de este estudio, a más del

Nitrógeno (N), existieron otros factores determinantes como fueron la variedad, el exceso de humedad lo que pudo haber causado procesos de lixiviación del Nitrógeno (N), alta humedad relativa y neblina, cantidad y calidad de la luz solar deficiente y entre otros. Las enfermedades foliares se presentaron con una incidencia media baja, por lo tanto, no fueron determinantes.

**Figura 8.** Respuesta del Nitrógeno (N) sobre la variable Rendimiento de Choclo en kg/ha.



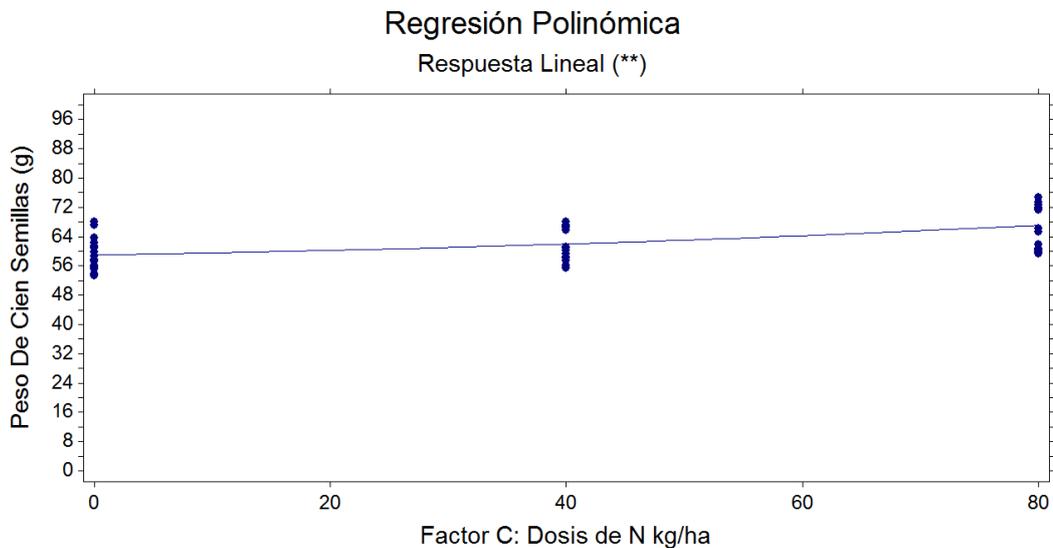
**Figura 9.** Respuesta del Nitrógeno (N) sobre la variable Rendimiento de maíz en seco al 13% de humedad en kg/ha.



Para los indicadores Sanidad de la Mazorca en Choclo (SMCH) y Sanidad de la Mazorca en Seco (SMS), se presentó una respuesta lineal altamente significativa, es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N), se presentó una menor incidencia de enfermedades foliares y de la mazorca (Tabla No. 13). La incidencia de enfermedades foliares y en la mazorca, fueron bajas de acuerdo a la escala utilizada de 1 a 9; donde 1 a 3: Baja; 4 a 6: Media y 7 a 9: Susceptible (CIMMYT, 2002)

Para la variable Peso de Cien Granos Secos (PCGS), se registró una respuesta lineal altamente significativa del Nitrógeno (N), es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N), mayor peso de cien granos (Tabla No. 13 y Figura No. 10). El promedio más alto se tuvo en C3: 80 kg/ha de Nitrógeno (N) con 67.07 g. Este indicador nos infiere un tamaño del grano de mediano a grande.

**Figura 10.** Respuesta del Nitrógeno (N) sobre la variable Peso de Cien Semillas en Kg.



Para el Número de Semillas Por Kilogramo (NSPK), se tuvo una respuesta lineal negativa altamente significativa, es decir a mayor dosis de Nitrógeno (N), menor número de granos/kg (Tabla No. 13). Esta respuesta es lógica porque a mayor tamaño y peso del grano, menor número de semillas/kg.

**Tabla 14.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxB

Variables	Tratamientos: Combinación de factores Tipos de Labranza por Variedades de Maíz					
	T1: A1B1	T2: A1B2	T3: A2B1	T4: A2B2	T5: A3B1	T6: A3B2
(DFF) (**)	135.44 A	130.11 B	135.89 A	129.11 B	135.67 A	129.67 B
(NGM) (*)	223.89 ABC	228.33 ABC	215.22 BC	249.89 A	199.56 C	236.56 AB
(NPCM) (*)	272.22 A	250.67 AB	223.33 B	240.56 AB	271.67 A	251.56 AB
(NPSM) (*)	89.78 B	108.56 AB	137.44 A	117.67 AB	91.56 B	107.56 AB
(RCHH) (**)	7651.40 A	7234.80 B	739.30 B	7264.00 B	6793.10 C	6478.20 D

\*\* Altamente Significativo al 1%. \* Significativo al 5%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

#### **Interacción De Factores: Tipos De Labranza Por Variedades (AxB).**

La respuesta de los tipos de labranza en cuanto a las variables: Días a Floración Femenina (DFF), Número de Granos Por Mazorca (NGM), Número de Plantas Con Mazorca (NPCM), Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM) y el Rendimiento de Choclo en kg/ha (RCHH), dependieron significativamente de las variedades de maíz (Tabla No. 14).

Para el resto de variables evaluadas, fueron factores independientes los tipos de labranza por variedades de maíz suave.

Para la variable DFF, los promedios más altos correspondieron a la variedad local en los tres tipos de labranza evaluados, teniendo más fuerza el efecto de variedad. La variedad local Guagal Común es más tardía que el INIAP 111, por tanto, su respuesta fue similar en los tres tipos de labranza utilizados. Numéricamente el promedio más alto se tuvo en el tratamiento T3: A2B1 (Labranza

reducida con la variedad Local) con 136 días a la floración femenina (Tabla No. 14).

Para el componente Número de Granos Por Mazorca (NGM), el promedio más elevado presentó el tratamiento T4: A2B2 (Labranza Reducida con la variedad INIAP 111) con 250 granos por mazorca y el menor en el tratamiento T5: A3B1 (Labranza Cero con la variedad local) con 200 granos (Tabla No. 14).

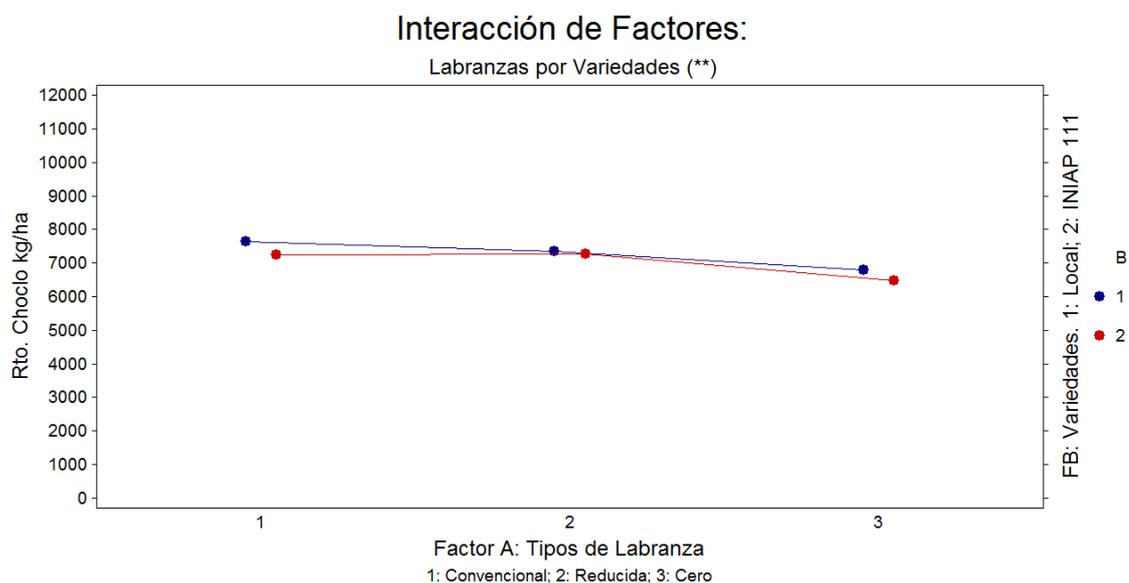
Para el Número de Plantas Con Mazorca (NPCM), el promedio más elevado se registró en los tratamientos T1: (A1B1) y T5: (A3B1) con 272 plantas con mazorca/parcela (Tabla No. 14) y el promedio mayor del Número de Plantas Sin Mazorca (NPSM), se determinó en el tratamiento T3: (A2B1) con 137 plantas/parcela (Tabla No. 14). Estas respuestas a más del tipo de labranza y variedad, dependen de la interacción genotipo ambiente, siendo determinantes los factores climáticos como la temperatura, humedad, neblina, cantidad y calidad de la luz solar, etc.

La respuesta del tipo de labranzas en cuanto al rendimiento de choclo evaluado en kg/ha, dependió del tipo de variedad de maíz (Tabla No. 14 y Figura No. 11).

El rendimiento promedio más alto, se registró en el tratamiento T1: A1B1 (Labranza convencional con la variedad local de maíz) con 7651.40 kg/ha y el promedio inferior en el tratamiento T6: A3B2 (Labranza Cero con la variedad INIAP 111) con 6478.20 kg/ha (Tabla No. 14 y Figura No. 11).

Esta respuesta se puede explicar que el mayor rendimiento de choclo se dio en la labranza convencional que incluye: arado, rastra y surcado con tracción animal (Yunta) y sin la conservación de los restos vegetales. La variedad Guagal Local, está adaptada en zona agroecológica y por tanto mayor rendimiento de choclo, aunque en seco, no fueron factores dependientes significativos los tipos de labranza por variedad. En la labranza reducida y cero, se conservó los restos vegetales de la cosecha anterior, por tanto, hay inicialmente un proceso de descomposición de la materia orgánica. Los efectos de la Agricultura de Conservación son a mediano y largo plazo.

**Figura 11.** Rendimiento promedio de Choclo en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Variedades de maíz.



**Tabla 15.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores Ax C

Variables	Tratamientos: Combinación De Factores Tipos De Labranza Por Dosis De Nitrógeno								
	T1: A1C1	T2: A1C2	T3: A1C3	T4: A2C1	T5: A2C2	T6: A2C3	T7: A3C1	T8: A3C2	T9: A3C3
AIM(*)	173.29 B	175.71 AB	192.18 A	160.33 BC	170.33 B	178.15 AB	145.83 C	167.23 B	166.29B
AP (**)	276.83 AB	278.67 AB	296.33 A	258.67 BC	278.17 AB	281.50 A	246.50 C	270.17 AB	275.33 AB
RCHH (**)	6133.50 F	7590.80 C	8605.00 A	5733.70 F	7503.00 C	8668.20 A	5324.50 G	6584.90 D	7997.60 B
RH (**)	1341.50 C	2336.40AB	2657.80 A	1032.30 C	2462.40 A	2506.30 A	1201.50 C	1917.10 B	2398.70 A

\*\* Altamente Significativo al 1%. \* Significativo al 5%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

### Interacción De Factores Tipos De Labranza Por Dosis De Nitrógeno (Ax C).

La Respuesta de los tipos de labranza en cuanto a las variables Altura de Inserción de la Mazorca (AIM), Altura de Planta (AP), Rendimiento de Maíz en

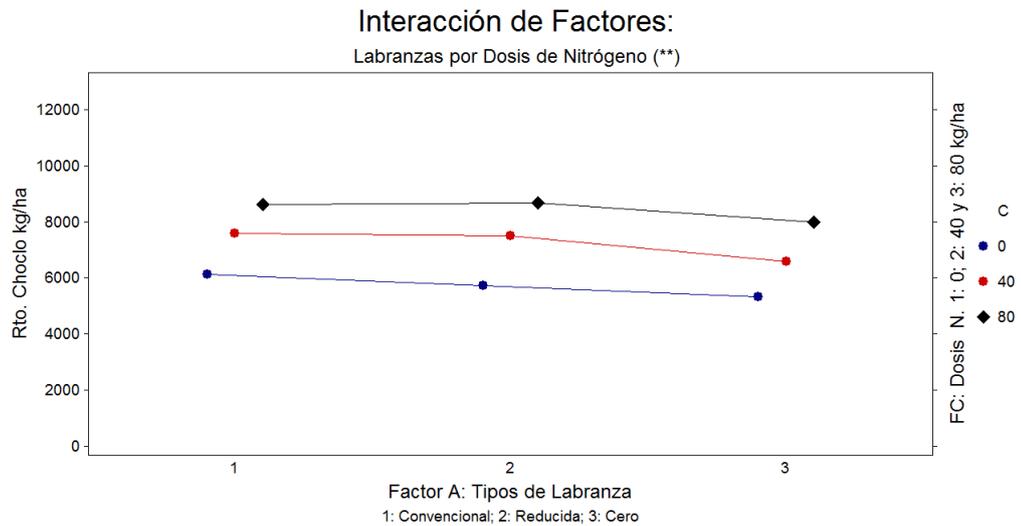
Choclo en kg/ha (RCHH) y el Rendimiento de Maíz en Seco en kg/ha al 13% de humedad (RH), dependieron de las dosis de nitrógeno (Tabla No. 15). No existió interacción significativa entre los tipos de labranza y las dosis de Nitrógeno (N) para el resto de variables evaluadas.

Para la variable AIM, el rendimiento promedio más alto, se cuantificó en el tratamiento T3: A1C3 (Labranza convencional con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)), con 192, 18 Cm y el promedio menor en el tratamiento T7: A3C1 (Labranza Cero sin la aplicación de Nitrógeno (N)) con 145.83 Cm (Tabla No. 15). Quizá esta respuesta es lógica porque en un suelo preparado y completamente mullido como es la labranza convencional, se presentó inicialmente una mayor eficiencia química del Nitrógeno (N). En la labranza reducida y labranza cero, primero debe descomponerse la celulosa, para lo cual los microorganismos del suelo deben tomar Nitrógeno (N).

Para AP existió una relación directa positiva con la AIM, es decir plantas más altas, mayor altura de inserción de la mazorca. El promedio más alto se cuantificó en el tratamiento T3: A1C3 (Labranza convencional con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)), con 296.33 Cm y el promedio menor en el tratamiento T7: A3C1 (Labranza Cero sin la aplicación de Nitrógeno (N)) con 246.50 Cm (Tabla No. 15). Generalmente los Ecotipos de maíz nativo, tienen una altura total de la planta sobre los tres m y la inserción de la mazorca sobre los 2.20 m, lo que dificulta la cosecha. Es por esta razón que, a través del proceso de mejoramiento participativo, un criterio muy importante es bajar la altura de inserción de la mazorca.

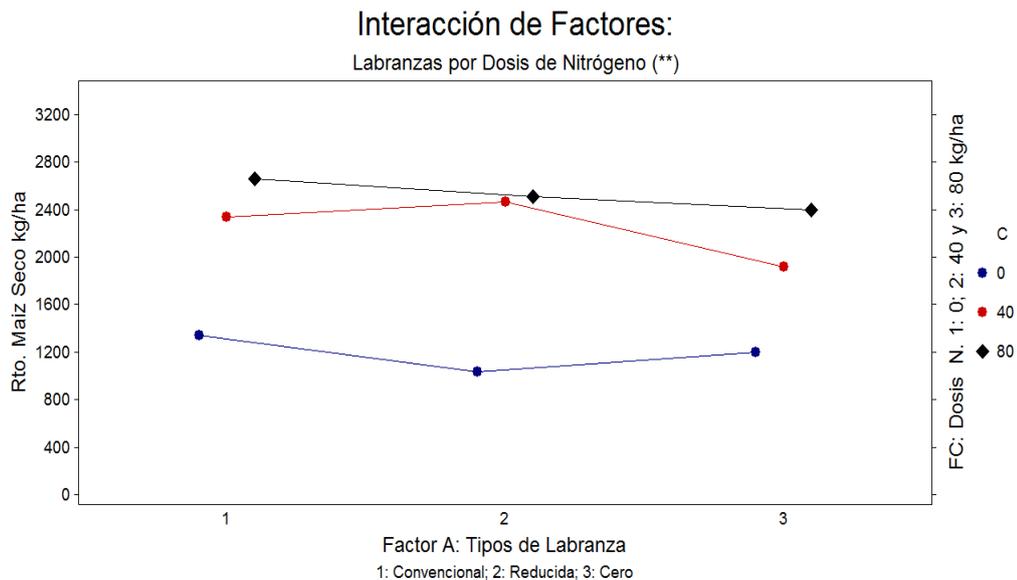
La respuesta de los tipos de labranza en cuanto a las variables rendimiento de choclo y de maíz seco en kg/ha, dependieron de las dosis de Nitrógeno (N) (Tabla No. 15). Los rendimientos promedios más altos tanto de choclo como de maíz en seco se cuantificaron en los tratamientos: T6: A2C3 (Labranza Reducida con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 8668.20 kg/ha en choclo y en seco con 2506.30 kg/ha y en el T3: A1C3 (Labranza convencional con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 8605.00 kg/ha en choclo y en seco con 2657.80 kg/ha (Tabla No. 15 y Figuras Nos. 12 y 13).

**Figura 12.** Rendimiento promedio de Choclo en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Dosis de Nitrógeno.



La mayor eficiencia química y agronómica del Nitrógeno (N), se presentó en las labranzas convencional y Reducida, sumado a los valores promedios más elevados de los componentes del rendimiento. Existió como es lógico una estrecha relación total entre el rendimiento de choclo y el rendimiento final de maíz en seco.

**Figura 13.** Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Dosis de Nitrógeno.



**Tabla 16.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores BxC

Variables	Tratamientos: Combinación De Factores Variedades Por Dosis De Nitrógeno					
	T1: B1C1	T2: B1C2	T3: B1C3	T4: B2C1	T5: B2C2	T6: B2C3
DFE (*)	137.22 A	135.33 B	134.44 C	131.78 D	129.11 E	128.00 F
PCDM (*)	0.33 B	0.78 AB	1.33 AB	0.33 B	1.56 A	0.44 AB
PD (*)	0.87 A	0.89 A	0.87 A	0.89 A	0.86 B	0.88 A
PCGS (**)	62.54 BC	65.36 B	72.59 A	55.53 E	58.58 D	61.54 CD
RH (**)	1316.60 D	2729.00 A	2828.00 A	1067.00 E	1748.30 C	2213.90 B

\*\* Altamente Significativo al 1%. \* Significativo al 5%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

### Interacción De Factores Variedades De Maíz Por Dosis De Nitrógeno (BxC)

La respuesta de las variedades de maíz en relación a las variables Días a floración Femenina (DFE), Plantas Con Dos Mazorcas (PCDM), Porcentaje de Desgrane (D), Peso de Cien Granos Secos (PCGS) y el Rendimiento de maíz seco en kg/ha (RH), dependieron de las dosis de nitrógeno (Tabla No. 16); es decir tuvieron una interacción altamente significativa.

Para DFE, el tratamiento con el promedio más elevado fue el T1: B1C1 (Variedad local de maíz sin la aplicación de Nitrógeno (N)) con 137 días y el más precoz fue el tratamiento T6: B2C3 (Variedad de maíz INIAP 111 con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 128 días (Tabla No. 16). Esta respuesta agronómica es lógica porque la variedad local es más tardía en comparación a INIAP 111 y demás sin la aplicación de Nitrógeno (N) presentó un ciclo de cultivo más tardío. El Nitrógeno (N) influyó también en la variedad INIAP 111, siendo más precoz (Tabla No. 16).

Para el componente Plantas Con Dos Mazorcas el promedio más elevado se cuantificó en el tratamiento T5: B2C2 (Variedad INIAP 111 con 40 kg/ha de Nitrógeno (N)) con un promedio de dos plantas/parcela. El promedio inferior, se determinó en los tratamientos T1 y T4 con una planta con dos mazorcas/parcela (Tabla No. 16). Como es conocido el potencial genético de las variedades está

relacionado con plantas prolíferas (plantas con dos mazorcas), pero además influyen otros factores como los ambientales, edáficos, sanitarios y la densidad de plantas/ha.

El porcentaje de desgrane en los cultivares criollos e INIAP 111, está sobre el 82% (INIAP. 2005). En esta investigación los promedios más altos se determinaron en los tratamientos T2: B1C2 y el T4: B2C1 con el 89% (Tabla No. 16).

Para el Peso de Cien Granos Secos (PCGS), el promedio superior se tuvo en el tratamiento T3: B1C3 (Variedad local con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 72.59 g, y el menor promedio en el tratamiento T4: B2C1 (Variedad INIAP 111 sin la aplicación de N) con 55.53 g (Tabla No. 16). El peso y tamaño del grano es un atributo varietal, pero está influenciado directamente con el Nitrógeno (N), que es la proteína del grano de maíz, por tanto, a mayor dosis de Nitrógeno (N), un mayor peso y tamaño del grano. Existió una interacción altamente significativa entre las variedades de maíz y las dosis de Nitrógeno (N), es decir fueron dependientes para la variable rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad (Tabla No. 16 y Figura No. 14).

Los promedios más altos, se tuvieron en los tratamientos T3: B1C3 (Variedad de maíz local con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) y en el T2: B1C2 (Variedad local con 40 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 2828.00 y 2729.00 kg/ha. El promedio inferior, se determinó en el tratamiento T4: B2 C1 (Variedad INIAP 111 sin la aplicación de Nitrógeno (N)) con 1067.00 kg/ha (Tabla No. 16 y Figura No. 14).

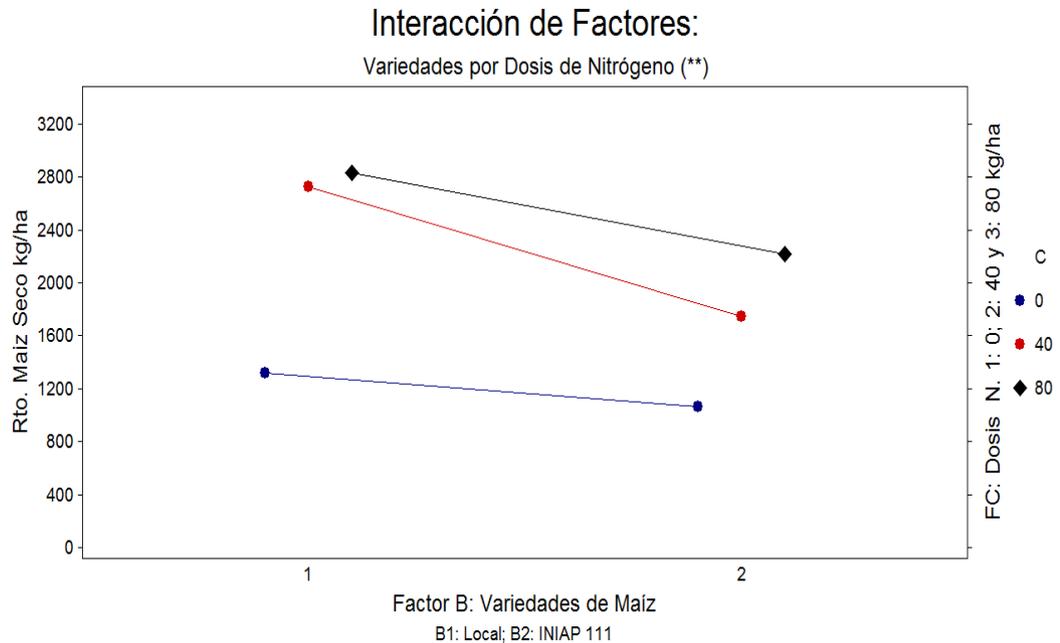
Es evidente que la variedad local está adaptada a la zona y tuvo una mejor respuesta química y agronómica del Nitrógeno (N). Sin embargo, estos rendimientos son inferiores a los repostados por varios autores como INIAP. 1997; Monar, C. 2010; Lescano, D. 2012 y Rumiguano, J. 2018. La variedad INIAP 111, no respondió favorablemente en esta zona agroecológica debido a la interacción genotipo ambiente especialmente de los factores climáticos como la temperatura, humedad excesiva, neblina, deficiente cantidad y calidad de la luz solar y un promedio alto de humedad relativa sobre el 80%.

**Tabla 17.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxBxC

Tratamiento No.	Rendimiento En Choclo Kg/Ha (**)		Tratamiento No.	Rendimiento En Seco Kg/Ha (**)	
	Promedio	Rango		Promedio	Rango
T9: A2B1C3	8844.50	A	T3: A1B1C3	3116.10	A
T3: A1B1C3	8725.80	A	T8: A2B1C2	3017.50	AB
T12: A2B2C3	8492.00	AB	T9: A2B1C3	2853.50	AB
T6: A1B2C3	8484.30	AB	T2: A1B1C2	2631.90	ABC
T15: A3B1C3	8112.40	BC	T14: A3B1C2	2537.60	BCD
T18: A3B2C3	7882.80	CD	T15: A3B1C3	2514.40	BCD
T2: A1B1C2	7824.10	CDE	T18: A3B2C3	2282.90	CDE
T11: A2B2C2	7547.50	DEF	T6: A1B2C3	2199.60	CDE
T8: A2B1C2	7458.50	EF	T12: A2B2C3	2159.20	CDE
T5: A1B2C2	7357.40	F	T5: A1B2C2	2040.40	DE
T14: A3B1C2	6863.50	G	T11: A2B2C2	1907.40	EF
T1: A1B1C1	6404.30	H	T1: A1B1C1	1494.80	FG
T17: A3B2C2	6306.30	H	T13: A3B1C1	1438.10	FG
T4: A1B2C1	5862.70	I	T17: A2B1C1	1296.60	G
T10: A2B2C1	5752.50	IJ	T4: A1B2C1	1188.30	G
T7: A2B1C1	5714.90	IJ	T10: A2B2C1	1047.70	G
T13: A3B1C1	5403.60	JK	T7: A2B1C1	1016.90	G
T16: A3B2C1	5245.40	K	T16: A3B2C1	964.90	G

\*\* Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Figura 14.** Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en la interacción de factores: Variedades por Dosis de Nitrógeno.

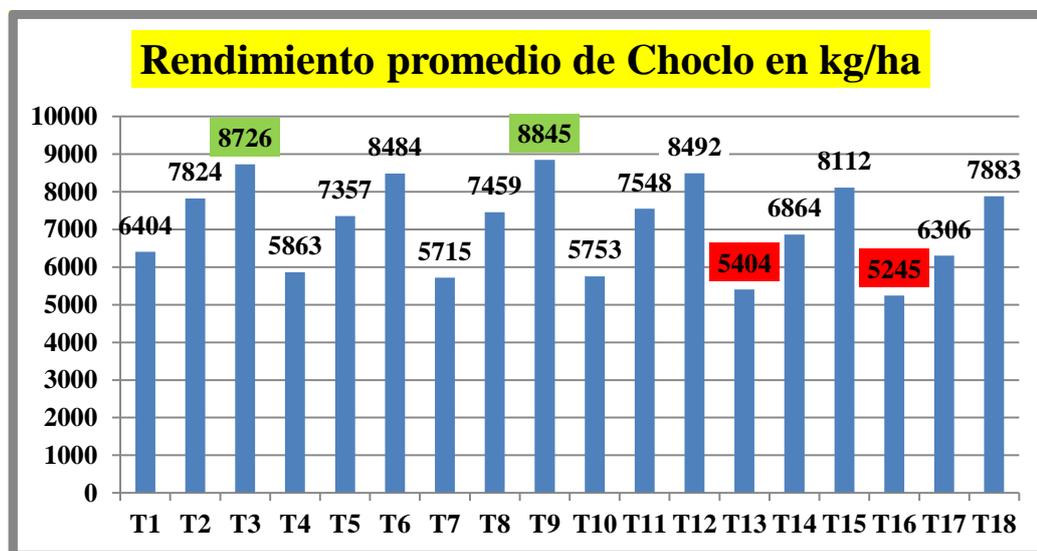


**Interacción De Factores: Tipos De Labranza Por Variedades Y Por Dosis De Nitrógeno (AxBxC).**

La respuesta de los tipos de labranza en relación a las variables rendimiento de choclo y de maíz en seco al 13% de humedad, dependieron de las variedades y de las dosis de nitrógeno (Tabla No. 17 y Figuras Nos. 15 y 16).

Los rendimientos promedios más altos en choclo se registraron en los tratamientos T9: A2B1C3 (Labranza Reducida con la Variedad Local y con la aplicación de 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) y en el T3: A1B1C3 (Labranza Convencional con la Variedad Local y con la aplicación de 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 8845.00 y 8726 kg/ha respectivamente (Tabla No. 17 y Figura No. 15).

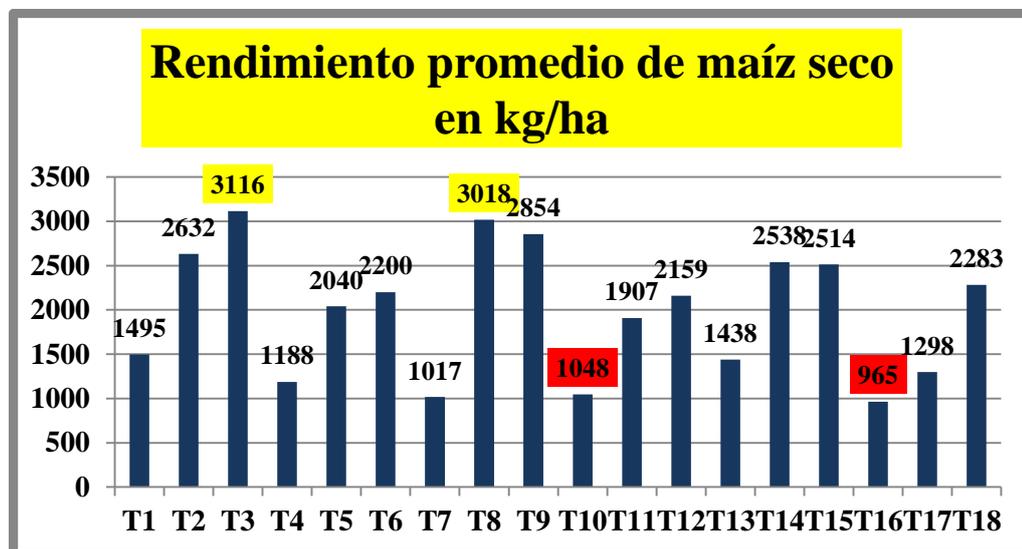
**Figura 15.** Rendimiento promedio de choclo en kg/ha en la interacción de factores. Tipos de Labranza por Variedades y por Dosis de Nitrógeno (AxBxC).



Para la variable rendimiento de maíz al 13% de humedad en seco, los rendimientos promedios más elevados, se presentaron en los tratamientos T3: A1B1C3 (Labranza Convencional con la Variedad Local y con la aplicación de 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) y el T8: A2B1C2 (Labranza Reducida con la Variedad Local y con la aplicación de 40 kg/ha de N), con 3116.00 y 3018.00 kg/ha respectivamente (Tabla No. 17 y Figura No. 16)

Los tratamientos T3 y T8, estadísticamente, comparten un mismo rango (A) (Tabla No. 17), por lo tanto, se puede inferir que la mejor eficiencia química y agronómica del Nitrógeno (N), se presentó en la labranza reducida y con la aplicación de 40 kg/ha de Nitrógeno (N). En la labranza convencional debido a la preparación mullida del suelo, pudo haber existido una mayor lixiviación del Nitrógeno (N).

**Figura 16.** Rendimiento promedio de maíz en seco al 13% de humedad en kg/ha en la interacción de factores: Tipos de Labranza por Variedades y por Dosis de Nitrógeno.



## 5.2. Análisis químico del suelo antes y al final del ensayo.

Para realizar los análisis químicos del suelo antes del establecimiento del ensayo, se tomaron con un barreno 10 submuestras a una profundidad de 0 a 30 cm, se homogenizaron y se enviaron para su análisis al Laboratorio de Suelos de la ESPOCH y al Laboratorio de suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina. Las muestras de suelo se tomaron en las parcelas que correspondían a los tres tipos de labranza.

**Tabla 18.** Resultados del análisis químico del suelo antes del establecimiento del ensayo.

Tipo de Labranza	Contenido de N kg/ha
A1: Labranza Convencional	95.00
A2: Labranza Reducida	96.00
A3: Labranza Cero	94.00
Media General	95.00

Fuente: ESPOCH. 2018.

El contenido de Nitrógeno (N) inicial en el suelo fue muy similar en los tres tipos de labranza, con un promedio general de 95 kg/ha (Tabla No. 18).

**Tabla 19.** Resultados del análisis químico del suelo al final del establecimiento del ensayo en el Factor A:

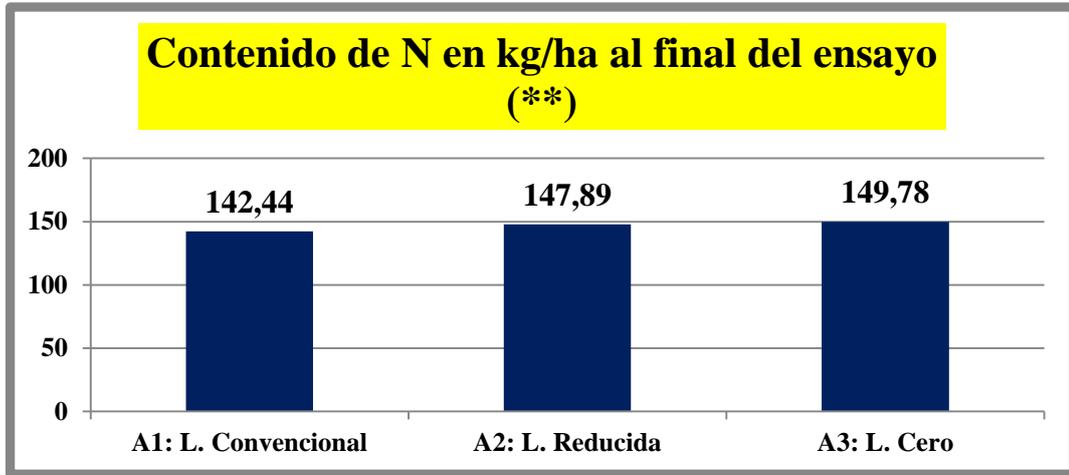
<b>Tipo de Labranza (**)</b>	<b>Contenido de N kg/ha</b>
A3: Labranza Cero	149.78 A
A2: Labranza Reducida	147.89 A
A1: Labranza Convencional	142.44 B
<b>Media General</b>	<b>146.70</b>

**Fuente:** INIAP-103 Mishqui Sara

El contenido de Nitrógeno (N) al final del ensayo por tipo de labranza, fue muy diferente (\*\*) (Tabla No. 19 y Figura No.17).

Al inicio tuvimos una media general de 95 kg/ha y al final del ensayo un contenido promedio de 146.70 kg/ha, lo que significó un incremento de 51.70 kg/ha. Los contenidos promedios más elevados se determinaron en A3: Labranza Cero y en A2: Labranza Reducida con 149.78 y 147.89 kg/ha respectivamente (Tabla No. 19 y Figura No. 17). El promedio menor se registró en A1: Labranza Convencional con 142.44 kg/ha y estos resultados son lógicos porque en la Labranza Cero y Reducida, al estar el suelo con restos vegetales hay una pérdida menor del Nitrógeno (N) por procesos de lixiviación y volatilización como es en la labranza convencional. Además, el incremento del Nitrógeno (N) inicial comparado al final, pudo darse por las dosis aplicadas al suelo y el proceso de mineralización de la Materia Orgánica.

**Figura 17.** Contenido de N en kg/ha al final del ensayo y por tipo de labranza.



**Tabla 20.** Resultados del análisis químico del suelo al final del establecimiento del ensayo en el Factor B

Dosis de Nitrógeno (N) en kg/ha (**)	Contenido de Nitrógeno (N) kg/ha
B3: 80.00	180.11
B2: 40.00	141.89
B1: 00.00	118.11
Tipo de respuestas: Lineal y Cuadrática (**)	

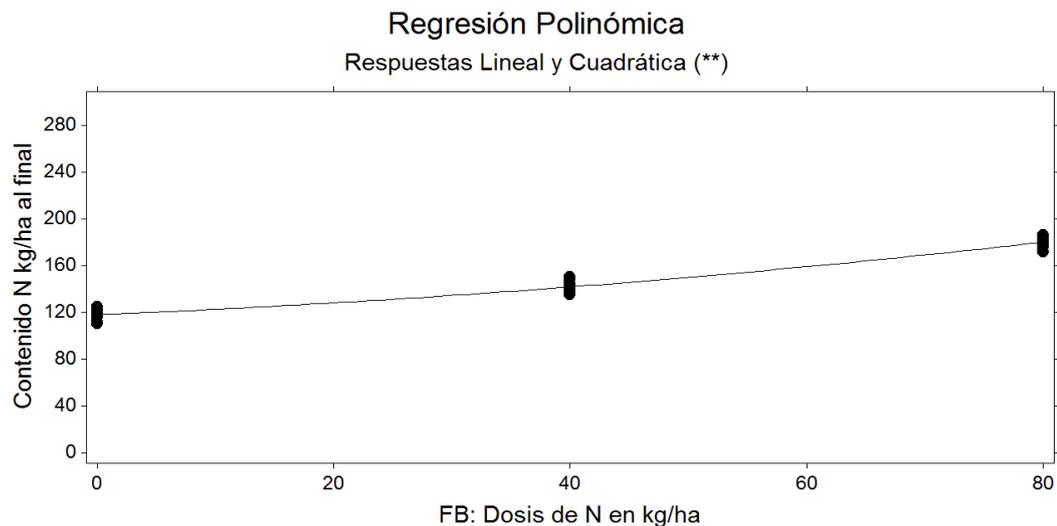
Fuente: INIAP.

La respuesta de las dosis de Nitrógeno (N) aplicadas al suelo en cuanto al contenido de Nitrógeno (N) al final del ensayo, fue muy diferente y presentaron una respuesta lineal y cuadrática (Tabla No. 20 y Figura No. 18). Esto quiere decir que, a mayor dosis de Nitrógeno (N) aplicado al suelo, mayor es el contenido de este elemento al final del ensayo; y la respuesta cuadrática es que hay un punto de inflexión al pasar de 0 a 40 kg/ha (Tabla No. 20 y Figura No. 18).

Esta información del contenido de Nitrógeno (N) al final del ensayo es fundamental cuantificarla para manejar un programa de nutrición sostenible de los

cultivos y de esta manera mejorar la eficiencia química y agronómica del Nitrógeno (N).

**Figura 18.** Contenido de Nitrógeno (N) en kg/ha al final del ensayo y por Dosis de Nitrógeno (N) aplicado al suelo.



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

El CV, es un estadístico de dispersión y mide la variabilidad de los resultados y se expresa en porcentaje. De acuerdo a varios estadísticos como J. Beaver y L. Beaver. 2000, mencionan que en variables que están bajo el control y medición del investigador el valor del CV, debe ser inferior al 20%; y en variables que dependen de la interacción genotipo ambiente como incidencia y severidad de enfermedades, acame de tallo, acame de raíz, número de plantas con dos mazorcas, etc. el valor del CV, puede ser mucho mayor que el 20%.

En esta investigación, en las variables que estuvieron bajo el control y medición del investigador, se calcularon CV inferiores al 20%, (Tabla No. 11), por tanto, las inferencias y conclusiones, son válidas para esta zona agroecológica.

#### 5.4 Análisis de correlación y regresión lineal.

**Tabla 21.** Correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs)

Variables Independientes (Componentes del rendimiento)	Coefficiente de Correlación (r)	Coefficiente de Regresión (b)	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> ) (%)
Altura de planta (**)	0.7738	197.675	51
Altura inserción mazorca (**)	0.6670	193.775	45
Número plantas con mazorca (**)	0.6529	118.832	43
Peso de cien granos (**)	0.7225	885.752	52
Rendimiento de choclo (**)	0.8306	0.5054	69
Nitrógeno Final en el suelo (**)	0.9761	0.775	95
Plantas sin mazorca (**)	-0.6308	-117.414	40
Daño de mazorcas secas (**)	-0.5763	-340.008	33

\*\* Altamente significativo al 1%.

**Fuente:** Producción moderna de maíz. Traducido al español por Oscar Martínez y Patricio Leguisamon

#### Correlación

Correlación es la estrechez positiva o negativa entre dos variables. Su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades (Monar C. , 2002)

En esta investigación se presentaron valores de correlación altamente significativos y positivos entre los componentes: altura de planta, altura inserción de la mazorca, número de plantas con mazorca, peso de cien granos secos, rendimiento de choclo y el contenido de Nitrógeno (N) al final del ensayo; y una estreches negativa entre en número de plantas sin mazorca y la pudrición de la mazorca versus el rendimiento de maíz seco evaluado en kg/ha (Tabla No. 21).

## **Regresión**

Regresión, es el incremento o disminución de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de la variable (s) independiente (s) (Xs (Monar C. , 2015)

En esta investigación, los componentes que incrementaron el rendimiento de maíz evaluado en kg/ha al 13% de fueron: Altura de plantas, altura de inserción de la mazorca, número de plantas con mazorca, peso de cien granos secos, el rendimiento de choclo y el contenido final de N en el suelo (Tabla No. 21 y Figuras Nos. 19 y 20).

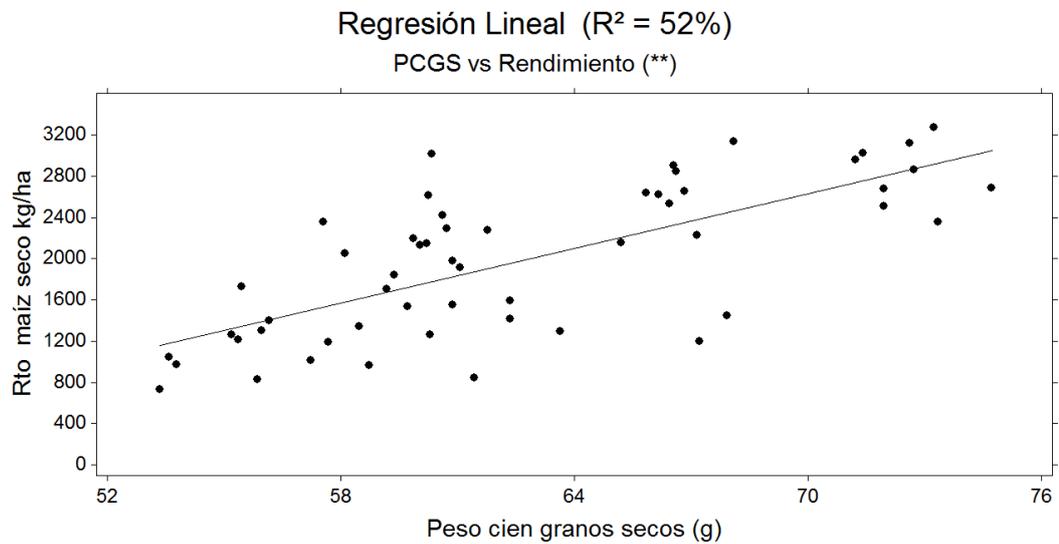
Los componentes que redujeron el rendimiento significativamente fueron el número de plantas sin mazorcas y el daño de mazorcas secas (Tabla No. 21 y Figuras Nos. 21 y 22)

## **Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )**

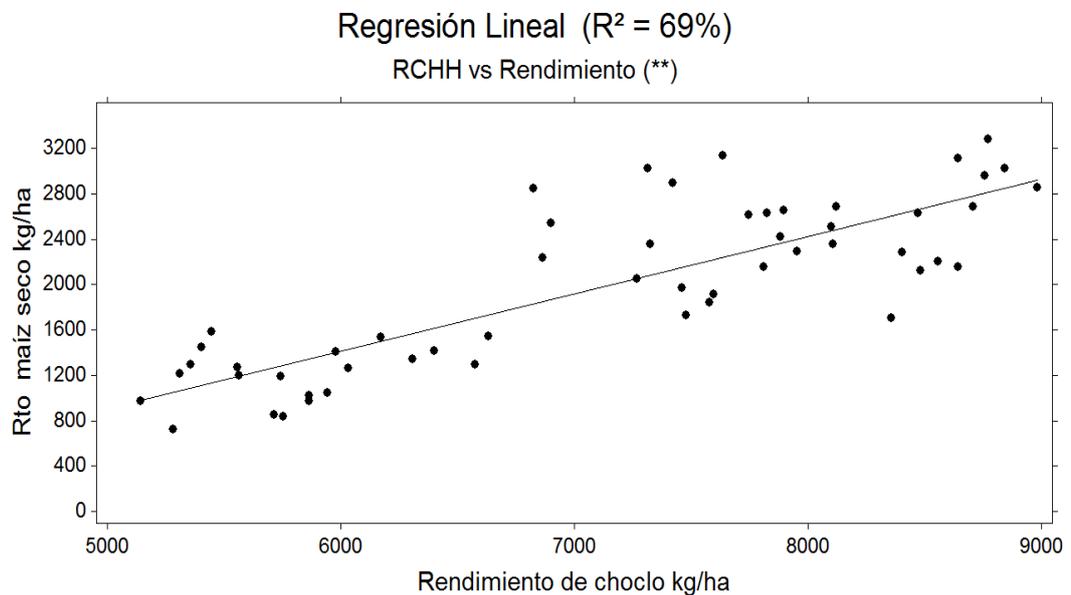
El coeficiente de determinación, se mide en porcentaje y nos explica en qué porcentaje se incrementó o disminuyó la variable dependiente por cada cambio único de la variable independiente (Monar C. , 2013)

El 51% y el 45% de incremento del rendimiento de maíz en seco fue debido a plantas de mayor altura e inserción de la mazorca como lo fue la variedad local. El 43% de incremento fue debido al mayor número de plantas con mazorca. El 52% al mayor peso de cien granos secos. El 69% al mayor rendimiento de choclo y el 95% al mayor contenido de Nitrógeno (N) en el suelo (Tabla No. 21 y Figuras Nos. 19 y 20).

**Figura 19.** Regresión lineal Peso de Cien Granos Secos versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha.

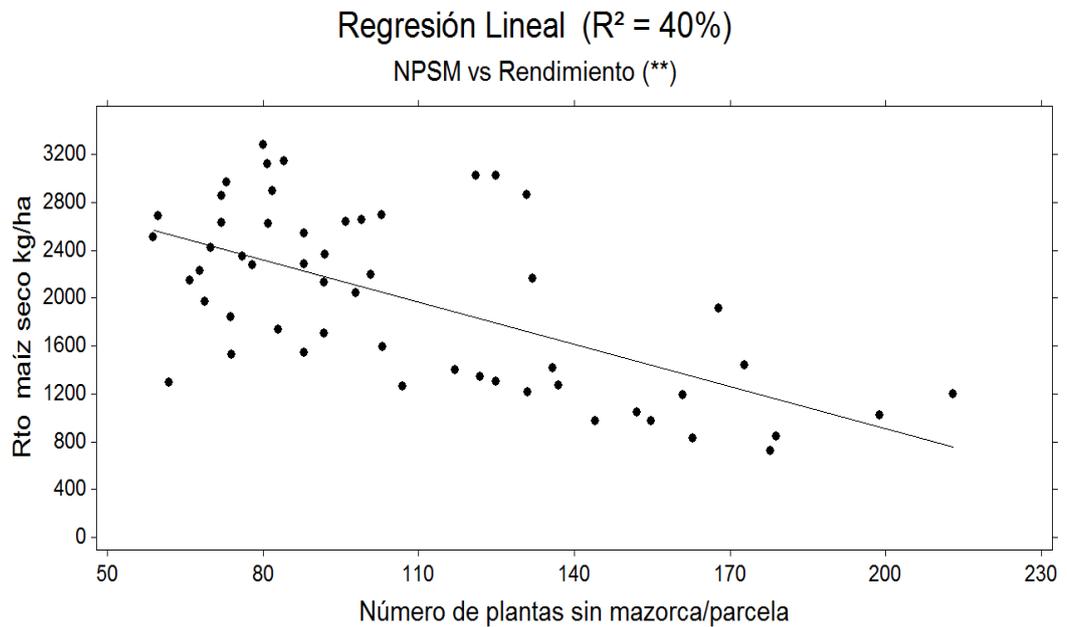


**Figura 20.** Regresión lineal Rendimiento de Choclo versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad.

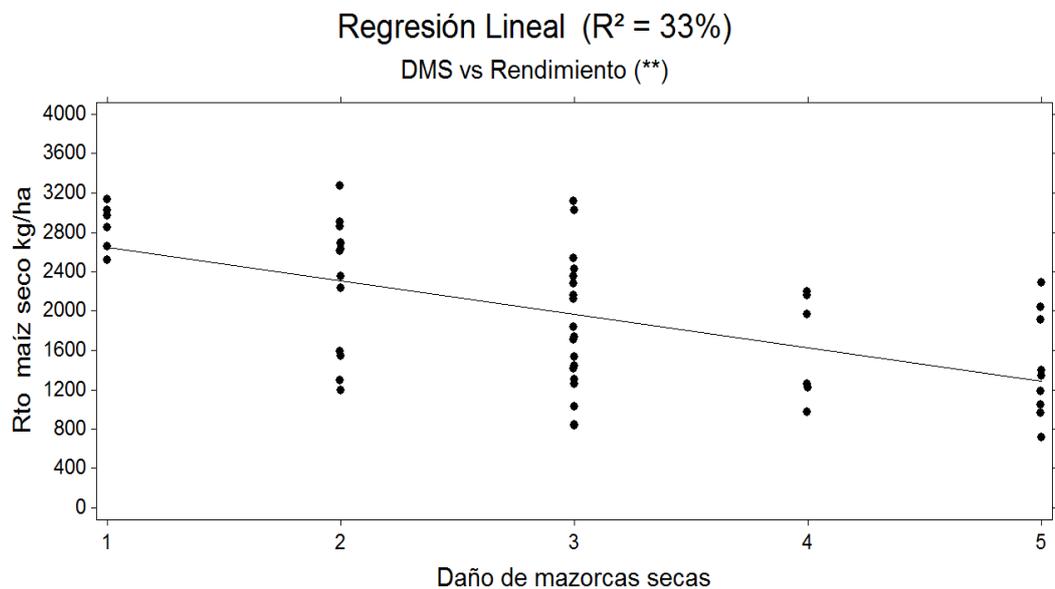


Como efecto inverso el 40% y 33% de la reducción del rendimiento de maíz en seco al 13% de humedad fue debido al número de plantas sin mazorcas y la pudrición de las mismas (Tabla. 21 y Figuras. 21 y 22).

**Figura 21.** Regresión lineal Número de Plantas Sin Mazorca versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad.



**Figura 22.** Regresión lineal Daño de la Mazorca versus el Rendimiento de maíz seco en kg/ha al 13% de humedad.



## 5.5. Análisis económico

**Tabla 22.** Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP).

VARIABLE Y/O COMPONENTE	TRATAMIENTOS								
	T1:A1C1	T2:A1C2	T3:A1C3	T4:A2C1	T5:A2C2	T6:A2C3	T7:A3C1	T8:A3C2	T9:A3C3
Rendimiento en kg/ha	1495	2632	3117	1297	2500	2854	1300	2538	2515
Rendimiento ajustado 10% kg/ha	1345	2369	2805	1167	2250	2569	1170	2284	2263
<b>INGRESO BRUTO \$/HA</b>	<b>887.70</b>	<b>1563.54</b>	<b>1851.30</b>	<b>770.22</b>	<b>1485.00</b>	<b>1695.54</b>	<b>772.20</b>	<b>1507.44</b>	<b>1493.58</b>
Preparación suelo: Aplicación glifosato 3 L/ha. \$/Ha	0.00	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Yunta: B arbecho y Cruza (4 días) \$/Ha	160.00	160.00	160.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mano obra aplicación Glifosato 2 Jornales. \$/Ha	0.00	0.00	0.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Surcado: Una yunta \$/Ha	40.00	40.00	40.00	40.00	40	40.00	0.00	0.00	0.00
Mano de obra hoyada: 7 jornales. \$/Ha	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	105.00	105.00	105.00
Urea. \$/Ha	0.00	40.00	80.00	0.00	40.00	80.00	0.00	40.00	80.00
Mano de obra aplicación urea. \$/Ha	0.00	30.00	60.00	0.00	30.00	60.00	0.00	30.00	60.00
Rascadillo y aporque. 25 jornales. \$/Ha.	375.00	375.00	375.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rascadillo. 10 jornales. \$/Ha	0.00	0.00	0.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
<b>TOTAL COSTOS QUE VARIAN \$/HA</b>	<b>575.00</b>	<b>645.00</b>	<b>715.00</b>	<b>235.00</b>	<b>305.00</b>	<b>375.00</b>	<b>300.00</b>	<b>370.00</b>	<b>440.00</b>
<b>TOTAL BENEFICIOS NETOS \$/HA.</b>	<b>312.70</b>	<b>918.54</b>	<b>1136.30</b>	<b>535.22</b>	<b>1180.00</b>	<b>1320.54</b>	<b>472.20</b>	<b>1137.44</b>	<b>1053.58</b>

**Fuente:** Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la Provincia Bolívar.

**Tabla 23.** Análisis de dominancia.

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento S/ha.	Total, de beneficios netos/Tratamiento S/ha.
T4: A2C1	235.00	535.22 /
T7: A3C1	300.00	472.20 D
T5: A2C2	305.00	1180.00 /
T8: A3C2	370.00	1137.44 D
T6: A2C3	375.00	1320.54 /
T9: A3C3	440.00	1053.58 D
T1: A1C1	575.00	312.70 D
T2: A1C2	645.00	918.54 D
T3: A1C3	715.00	1136.30 D

D = Tratamientos Dominados.

**Tabla 24.** Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento S/ha.	Total de beneficios netos/Tratamiento S/ha.	TMR (%)
T4:A2C1	235.00	535.22	
			921
T5: A2C2	305.00	1180.00	
			201
T6: A2C3	375.00	1320.54	

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. En esta investigación los costos que variaron en cada tratamiento fueron básicamente el tipo de labranzas: convencional, reducida y cero; las dosis de nitrógeno en kg/ha, herbicidas, tracción animal (Yunta) y la mano de obra para las diferentes labores culturales de seguimiento y evaluación del ensayo. El costo de un jornal/día se determinó en \$15,00. El precio de venta del maíz INIAP 111 en seco, fue de \$0.66/kg. El valor económico de la urea como

fuelle de Nitrógeno (N), estuvo en \$ 0.46/kg. El alquiler de una Yunta de bueyes de tracción animal se cuantificó en \$40/día. El costo del herbicida Glifosato fue de \$ 5/litro. Para realizar el AEPP, se eliminaron los tratamientos que correspondían a la variedad INIAP 111 Guagal Mejorado porque esta variedad no se adaptó en esta zona agroecológica y por ende serían dominados.

Una vez realizado el AEPP, los tratamientos con el Beneficio Neto \$/ha más alto fueron el T5: A2C2 (Labranza Reducida con 40 kg/ha de Nitrógeno (N)) con \$ 1180.00/ha y el T6: A2C3 (Labranza reducida con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con \$ 1320.54/ha (Tabla No. 22). Esto estuvo relacionado a los promedios más elevados del rendimiento y un menor costo por efecto de la labranza reducida y la mano de obra, en comparación a la labranza convencional, que se incrementó significativamente el costo por los componentes mano de obra y el alquiler de tracción animal (Yunta). Al realizar el análisis de dominancia, los tratamientos que fueron dominados por el mayor incremento de los costos que variaron en cada tratamiento fueron: T7, T8, T9, T1, T2 y T3. (Tabla N. 23).

Al realizar el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), el tratamiento o alternativa tecnológica con el valor promedio más alto fue el T5: A2C2 (Labranza Reducida con 40 kg/ha de Nitrógeno (N)) con un valor de 921 % de la TMR, seguido por el tratamiento T6: A2C3 (Labranza reducida con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con un valor de la TMAR de 201% (Tabla No. 24). Esto quiere decir que por cada dólar invertido y en función únicamente de los costos que variaron por cada tratamiento los productores/as ganarían 9 y 2 dólares por cada unidad de inversión.

Esta investigación, nos permitió validar recomendaciones o alternativas tecnológicas en función de Dominios de Recomendación. Para pequeños productores que tienen limitado acceso al crédito o disponibilidad de capital de inversión, la mejor alternativa es la labranza reducida con la variedad local de maíz y la aplicación de 40 kg/ha de Nitrógeno (N). Sin embargo, para medianos productores con acceso a crédito y capital de inversión la mejor alternativa tecnológica es la siembra del maíz local Guagal en labranza reducida con la aplicación de 80 kg/ha. (Tabla No. 24).

## **VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

De acuerdo a los resultados estadísticos, agronómicos, de laboratorio de suelos y económicos obtenidos en esta investigación, inferimos que existió un efecto muy diferente del tipo de labranzas, variedades de maíz y las dosis de nitrógeno aplicado al suelo y que además fue evidente la interacción genotipo ambiente y la dependencia de los factores en la mayoría de variables evaluadas.

Por lo tanto hay suficiente evidencia científica con el 99% de confianza que los resultados de las diferentes variables agronómicas, de suelo y económicas evaluadas fueron diferentes y dependieron significativamente del tipo de labranza, variedades de maíz, de las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo, de la dependencia de factores y la interacción genotipo ambiente, por lo tanto aceptamos la hipótesis alterna e inferimos que las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz suave en esta zona agroecológica fueron la labranza reducida con la variedad de maíz local Guagal y la aplicación de 40 y 80 kg/ha de Nitrógeno (N).

## VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos y económicos se sintetizan las siguientes conclusiones:

- El efecto de los tres tipos de labranza fue muy diferente para la mayoría de las variables agronómicas y de química de suelo. El rendimiento promedio más elevado de maíz tanto en choclo como en seco, se determinó en A3: Labranza convencional con 7443.10 kg/ha y 2111.90 kg/ha.
- La respuesta agronómica de las dos variedades de maíz suave en cuanto al rendimiento fue muy diferente. El promedio más alto se obtuvo en la variedad Guagal Local con 7261.30 kg/ha en choclo y 2291.20 kg/ha de maíz en seco.
- La respuesta de las dosis de nitrógeno fue muy diferente para la mayoría de variables evaluadas. Existió una respuesta lineal. El rendimiento promedio más alto se calculó en C3: 80 kg/ha de Nitrógeno (N) con 8423.60 kg/ha en choclo y 2520.90 kg/ha en seco.
- Se evaluó una dependencia significativa de factores: tipos de labranza por variedades en el rendimiento de choclo. El promedio más alto se presentó en el T1: A1B1 (Labranza convencional con la variedad local de maíz Guagal) con 7651.40 kg/ha.
- Se determinó una dependencia significativa de factores tipos de labranza por dosis de Nitrógeno (N). El promedio más alto en choclo correspondió al T6: A2C3 (Labranza reducida con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 8668.20 kg/ha; y en seco en el T3: A1C3 (Labranza convencional con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 2657.80 kg/ha.
- Se presentó una dependencia significativa de factores: variedades de maíz por dosis de Nitrógeno (N) para el rendimiento de maíz en seco. El promedio superior se determinó en el tratamiento T3: B1C3 (Variedad de maíz local Guagal con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 2828.00 kg/ha al 13% de humedad.

- En la interacción de factores tipos de labranza por variedades de maíz y por dosis de Nitrógeno (N) el mejor tratamiento para choclo fue el T9: A2B1C3 (Labranza reducida con la variedad local de maíz Guagal y 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 8844.50 kg/ha y en seco fue el T3: A1B1C3 (Labranza convencional con la variedad local de maíz Guagal y 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con 3116.10 kg/ha.

- Mayores dosis de nitrógeno aplicado al suelo y en labranza cero y reducida, mayor fue la cantidad de Nitrógeno (N) disponible al final del ensayo.

- Los componentes agronómicos que contribuyeron a incrementar el rendimiento de maíz fueron: altura de inserción de la mazorca, número de plantas con mazorca, peso de cien granos secos, rendimiento de choclo y el contenido de Nitrógeno (N). Las variables que redujeron el rendimiento de maíz fueron el número de plantas vanas y la pudrición de la mazorca.

- Económicamente las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz en la zona agroecológica de Quisacoto fueron los tratamientos: T5: A2C2 (Labranza reducida con la variedad local de maíz Guagal con la aplicación de 40 kg/ha de Nitrógeno (N)) y el tratamiento T6: A2C3 (Labranza reducida con la variedad local de maíz Guagal con 80 kg/ha de Nitrógeno (N)) con valores de la Tasa Marginal de Retorno de 921 y 201% respectivamente.

- Finalmente, esta investigación permitió validar alternativas tecnológicas sostenibles para mitigar el cambio climático para los productores/as y por dominios de recomendación como son la agricultura de conservación a través de labranzas reducidas, remoción mínima de los restos vegetales y la rotación de cultivos con niveles de fertilización de 40 y 80 kg/ha de nitrógeno.

## 7.2 Recomendaciones

De acuerdo a la sistematización de las principales conclusiones se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para dar respuestas apropiadas a través de la validación de alternativas tecnológicas e innovación, para la siembra del maíz suave en la zona agroecológica de Quisacoto, se recomiendan los siguientes componentes tecnológicos: labranza reducida, conservación de los restos vegetales, variedad local de maíz Guagal, rotación de leguminosas - maíz y dependiendo del contenido de nitrógeno en el suelo y tipo de productores (pequeños y medianos), aplicar 40 y 80 kg/ha fraccionado en tres momentos: 30; 60 y 90 días después de la siembra.
- La variedad de maíz local Guagal, está adaptada en esta zona agroecológica, siendo necesario producir semilla de calidad en territorio y realizar la transferencia de tecnología a los productores/as a través de parcelas demostrativas.
- Debido al cambio climático, validar épocas de siembra con variedades de ciclo intermedio como: INIAP 102, INIAP 103, INIAP 111 y maíz Chazo y evaluar la producción en choclo y en seco.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Aldrich, S., & Leng, M. (1994). *Producción moderna de maíz. Traducido al español por Oscar Martínez y Patricio Leguisamon*. Buenos Aires - Argentina: Editorial Hemisferio Sur.
- Alvarado, S. e. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la Provincia Bolívar*. Quito, Ecuador.
- Álvarez, A. (2000). *Ciencias Naturales*. Quito, Ecuador: Ediciones Científicas.
- Arevalo, L. (2011). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Evaluación de prácticas de conservación y sistemas labranza en el cultivo de maíz duro (zea mayz l.) en la microcuenca del Río Alumbre, Cantón Chillanes, Provincia Bolívar-Ecuador*.
- Caraballo, A. e. (2013). *Regla para la calificación de semillas*. México: SNICS.
- Changoluisa, G. (2013). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Respuesta del maíz (Zea mays L.) INIAP 111 AL Biofertilizante y Fertilización Nitrogenada en la Granja Laguacoto III., Cantón Guaranda Provincia Bolívar, Guaranda, Ecuador*.
- Chimbo, C., & Malatay, F. (2010). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Control de gusano de la mazorca (Heliothis zea y Euxesta eluta) con aceite vegetal Basados en la Investigación de Campo*. Guaranda, Ecuador.
- CIMMYT, (. I. (2002). *Informe Anual Programa Global de Agricultura de Conservación*. México: México. D.F.
- Delgado, J. a. (2002). *Carbon and nutrient cycles. Journal of Soil and Water Conservation*.
- EnciclopediaPractica de Agricultura y Ganadería . (2010). *Producción ANDES, J. y Agrícola*. Santa Fe. Bogotá, Colombia.
- Espinoza, A. e. (2010). *Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Cultivo del maíz. Guía Tecnológica para la producción de maíz*. Managua – Nicaragua.: INTA segunda edicion.
- Fairhust, T., & Witt, C. (2012). *Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes*. España. España.

- FAO. (2012). *Fijación biológica del Nitrógeno. Desde el surco*. Quito, Ecuador. : Impresión Publingraf.
- FAO. (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El maíz en la Nutrición Humana*. Quito, Ecuador.
- Fernández, J. (2010). *Energía renovable*. Barcelona España: Editorial Sacal.
- Gear, J. (2006). *Maíz y Nutrición. Serie de Informes Especiales de ILSI*. Argetina: Editorial ILSI.
- Germinia, C. (2010). *Nitrógeno y fósforo*. . Disponible en: [www.germinia.cl](http://www.germinia.cl).
- Guastay, L. A. (2015). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Respuesta Agronómica del maíz (Zea mays L.) INIAP-111 Guagal Mejorado a diferentes arreglos de siembra y fertilización nitrogenada en las Localidades de Laguacoto III y San Lorenzo, Cantón Guaranda Provincia Bolívar*. Guaranda - Ecuador.
- Herrera, J. (1999). *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. . Barcelona, España.: Editorial Océano. .
- <http://conservacion.cimmyt.org>. (s.f.).
- <http://m.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenos.shtml>. (s.f.). Obtenido de <http://m.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenos.shtml>.
- <http://www.agroes.es/agricultura/abonos/...html>. (s.f.).
- <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>. (s.f.).
- <http://www.kaligmbh.com/eses/fertiliser/advisory...html>. (s.f.).
- INIAP. (2003). *Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura. Programa de Maíz*. . Quito, Ecuador.: EESC.
- INIAP. (2009). *INIAP-103 Mishqui Sara. Nueva variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano*. Cuenca, Ecuador: Plegable N° 326.
- Langdale y Shrader. 1982. (s.f.).
- Lescano, D. C. (2012). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Estudio de la eficiencia de Nitrógeno en dos sistemas de rotación, en el cultivo de Maíz (Zea mays L.) en la Granja Laguacoto II, Cantón Guaranda*. Provincia Bolívar. Guaranda, Ecuador.

- MAGAP, M. d. (2013). Maiz Suave Choclo.
- Maroto, J. (1998). *Horticultura Herbácea Especial. 4ta Edición.* . Madrid, España.: Ediciones Mundi Prensa.
- Monar, A., & Agualongo, M. (2003). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Fertilización Química en maíz Guagal Mejorado INIAP-111 (Zea mays L.) en dos tipos de labranza en las localidades de Tagma y la Chima Cantón San Miguel, Provincia Bolívar.* Guaranda, Ecuador.
- Monar, C. (2000). *Informe Anual Proyecto Integral Noreste de Bolívar (PINEB)- INIAP-FEPP.* Guaranda, Ecuador.
- Monar, C. (2002). *Informe Anual. Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología.* Bolívar. Guaranda, Ecuador.
- Monar, C. (2013). *Informe Anual de Actividades.* Guaranda, Ecuador: Programa Producción de Semillas.
- Monar, C. (2015). *Informe Anual de Actividades.* Guaranda, Ecuador: Programa de semillas UEB.
- Monar, C. (2016). *Informe Anual de Actividades.* Guaranda, Ecuador: Programa de semillas UEB.
- Morales, F. (2009). *Rotación de cultivos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.* Texcoco, México: Ediciones SEGARPA.
- Morgan, S. E. (2000). *El Rol del Nitrógeno y del Fósforo en la Producción de Maíz.* Buenos Aires, Argentina: INTA-FCA.
- Olivares, J. (2008). *Fijación Biológica de Nitrógeno. Revista Electrónica de la Estación Experimental del Zaidín.* Granada, España: CSIC.
- Ortas, L. (2008). El cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales. *Revista Agrigan S.A.*, 1, 8, 11, 18.
- Ortiz, R. (2008). *Hidroponía en el suelo.* Quito-Ecuador.: Edición Abya-Yala.
- Parsons, D. (1990). *Manual para la Educación Agropecuaria.* Edición Trillas.
- Pilar, P. (2017). *Absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en híbrido promisorio de maíz.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/436/43654191007/html/>

- Pitty, A. (2002). *Guía Fotográfica para la identificación de Malezas Parte 1. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras: El Zamorano.*
- Quishpe, B. (2010). *Tesis de Ingeniero Agropecuario Industrial. Evaluación de la producción de dos variedades experimentales en etapa fenológica (choclo) y seco, de maíz (Zea mays L.) de grano blanco harinoso y un híbrido simple, frente al testigo local, en Loja -Ecuador. Cuenca, Ecuador.*
- Rivadeneira, M. (2012). *Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Evaluación del Biofertilizante a base de cepas de (Azospirillum spp). en el cultivo de maíz (. Guaranda, Ecuador.*
- Rojas, M. (2013). *Módulo de Cultivos de Clima Templado y Frío II. . Guaranda, Ecuador.*
- Ruiz, R. (2009). *Características de algunos fertilizantes nitrogenados para uso en goteo. INIAP . CHILE.*
- Serratos, J. (2012). *El origen y la diversificación del maíz en el continente americano. . México: Editorial Greenpeage, segunda edición.*
- Suquilanda, M. (1996). *La Agricultura Orgánica una alternativa viable para el establecimiento de sistemas productivos sustentables. . Quito, Ecuador: 2da edición.*
- Terán, G. (2010). *Corrección del anteproyecto de tesis “Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (Zea mayz L.) con cuatro niveles de fertilización. Parroquia La Concepción cantón Mira.*
- Witt, C. (2004). *Manejo de Nutrientes. Canadá.*
- Yanez, B. D. (2007). *Tesis de Ingeniero Agrónomo. Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza de conservación en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en Lagucoto II y San Pablo de Atenas. Guaranda, Ecuador.*

# ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del ensayo



## **Anexo 2. Base de datos**

### **Código de variables:**

V2: FA: Labranzas. A1: Convencional. A2: Reducida. A3: Cero

V3: FB: Variedades de maíz. B1: Guagal Local. B2: INIAP 111

V4: FC: Dosis de N. C1: 0; C2: 40 y C3: 80 kg/Ha

V5: PE: Porcentaje de Emergencia

V6: DFM: Días a la Floración Masculina

V7: DFF: Días a la Floración Femenina

V8: AP: Altura de Planta

V9: AIM: Altura de Inserción de Mazorca

V10: DCCH: Días a la Cosecha en Choclo

V11: SM: Sanidad en la Mazorca en choclo

V12: RCHH: Rendimiento en Choclo en Kg/H

V13: AR: Porcentaje de Acame de Raíz

V14: AT: Porcentaje de Acame de Tallo

V15: NPP: Número de Plantas por Parcela

V16: PPCM: Número de Plantas con Mazorca

V17: PSM: Número de Plantas sin Mazorca

V18: PCDM: Numero de Plantas con dos Mazorcas

V19: LMS: Longitud de Mazorca en seco

V20: DMZS: Diámetro de la Mazorca en seco

V21: NHM: Número de Hileras por Mazorca

V22: NGH: Número de Granos por Hilera

V23: NGM: Número de Granos por Mazorca

V24: DCS: Días a la Cosecha en Seco

V25: RP: Rendimiento en Kilogramos por Parcela

V26: PD: Porcentaje de desgrane

V27: RH: Rendimiento en Kilogramos por Hectárea

V28: SM: Sanidad de Mazorcas

V29: PGS: Peso de 100 Granos Secos

V30: NGKg: Número de Granos por Kg.

**Tabla 25.** Base de datos

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
R	A	B	C	PE	DFM	DFE	AP	AIM	DCCH
1	1	1	0	96	124	138	294	190,25	168
1	1	1	40	99	122	135	306	194	169
1	1	1	80	99	121	134	292	191,5	171
1	1	2	0	97	118	132	252	145,25	161
1	1	2	40	94	116	130	240	134,75	162
1	1	2	80	96	115	128	279	171,55	164
1	2	1	0	97	123	137	268	169,9	168
1	2	1	40	98	121	135	320	206,5	169
1	2	1	80	96	120	134	284	185,75	171
1	2	2	0	97	117	131	233	137,5	161
1	2	2	40	98	115	128	263	152,25	162
1	2	2	80	93	114	127	265	157	164
1	3	1	0	99	123	137	282	181,75	168
1	3	1	40	98	122	136	304	198,6	169
1	3	1	80	99	121	135	308	198,25	171
1	3	2	0	99	117	132	230	134,75	161
1	3	2	40	94	116	130	246	148,75	162
1	3	2	80	98	115	129	251	145,5	164
2	1	1	0	99	122	136	302	198,25	168
2	1	1	40	98	122	135	297	200,25	169
2	1	1	80	98	121	134	332	225,5	171
2	1	2	0	97	117	132	259	153,5	161
2	1	2	40	99	116	130	264	159,75	162
2	1	2	80	98	115	128	271	172	164
2	2	1	0	99	124	138	276	175,5	168
2	2	1	40	99	122	136	292	187	169
2	2	1	80	98	120	135	309	200,25	171
2	2	2	0	98	117	131	249	151,35	161
2	2	2	40	98	115	129	250	140,75	162
2	2	2	80	99	114	128	261	161,9	164
2	3	1	0	97	124	137	246	148,75	168
2	3	1	40	99	121	135	283	178,75	169
2	3	1	80	98	120	134	295	182,75	171
2	3	2	0	95	118	133	236	129,75	161
2	3	2	40	98	115	128	253	151,5	162
2	3	2	80	98	114	128	250	140,25	164
3	1	1	0	99	123	137	299	199,25	170
3	1	1	40	99	121	135	300	206,25	171
3	1	1	80	97	121	135	333	221,25	173
3	1	2	0	100	118	132	255	153,25	163
3	1	2	40	99	116	130	265	159,25	164
3	1	2	80	99	115	129	271	171,25	166
3	2	1	0	99	124	137	276	175,75	170
3	2	1	40	96	122	136	293	188	171
3	2	1	80	98	121	135	308	203,25	173
3	2	2	0	98	118	132	250	152	163
3	2	2	40	97	115	128	251	147,5	164
3	2	2	80	98	114	128	262	160,75	166
3	3	1	0	99	124	138	249	148,5	171
3	3	1	40	99	121	135	284	179,5	173
3	3	1	80	99	120	134	296	188,5	173
3	3	2	0	98	117	131	236	131,5	163
3	3	2	40	98	115	129	251	146,25	164
3	3	2	80	100	114	127	252	142,5	165

V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
SMCH	RCHH	AR	AT	NPP	NPCM	NPSM	PCDM	LMS	DMZ
3	6172,8	1,96	5,32	357	282	74	1	14,4	5,78
1	7746,9	0,82	3,01	365	282	81	2	15,7	4,99
2	8759,1	0,82	1,37	365	292	73	0	14,5	5,58
2	5862,7	6,18	10,96	356	201	155	0	12,7	5,62
1	7477,8	2,59	4,02	348	263	83	2	13,2	4,82
1	8561,1	0,56	1,97	355	254	101	0	15,6	5,14
2	5714,9	13,37	16,43	359	180	179	0	12,9	5,01
1	7425,2	1,94	3,32	361	279	82	0	14,5	5,76
1	8707,4	3,09	1,4	356	252	103	1	15,7	6,02
2	5944,4	12,32	17,65	357	205	152	0	14,9	5,16
1	7580,9	3,05	4,16	361	285	74	2	15,5	4,98
1	8358,6	2,92	2,62	343	251	92	0	16,2	5,48
1	5451,5	0,54	4,36	367	264	103	0	14,2	4,85
2	6902,5	0,55	3,31	362	273	88	1	14,8	5,08
1	8119,8	0,27	0,55	364	304	60	0	15	5,27
1	5280,9	0,82	3,56	365	187	178	0	14,1	5,04
2	6032,4	0,86	2,87	349	240	107	2	13,4	4,84
1	7951,9	0,55	1,87	362	273	88	1	14,9	4,6
2	6635,8	2,19	4,66	365	277	88	0	12,9	4,94
2	7824,1	1,94	3,88	361	262	96	3	15,3	5,66
1	8776,3	1,1	1,65	364	283	80	1	14,7	5,44
2	5979	3,06	3,62	359	242	117	0	14	5,04
3	7324,1	1,92	3,01	365	272	92	1	15,1	5,11
2	8484,3	0,55	1,38	363	269	92	2	15,5	5,5
2	5565,6	6,27	7,9	367	154	213	0	13,6	5,16
2	7637,3	5,19	5,46	366	281	84	1	14,6	5,76
1	8844,5	2,49	3,31	362	239	121	2	15,7	5,41
3	5560,6	3,05	4,99	361	224	137	0	14,6	5,06
3	7464,2	3,3	3,57	364	293	69	2	14,7	5,37
1	8475,3	1,09	2,46	366	294	72	0	15,2	5,07
2	5355,6	3,07	3,91	358	232	125	1	13,4	5,32
1	6824,7	1,91	3,27	367	295	72	0	13,9	5,49
1	8104,9	0,55	1,65	363	302	59	2	15,2	5,41
3	5309,9	1,42	2,84	352	220	131	1	14,4	5,14
1	6580,2	0,83	1,1	362	298	62	2	14,2	5,06
2	7813,6	1,11	1,39	360	294	66	0	15	5,18
1	6404,3	4,63	5,45	367	230	136	1	13,1	4,82
1	7901,3	3,56	3,84	365	266	99	0	13,7	5,25
1	8642	1,39	3,06	360	276	81	3	14,7	5,16
3	5746,3	3,3	4,67	364	201	161	2	12,7	4,83
1	7270,4	1,64	3,01	366	267	98	1	14,2	4,93
1	8407,4	0,55	1,37	366	287	78	1	15,7	5,02
2	5864,2	15,24	18,01	361	162	199	0	12,7	5,01
2	7313	9,83	12,36	356	231	125	0	14,2	4,77
1	8981,5	6,32	8,52	364	232	131	1	14,4	5,06
1	5752,5	16,62	19,15	355	192	163	0	13	4,84
2	7597,5	10,83	13,06	360	191	168	1	14,5	4,96
1	8642	5,25	6,91	362	230	132	0	14,5	4,89
1	5403,6	4,72	6,11	360	187	173	0	12,3	4,95
2	6863,3	5,71	6,52	368	300	68	0	14,4	4,9
2	8112,4	2,46	3,55	366	288	76	2	14,3	5,08
3	5145,5	3,35	4,75	358	214	144	0	14,9	4,77
1	6306,4	3,58	4,41	363	240	122	1	14,3	4,81
2	7882,8	3,8	2,72	368	298	70	0	15,2	4,97

V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30
NHM	NGH	NGM	DCS	RP	PD	RH	SMS	PGS	NGK
10	24	240	229	19,25	0,89	1525,48	3	59,74	1674
11	24	199	230	29,25	0,83	2615,2	2	60,26	1659
10	25	213	232	32	0,82	2959,37	1	71,23	1404
9	25	191	222	13,75	0,88	975,74	4	53,77	1860
10	21	167	223	22,25	0,85	1727,23	3	55,47	1803
12	31	218	225	24,75	0,86	2199	4	59,87	1670
10	20	163	229	11,25	0,86	844,97	3	61,42	1628
10	28	225	230	30,5	0,91	2898,1	2	66,54	1503
10	26	220	232	26,75	0,91	2688,45	2	74,74	1338
10	26	262	222	11,5	0,88	1047	5	53,58	1866
10	25	218	223	24	0,88	1843,07	3	59,4	1684
10	28	271	225	22	0,84	1697,2	3	59,21	1689
11	26	183	229	18,5	0,86	1584,31	2	62,37	1603
10	23	208	230	20,5	0,89	2537	3	66,46	1505
11	25	182	232	28	0,87	2680,94	2	71,96	1390
11	26	257	222	10,75	0,86	720,14	5	53,35	1874
11	25	206	223	17,75	0,88	1252,88	4	60,31	1658
10	28	195	225	22,25	0,92	2282	5	60,73	1647
9	25	226	229	28,75	0,9	1542	2	60,9	1642
9	23	256	230	30,25	0,92	2632	2	65,85	1519
11	25	241	232	34,25	0,88	3272,81	2	73,26	1365
10	24	230	222	20,75	0,89	1401,1	5	56,15	1781
10	26	240	223	28,75	0,86	2354,12	3	57,54	1738
10	24	295	225	27,25	0,89	2121,69	3	60,06	1665
8	21	217	229	12,75	0,87	1188,74	2	67,22	1488
10	26	229	230	31,5	0,89	3137,3	1	68,12	1468
11	24	268	232	29,25	0,89	3019,09	1	71,41	1400
10	25	254	222	15,5	0,92	1263,43	3	55,21	1811
10	25	282	223	25	0,87	1972,19	4	60,88	1643
11	24	304	225	29,5	0,9	2621,27	2	66,19	1511
10	25	198	229	15,5	0,85	1291,98	2	63,66	1571
11	26	190	230	29	0,88	2845,92	1	66,64	1501
10	23	229	232	35	0,87	2514	1	71,96	1390
12	24	266	222	17	0,88	1209,52	4	55,37	1806
12	26	222	223	25	0,84	1296	3	55,98	1786
12	26	254	225	25,75	0,88	2151,72	3	60,22	1661
9	21	204	231	16	0,87	1416,84	3	62,35	1604
11	25	209	232	26,5	0,9	2648,65	1	66,85	1496
10	25	227	234	29,5	0,87	3116	3	72,64	1377
11	25	198	224	9,75	0,88	1188	5	57,7	1733
10	24	248	225	17,5	0,85	2041	5	58,1	1721
10	28	268	227	31	0,86	2277,97	3	61,8	1618
9	19	170	231	8,5	0,87	1017	3	57,24	1747
9	21	225	232	12	0,85	3017	3	60,34	1657
9	21	220	234	18,5	0,86	2853	2	72,73	1375
10	21	187	224	10,5	0,89	832,64	3	55,87	1790
9	20	234	225	9,5	0,85	1907	5	61,09	1637
10	25	237	227	17,75	0,86	2159	4	65,2	1534
10	22	162	232	10,5	0,89	1438	3	67,94	1472
10	24	221	234	22,25	0,91	2229,98	2	67,17	1489
10	24	223	234	24	0,85	2348,35	2	73,34	1364
10	19	250	224	8,75	0,91	965	5	58,73	1703
10	25	231	225	18,25	0,9	1340,96	5	58,47	1710
10	26	248	226	27,5	0,88	2414,97	3	60,62	1650

**Base de datos contenido de nitrógeno al inicio y final del ensayo.**

**Tabla 26.** Contenido de N, P, K al final del ensayo en kg/ha

TRAT	N	P	K
A1B1C1	116	168	270,27
A2B1C2	128	128	308,88
A1B1C3	172	126	123,552

**Tabla 27.** Contenido Inicial de Nitrógeno (NI)

NI	kg/ha
A1	95
A2	96
A3	98

Variables:

Repeticiones

FA: Tipos de labranza: 3

FC: Dosis de N: 3            NF en kg/ha

**Tabla 28.** Contenido de Nitrógeno al final del ensayo

Rep	FA	FC	NF
1	1	0	116
1	1	40	135
1	1	80	172
1	2	0	120
1	2	40	145
1	2	80	182
1	3	0	119
1	3	40	138
1	3	80	176
2	1	0	110
2	1	40	138
2	1	80	178
2	2	0	118
2	2	40	140
2	2	80	178
2	3	0	125
2	3	40	148
2	3	80	185
3	1	0	112
3	1	40	140
3	1	80	181
3	2	0	122
3	2	40	143
3	2	80	183
3	3	0	121
3	3	40	150
3	3	80	186

**Anexo 3. Resultados de análisis químico de suelos antes y al final del ensayo.**

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b> ST:	S-259-17 094- 17 ANÁLISIS DE SUELOS
<b>Nombre Peticionario:</b> Atn. Dirección:	UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLIVAR Milton Gonzalo Sánchez Guaranda, San Miguel Guaranda-Bolivar
<b>FECHA:</b> NUMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANÁLISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO CESTTA: CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO:	29 de Septiembre del 2017 1 2017/09/19 12:26 2017/01/27 -09:00-10:00 2017/09/19 - 2017/09/29 Suelos LAB-S 258-17 S-1 San Miguel Bolivar. Recinto: Quisacoto. Predio: Milton Sanchez A una Profundidad de 60cm Físico - Químico Milton Gonzalo Sánchez T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES:	Físico - Químico Milton Gonzalo Sánchez T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

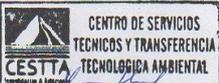
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldhal	%	0,18	---	---
*Fósforo Total	EPA 3051 / Espectrofotometria	mg/Kg	1939,95	---	---
*Potasio	PEE /CESTTA/87 EPA SW-846 3051A/7000B	mg/Kg	2244,00	---	---
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/24 EPA 9045 D	Unidades de pH	8,26	±0,4	---
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 Método de referencia NEN 5754.2005	%	8,49	± 5%	---

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Muestra compuesta.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**



Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1  
Edición 1

MC01-23



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA  
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

**LABORATORIO DE  
ENSAYO  
ACREDITADO POR  
EL SAE**

**ACREDITACIÓN  
N° OAE LE 2C 06-008**

**INFORME DE ENSAYO No:**  
**ST:**

S-260-17  
094- 17 ANÁLISIS DE SUELOS

**Nombre Peticionario:**  
**Atn.**  
**Dirección:**

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR  
Milton Gonzalo Sánchez  
Guaranda, San Miguel  
Guaranda-Bolivar

**FECHA:**  
**NUMERO DE MUESTRAS:**  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:**  
**FECHA DE MUESTREO:**  
**FECHA DE ANÁLISIS:**  
**TIPO DE MUESTRA:**  
**CÓDIGO CESTTA:**  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:**  
**PUNTO DE MUESTREO:**

29 de Septiembre del 2017  
1  
2017/09/19 12:26  
2017/01/27 10:00-11:00  
2017/09/19 - 2017/09/29  
Suelos  
LAB-S 259-17  
S-2  
San Miguel Bolivar, Recinto: Quisacoto. Predio: Milton Sanchez  
A una Profundidad de 30cm  
Físico - Químico  
Milton Gonzalo Sánchez  
T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**ANÁLISIS SOLICITADO:**  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES:**

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldhal	%	0,21	---	---
*Fósforo Total	EPA 3051 / Espectrofotometria	mg/Kg	2090,55	---	---
*Potasio	PEE /CESTTA/87 EPA SW-846 3051A/7000B	mg/Kg	2421,55	---	---
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/24 EPA 9045 D	Unidades de pH	7,9	±0,4	---
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 Método de referencia NEN 5754.2005	%	9,03	± 5%	---

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Muestra compuesta.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
CENTRO DE SERVICIOS  
TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA  
CESTTA TECNOLÓGICA AMBIENTAL  
www.cestta.org.ec  
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
MC01-23

Página 1 de 1  
Edición 1



**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 : Milton Sánchez Universidad Estatal Bolívar  
 Dirección : Bolívar  
 Ciudad :  
 Teléfono :  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : Quisacoto  
 Provincia : Bolívar  
 Cantón : San Miguel  
 Parroquia :  
 Ubicación :

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 Cultivo Actual : Maíz  
 Fecha de Muestreo : 03/09/2018  
 Fecha de Ingreso : 23/10/2018  
 Fecha de Salida : 06/11/2018

N° Muestr. Laborat.	meq/100ml		ds/m	C.E.	M.O.	Ca+Mg		Σ Bases	NTot	Textura (%)		Clase Textural	
	Al+H	Al				Ca	Mg			Arena	Limo		Arcilla
110224					5,60 A	6,00	1,29	9,00	21,00	29	43	28	Franco-Arcilloso
110225					5,30 A	6,29	1,17	8,50	22,80	31	39	30	Franco-Arcilloso
110226					5,00 M	6,79	3,02	23,54	23,56	29	39	32	Franco-Arcilloso
110227					5,60 A	6,61	2,28	17,32	22,53	29	39	32	Franco-Arcilloso

**INTERPRETACION**

Al+H, Al y Na	C.E.			
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino		
M = Medio	LS = Lij. Salino	MS = Muy Salino		
T = Tóxico				

**ABREVIATURAS**

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

**METODOLOGIA USADA**

C.E.	= Pesta Saturada
M.O.	= Dieromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH

*Y. Simi / Betancourt*  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

*[Signature]*  
**LABORATORISTA**

**Anexo 4. Fotografías**

**TRAZADO DEL EXPERIMENTO**



**TOMA DE MUESTRAS DE SUELO**



**LABRANZA CERO.**



**SIEMBRA DEL ENSAYO.**



**LABRANZA REDUCIDA.**



**CONTROL EN POS EMERGENCIA DE MALEZAS.**



**FERTILIZACION FRACCIONADA DEL NITROGENO.**



**COSECHA EN CHOCLO**



## EVALUACIÓN LONGITUD DE MAZORCA



**DIÁMETRO DE LA MAZORCA**



**PESO EN KG POR PARCELA**



**PESO DEL SACO DE CHOCLO EN KG.**



**MONITOREO DEL CULTIVO**



**PORCENTAJE DE ACAME DE RAÍZ (AR)**



## MONITOREO DEL CULTIVO



**PORCENTAJE DE PLANTAS CON MAZORCA (PPCM)**



**PORCENTAJE DE PLANTAS CON DOS MAZORCAS  
(PPCDM)**



**LONGITUD DE LA MAZORCA EN SECO (LM)**



**DIÁMETRO DE MAZORCA EN SECO (DM)**



**NUMERO DE HILERAS POR MAZORCA (NHM)**



## **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO. (CHG)**



## **PORCENTAJE DE DESGRANE**



## **EVALUACION SANIDAD DE MAZORCA**



## **Anexo 5.** Glosario de términos técnicos.

**Ácidos nucleicos.** - Los ácidos nucleicos son biomoléculas orgánicas compuestas siempre por C, H, O, N, P. Son moléculas fibrilares (alargadas) gigantes no ramificadas, que desempeñan funciones biológicas de trascendental importancia en todos los seres vivos; contienen información genética.

**Adenosin difosfato (ADP).** - Es un nucleótido difosfato, es decir, un compuesto químico formado por un nucleósido y dos radicales fosfatos unidos entre sí. En este caso el nucleósido lo componen una base púrica, la adenina, y un azúcar del tipo pentosa que es la ribosa.

**Adenosin trifosfato (ATP).** - Está constituido por un nucleótido adenosina al que están unidos tres moléculas de ácido fosfórico. La energía acumulada en los enlaces fosfato se libera al hidrolizarse.

**Agricultura de Conservación.** - (AC) Es una práctica agrícola sostenible y rentable que busca la protección del medio ambiente, como también brindar un soporte a los agricultores en la reducción de costos de producción y mano de obra.

**Amina.** - Son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo.

**Amoniaco.** - Es un gas incoloro con un olor característico. El olor es reconocido por mucha gente ya que el amoníaco se usa en sales aromáticas, en muchos productos de limpieza domésticos e industriales, y en productos para limpiar vidrios. El amoníaco gaseoso puede disolverse en agua. Este tipo de amoniaco se llama amoniaco líquido o solución de amoniaco. Una vez que se expone al aire, el amoniaco líquido se transforma rápidamente a gas. El amoníaco se aplica directamente al suelo en terrenos agrícolas, y se usa para fabricar abonos para cosechas agrícolas, prados y plantas. Muchos productos de limpieza domésticos e industriales contienen amoníaco

**Amonio.** - Es un catión poliatómico cargado positivamente, de fórmula química ( $\text{NO}_4^+$ ). Tiene un peso molecular de 18,04 y se forma mediante la protonación del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Los iones amonio son un producto tóxico de desecho del metabolismo en los animales. En los peces e invertebrados acuáticos, se excreta directamente en el agua. En mamíferos, tiburones, y anfibios, se convierte en el ciclo de la urea en urea, debido a que es menos tóxica y puede ser almacenada más eficientemente. En aves, reptiles y serpientes terrestres, el amonio metabólico es convertido en ácido úrico, que es sólido, y puede ser excretado con mínimas pérdidas de agua. El amonio es tóxico para los humanos en altas concentraciones, y puede causar daños en la mucosa que recubre los pulmones, o quemaduras alcalinas.

**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.

**Ciclo del carbono.**- Se llama ciclo del carbono, al conjunto de transformaciones que suceden en torno a los compuestos que contienen entre sus componentes el mineral carbono. este proceso constante y natural sucede entre las capas de tierra donde hay vida, a saber la biosfera, lugar destinado para el desarrollo de la vida animal y vegetal, la atmosfera, nuestra gran capa protectora de los rayos del sol, la hidrosfera, superficie de agua contentiva de gran producto nutritivo y mineral y la litosfera la cual sirve como primera capa tierra por debajo de la biosfera.

**CO.**- El monóxido de carbono es refractario al proceso de reutilización de fotosíntesis por las plantas (al contrario que el dióxido) y se difunde en el aire con relativa facilidad debido a su reducido peso específico, es un gas incoloro, inodoro, con una densidad ligeramente superior a la del aire y con una toxicidad muy alta para los organismos vivientes.

**CO<sub>2</sub>.** - Dióxido de carbono atmosférico es la principal fuente de carbón para la vida en la Tierra y su concentración preindustrial desde el Precámbrico tardío era regulada por los organismos fotosintéticos y fenómenos geológicos. Como parte del

ciclo del carbono, las plantas, algas y cianobacterias usan la energía solar para fotosintetizar carbohidratos a partir de ( $\text{CO}_2$ ) y agua, mientras que el ( $\text{O}_2$ ) es liberado como desecho. Las plantas producen ( $\text{CO}_2$ ) durante la respiración, es un producto de la respiración de todos los organismos aeróbicos.

**Contaminación.** - Impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Sobre la contaminación de la atmósfera por emisiones industriales, incineradoras, motores de combustión interna y otras fuentes como la contaminación atmosférica, del agua, los ríos, los lagos y los mares por residuos domésticos, urbanos, nucleares e industriales.

**Deficiencia.** - Funcionamiento inferior a lo normal que se manifiesta desde la siembra y está asociado a desajustes en el comportamiento.

**Densidad.** - Parámetro que implica el número de elementos por unidad de superficie o volumen en un momento dado.

**Desnitrificación.** - La desnitrificación es la transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, óxido nítrico y óxido nitroso. Éstos son compuestos gaseosos y no son fácilmente accesibles para el crecimiento microbiano; por ello, se liberan normalmente en la atmósfera. El gas nitrógeno supone alrededor del 70% de los gases atmosféricos y su liberación en la atmósfera es un hecho benigno. La desnitrificación biológica es una reacción de respiración anaeróbica, en la que se elimina el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) convirtiéndolo en los compuestos anteriores. Las bacterias desnitrificadoras son bacterias autótrofas aeróbicas o heterótrofas que pueden transformarse para tener un crecimiento anaeróbico cuando se usa el nitrato como aceptador de electrones.

**Eficiencia Agronómica.** - Kilogramo de aumento en la producción por kilogramo de N aplicado.

**Eficiencia Química.** - “Eficiencia de una reacción química”. Es la comparación porcentual entra la cantidad real o práctica y la cantidad teórica obtenida de un producto determinado.

**Enfermedad.** - Cualquier mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante, que resulta de la irritación continúa por un agente patogénico o factor ambiental y que lleva al desarrollo de síntomas.

**Erosión.** - La erosión es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico. Entre los agentes erosivos están la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas, y puede ser incrementada por la actividad humana.

**Fertilidad del suelo.** - Capacidad de producir del suelo gracias a la presencia de los cationes que pueden intercambiarse con los minerales que de tal forma son asimilables por las plantas.

**Fertilización.** - Proceso de enriquecer un sistema para maximizar su producción (los fertilizantes y agroquímicos robustecen la producción agrícola).

**Fertilizante.** - Producto químico, usualmente con mezcla nitrogenada y/o fosforilada, que enriquece al suelo por el intercambio iónico incrementando y favorece el desarrollo de las plantas y aumenta la producción agrícola.

**Fotoquímica.** - Parte de la química que estudia los efectos producidos por la absorción y la emisión de luz en las reacciones químicas.

**Fotosíntesis.** - Proceso mediante el cual la energía lumínica se convierte en energía química en presencia de la clorofila. Se producen carbohidratos a partir de carbono y oxígeno.

**Guagales.** – Raza de maíces criollos suaves harinosos tardíos de la sierra de la provincia Bolívar.

**Herbicida.** - Sustancia tóxica para las plantas; principio activo de los productos agroquímicos destinado a eliminar plantas no deseadas, sobre todo las malezas o malas hierbas hereditarias.

**Índice de nitrógeno.** - La eficacia de los fertilizantes nitrogenados en la maximización de la producción agrícola y aumento de beneficios económicos para los agricultores ha llevado a su uso generalizado. Sin embargo, cuando este elemento se aplica a un sistema de producción, se puede entrar al ambiente circundante a través de la superficie de la atmósfera y las vías de lixiviación.

**Insecticidas.** - Agentes químicos usados para eliminar insectos nocivos para la agricultura; junto con los fungicidas, son los medios más importantes para la protección de plantas cultivables. Están elaborados por compuestos de flúor y Arsenio, aceites minerales o alquitranados, hidrocarburos clorados o son residuos fosfatados.

**Interacción.** - Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

**Iones.** - Es una partícula cargada constituida por un átomo o conjunto de átomos neutros que ganaron o perdieron electrones, fenómeno que se conoce como ionización.

**Labranza Cero.** - La labranza cero es una forma de cultivar sin arar. No se perturba el suelo y los campos retienen una buena cobertura de materia vegetal viva o en descomposición durante todo el año. Esto protege de la erosión y favorece un suelo sano y bien estructurado para el cultivo. El sistema también se conoce como siembra directa y es una de las prácticas de producción de cultivos que se incluyen en el concepto general de labranza de conservación.

**Labranza Convencional.** - Involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos.

**Labranza Mínima.** - Práctica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible.

**Lixiviación.** - Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo, adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación. Cuando el hombre la destruye, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe.

**Metabolismo.** - Proceso por el cual las células o los organismos utilizan compuestos nutritivos para sintetizar materia viva y componentes estructurales, o para degradar el material celular hasta sustancias simples y así llevar a cabo funciones especiales.

**Mineralizar.** - Comunicar a una sustancia las condiciones de mineral o mena. Dicho del agua: Cargarse de sustancias minerales.

**N<sub>0</sub>2.**-Es un término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones, muchos de los óxidos de nitrógeno son incoloros e inodoros.

**Nitrato.** - El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es (NO<sub>3</sub>). El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO<sub>2</sub>).

**Nitrificación.** - La nitrificación es el proceso a través del cual las bacterias nitrificantes transforman el amonio en nitrato.

**Nitrito.** - Es un anión angular con una configuración electrónica y una disposición angular similar a la del Ozono. Los nitritos pueden formar sales o ésteres a partir del ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). En la naturaleza los nitritos aparecen por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas).

**Nitrobacter.** - Microorganismo aeróbico que convierte los nitritos en nitratos. Son bacterias benéficas en los acuarios.

**Nitrógeno.** - El nitrógeno es el compuesto más abundante de la atmósfera de nuestro planeta con el **78,1%** de su volumen. Además, está presente en el **3%** de la estructura elemental del organismo de los seres humanos. Este elemento es clave en la agricultura para el crecimiento y desarrollo de las plantas y por su contribución en la formación de las proteínas y aminoácidos esenciales.

**Nitroso.** - En química orgánica, nitroso se refiere a un grupo funcional que tiene la fórmula general ( $\text{RNO}$ ). Los compuestos nitrosos pueden ser preparados por reducción de nitroderivados, o por la oxidación de las hidroxilaminas.

**Nitrosomonas.** - Es un género que comprende bacterias quimioautotróficas forma de varilla. Esta bacteria oxida amoníaco en nitrito como un proceso metabólico. Nitrosomonas son útiles en el tratamiento de los residuos industriales y de aguas residuales y en el proceso de biorremediación. Ellos son importantes en el ciclo del nitrógeno mediante el aumento de la disponibilidad de nitrógeno a las plantas al tiempo que limita la fijación del dióxido de carbono. El género se encuentra en el suelo, las aguas residuales, de agua dulce, y en las superficies de construcción, especialmente en las zonas contaminadas que contiene altos niveles de compuestos de nitrógeno.

**Nutrientes.** - Cualquier sustancia que provee energía para los procesos fisiológicos y promueve el crecimiento.

**Pudrición.** - Reblandecimiento, decoloración y con frecuencia desintegración de los tejidos de una planta suculenta como resultado de infección bacteriana o fungosa.

**Residuos.** - fracción de los materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, que no se presentan en estado líquido o gaseoso.

**Semilla.** - Parte del fruto de las fanerógamas, que contiene el embrión de una futura planta, protegido por una testa, derivada de los tegumentos del primordio seminal. Grano que en diversas formas produce las plantas y que al caer o ser sembrado produce nuevas plantas de la misma especie. Fragmento de vegetal provisto de yemas, como tubérculos, bulbos, etc. Cosa que es causa u origen de que proceden otras. Granos que se siembran, exceptuados el trigo y la cebada.

**Variedad.** - Categoría específica de una planta de cultivo, seleccionada tomando como base su homogeneidad fenotípica (algunas veces genotípica).

**Volatilización de amoníaco.** - Cantidad de nitrógeno perdido a la atmosfera como amoníaco.