



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS,  
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TEMA:**

VALORACIÓN PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.),  
VARIEDAD INIAP-111, A LA APLICACIÓN DE FRANJAS RICAS DE  
NITRÓGENO EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO III, PROVINCIA  
BOLÍVAR

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente,  
Carrera de Agronomía**

**AUTORES:**

Mayra Elizabeth Méjico Camacho

Ángel German Caluña Agualongo

**DIRECTORA:**


Ing. Sonia Fierro Borja Mg.

**GUARANDA - ECUADOR**

**2022**

**VALORACIÓN PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.),  
VARIEDAD INIAP-111, A LA APLICACIÓN DE FRANJAS RICAS DE  
NITRÓGENO EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO III, PROVINCIA  
BOLÍVAR**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



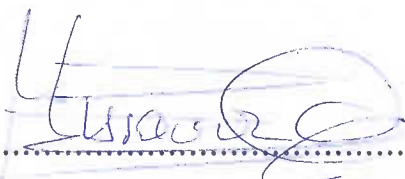
**ING. SONIA DEL CARMEN FIERRO BORJA Mg.**

**DIRECTORA**



**ING. DAVID RODRIGO SILVA GARCÍA Mg.**

**BIOMETRISTA**



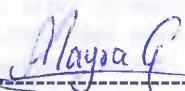
**ING. HUGO VÁSQUEZ COLOMA PhD.**

**REDACCIÓN TÉCNICA**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Mayra Elizabeth Méjico Camacho, con cédula de identidad número 0202342754 y Ángel German Caluña Agualongo, con cédula de identidad número 0202493300, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

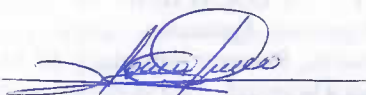
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



-----  
**MAYRA MÉJICO CAMACHO**  
AUTORA  
CI: 0202342754



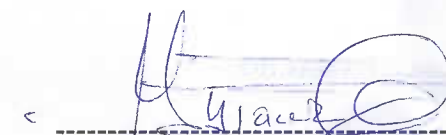
-----  
**ÁNGEL CALUÑA AGUALONGO**  
AUTOR  
CI: 0202493300



-----  
**ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.**  
DIRECTORA  
CI: 0201084712



-----  
**ING. DAVID SILVA GARCÍA Mg.**  
BIOMETRISTA  
CI: 0201600327



-----  
**ING. HUGO VÁSQUEZ COLOMA Ph.D.**  
REDACCIÓN TÉCNICA  
CI: 0200852523





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

ESCRITURA N° 20220201004P00479

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

**OTORGAN:**

**MAYRA ELIZABETH MEJICO CAMACHO**  
y **ANGEL GERMAN CALUÑA AGUALONGO**

**CUANTÍA: INDETERMINADA**

**Di 1 COPIA**

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy lunes a los seis días del mes de junio del año dos mil veintidós, ante mí DRA. MSC. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura los señores, **MAYRA ELIZABETH MEJICO CAMACHO** de estado civil soltera, y **ÁNGEL GERMAN CALUÑA AGUALONGO**, de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambos estudiantes, domiciliado la primera en la parroquia Veintimilla, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve ocho uno dos nueve uno cero tres nueve y con correo electrónico [mavramejico@gmail.com](mailto:mavramejico@gmail.com), y el segundo en la parroquia Veintimilla, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve seis siete uno nueve siete dos dos cinco y con correo electrónico [angelcalua94@gmail.com](mailto:angelcalua94@gmail.com), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros, **MAYRA ELIZABETH MEJICO CAMACHO** de estado civil soltera, y **ANGEL GERMAN CALUÑA AGUALONGO**, de estado civil soltero, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado "VALORACIÓN PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L) VARIEDAD INIAP-111, A LA APLICACIÓN DE FRANJAS RICAS DE NITRÓGENO EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO III, PROVINCIA BOLIVAR, previo a la obtención del título de Ingenieros Agrónomos, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Medio Ambiente, carrera de Agronomía.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----

  
SRTA. MAYRA ELIZABETH MEJICO CAMACHO.

C.C. 0202342754

  
SR. ANGEL GERMAN CALUÑA AGUALONGO.

C.C.

020249330-0

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







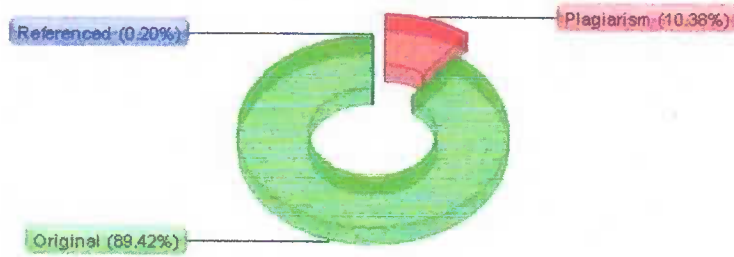
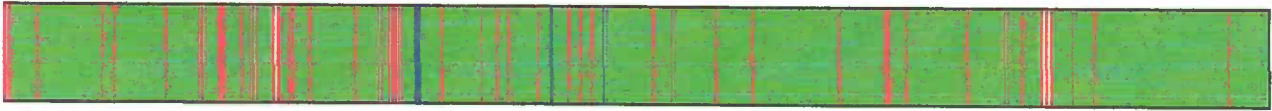


Gráfico de distribución



Principales fuentes de plagio: 22

- 7% 1348 1. ¡La URL. estará disponible solo con una licencia! Solicitar una licencia
- 4% 708 2. ¡La URL. estará disponible solo con una licencia! Solicitar una licencia
- 2% 500 3. ¡La URL. estará disponible solo con una licencia! Solicitar una licencia

Detalles de recursos procesados: 213 - Okay / 49 - Ha fallado

Notas importantes:

Wikipedia:	Libros de Google:	Servicios de escritura fantasma:	Anti-trampa:
[no detectado]	[no detectado]	[no detectado]	[no detectado]

Informes anti-trampas de UACT:

- Estado: Analizador [Encendido] Normalizador [Encendido] similitud de caracteres establecida en [100%]
- Porcentaje de contaminación UniCode detectado: [0% con límite de: 4%]
- Documento no normalizado: porcentaje no alcanzado [5%]
- Todos los símbolos sospechosos se marcarán en color violeta: [Abcd.](#)
- Símbolos invisibles encontrados: [0]

Recomendación de evaluación:

No se requiere ninguna acción especial. El documento está bien.

[uace\_abc\_stats\_header]

[uace\_abc\_stats\_html\_table]

Referencias activas (URL extraídas del documento)

No se detectaron URL.

URL excluidas:

No se detectaron URL.

URL ignoradas:

No se detectaron URL.

DIRECTORA  
Ing. Sonia Fierro Borja Mg.

REDACCIÓN TÉCNICA  
Ing. Hugo Vásquez Coloma Ph.D.

## **DEDICATORIA**

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

A mis padres, Carlos Caluña y María Agualongo por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy ahora, una persona de bien con principios y valores. Es un orgullo y privilegio inmenso de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanas/o por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi esposa Mayra Méjico por acompañarme en los momentos buenos y malos, por ser un apoyo incondicional en el transcurso de mi vida profesional.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Ángel Caluña**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo investigativo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Milton Méjico y Enma Camacho por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme siempre su amor, cariño, sus buenos consejos y principalmente por su apoyo incondicional, guiándome siempre por un buen camino a que sea una persona de bien, con valores, principios y que no debo de dejarme vencer por cualquier obstáculo que se me presente en la vida, gracias por todo son los mejores padres que Dios me pudo dar, los quiero mucho.

Dedico de manera especial a mi hermana Paola Méjico, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, con tus consejos me enseñaste cada día a ser mejor persona, espero poder contar siempre con tu apoyo incondicional, eres la mejor hermana que Dios y la Virgen Santísima me pudieron dar.

Al regalo más grande que dios me supo entregar, mi hija Naia Moanie, la persona más importante de mi vida la que me dio más fuerzas y motivos para luchar y salir adelante.

A mi tía Nancy Camacho por ser como una segunda madre, por sus buenos consejos en todo momento, por guiarme por el buen camino.

A mis primas Patricia, Jenny y Anita por haberme apoyado en este proceso de mi vida profesional y por todos los consejos brindados.

**Mayra Méjico**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por habernos otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en nosotros siempre, dándonos ejemplos de superación, humildad y sacrificio; enseñándonos a valorar todo lo que tenemos.

A nuestros padres por sus consejos, amor, comprensión, por brindarnos la más valiosa herencia de nuestras vidas que es la educación por inculcarnos valores y por su apoyo inmenso.

A nuestros familiares y amigos más cercanos por el apoyo incondicional para lograr esta gran meta de nuestras vidas.

A nuestra alma mater la Universidad Estatal de Bolívar por abrirnos las puertas del conocimiento y formar parte de tan prestigiosa Institución.

A la Ing. Sonia Fierro Borja (Directora), por su amistad, por colaborarnos en nuestra formación, por compartir su saber y conocimiento.

Al Ing. David Silva García (Biometrista), por su apoyo en este proceso de investigación, análisis y sistematización del documento y al Dr. Hugo Vásquez Coloma (Área Redacción Técnica), por el apoyo brindado para concluir con este proyecto de titulación.

A cada uno de los docentes que fueron parte de nuestra vida universitaria por compartir su conocimiento en el transcurso de la formación académica y por su amistad brindada.

Finalmente, a todos nuestros amigos, compañeros/as con quienes compartimos estos años de vida universitaria, mismos que con su apoyo y colaboración hicieron posible la culminación de esta noble profesión.

**Mayra y Ángel**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Págs.</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PROBLEMA .....	3
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 El maíz.....	5
2.1.1 Origen.....	5
2.1.2 Taxonomía.....	6
2.1.3 Clasificación botánica .....	6
2.1.4 Ciclo vegetativo del cultivo .....	8
2.1.5 Requerimientos del cultivo .....	10
2.2 Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado .....	10
2.2.1 Origen.....	10
2.2.2 Características generales del maíz INIAP 111 .....	10
2.2.3 Reacción a enfermedades.....	11
2.2.4 Zonificación .....	11
2.2.5 Requerimientos básicos de clima .....	11
2.2.6 Época de siembra .....	12
2.2.7 Tipos de suelos .....	12
2.2.8 Siembra en labranza reducida .....	12
2.2.9 Surcado.....	12
2.2.10 Fertilización.....	12
2.2.11 Control de malezas .....	13
2.2.12 Fertilización complementaria.....	13
2.2.13 Control de insectos plaga .....	13
2.2.14 Cosecha .....	14
2.2.15 Desgrane.....	14
2.2.16 Secado .....	14
2.2.17 Aventado .....	14

2.2.18	Almacenamiento .....	14
2.2.19	Calidad del grano seco .....	15
2.2.20	Usos.....	15
2.2.21	Composición química del grano de maíz (choclo).....	15
2.3	Fertilización nitrogenada .....	15
2.3.1	Nitrógeno.....	15
2.3.2	Compuestos nitrogenados inorgánicos.....	16
2.3.3	Compuestos nitrogenados orgánicos.....	16
2.3.4	Ciclo del nitrógeno en el suelo.....	17
2.3.5	Pérdidas del nitrógeno en el suelo.....	17
2.3.6	Funciones del nitrógeno en la planta de maíz .....	18
2.3.7	Deficiencias de nitrógeno en la planta de maíz.....	19
2.3.8	Contenido de nitrógeno en el suelo .....	19
2.3.9	La producción agrícola y el nitrógeno .....	19
2.3.10	Nitrógeno mineral disponible.....	20
2.3.11	Beneficios de la fertilización.....	20
2.3.12	Eficiencia química del uso del fertilizante .....	20
2.3.13	Materia orgánica.....	21
2.3.14	Índice de Nitrógeno.....	22
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>24</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>24</b>
3.1	Materiales .....	24
3.1.1	Localización de la investigación .....	24
3.1.2	Situación geográfica y climática .....	24
3.1.3	Zona de vida.....	24
3.1.4	Material experimental .....	24
3.1.5	Materiales de campo .....	25
3.1.6	Materiales de oficina .....	25
3.2	Métodos .....	26
3.2.1	Factores en estudio.....	26
3.2.2	Tratamientos.....	26
3.2.3	Tipo de diseño experimental .....	26

3.2.4	Tipos de análisis.....	27
3.3	Métodos de evaluación y datos tomados .....	27
3.3.1	Número de plantas por parcela (NPP).....	27
3.3.2	Número de plantas por parcela neta (NPPN) .....	27
3.3.3	Días a floración masculina (DFM).....	28
3.3.4	Días a floración femenina (DFF) .....	28
3.3.5	Días a la cosecha en choclo (DCCH).....	28
3.3.6	Rendimiento en choclo en sacos/ha (RCHS/ha) .....	28
3.3.7	Altura de planta (AP) .....	28
3.3.8	Altura inserción mazorca (AIM).....	28
3.3.9	Diámetro de tallo (DT).....	29
3.3.10	Número de plantas con mazorca (NPCM) .....	29
3.3.11	Número de plantas sin mazorca (NPSM).....	29
3.3.12	Porcentaje de plantas con dos mazorcas (PPC2M) .....	29
3.3.13	Días a la cosecha en seco (DCS).....	29
3.3.14	Cobertura de mazorca (CM).....	29
3.3.15	Acame de raíz (AR) .....	30
3.3.16	Acame de tallo (AT).....	30
3.3.17	Longitud de mazorca (LM) .....	30
3.3.18	Diámetro de mazorca (DM) .....	30
3.3.19	Porcentaje de humedad del grano (PHG).....	30
3.3.20	Rendimiento en kg/parcela (Rkg/P).....	31
3.3.21	Rendimiento en kg/ha (Rkg/ha) .....	31
3.3.22	Porcentaje de desgrane (PD) .....	31
3.4	Manejo del experimento .....	32
3.4.1	Análisis físico químico del suelo .....	32
3.4.2	Preparación de suelo y distribución de unidades experimentales ...	32
3.4.3	Siembra .....	32
3.4.4	Fertilización.....	32
3.4.5	Control de malezas.....	33
3.4.6	Control de plagas.....	33
3.4.7	Control de enfermedades.....	33

3.4.8	Control químico de plagas de la mazorca .....	33
3.4.9	Cosecha .....	33
3.4.10	Desgrane.....	33
3.4.11	Secado .....	34
3.4.12	Almacenamiento .....	34
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>35</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>35</b>
4.1	Variables agronómicas .....	35
4.1.1	Niveles de nitrógeno .....	36
4.2	Coefficiente de variación CV .....	47
4.3	Análisis de correlación y regresión .....	47
4.3.1	Correlación (r).....	48
4.3.2	Regresión (b).....	48
4.3.3	Coefficiente de determinación ( $R^2$ ).....	48
4.4	Análisis económico .....	53
4.5	Comprobación de hipótesis .....	55
4.6	Conclusiones y recomendaciones.....	56
4.6.1	Conclusiones .....	56
4.6.2	Recomendaciones.....	57
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>58</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>Págs.</b>
<b>Nº</b>	
1. Resultados estadísticos y prueba de Tukey al 5%	35
2. Resultados de análisis de correlación y regresión lineal	47
3. Análisis económico del presupuesto parcial (AEPP)	53



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO Nº	Págs.
1. Pantalla inicial del índice de nitrógeno.	23
2. Rendimiento promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (RCHS/ha).	39
3. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Altura de Planta (AP).	40
4. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Altura Inserción Mazorca (AIM).	41
5. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Diámetro del Tallo (DT).	42
6. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M).	43
7. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Longitud de Mazorca (LM).	44
8. Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Diámetro de Mazorca (DM).	45
9. Rendimientos promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en las variables Rendimiento en Kilogramos por Parcela (Rkg/P) y Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Rkg/ha).	46
10. Regresión lineal Rendimiento en choclo sacos/ha vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.	49

11. Regresión lineal Altura de Planta cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 49
12. Regresión lineal Altura Inserción Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 50
13. Regresión lineal Diámetro del Tallo cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 50
14. Regresión lineal Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas % vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 51
15. Regresión lineal Longitud de Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 202. 51
16. Regresión lineal Diámetro de Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 52
17. Regresión lineal Rendimiento en Kilogramo por Parcela kg vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022. 52

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO

Nº

1. Ubicación geográfica del proyecto de investigación
2. Base de datos completa para el análisis de las variables agronómicas
3. Croquis del proyecto de investigación distribuida en campo
4. Escala de valoración de cobertura de mazorca
5. Resultados del análisis de varianza (ADEVA)
6. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo
7. Glosario de términos

## RESUMEN Y SUMMARY

### RESUMEN

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial, después del trigo y del arroz, con una superficie de 106 millones de ha, y un promedio de rendimiento de 2 T/ha. En la zona andina de Ecuador, ubicada entre los 2000 y 3000 msnm, los rendimientos son de aproximadamente 0,68 T/ha, abarcando una superficie estimada de 148233 ha. La provincia de Bolívar, ocupa gran parte de su territorio en el cultivo de maíz suave y aporta con el 26% de la producción total de dicho cereal a nivel nacional. Se cultivan aproximadamente 38.000 ha. La obtención de cosechas de un nivel de rendimiento alto, está relacionada con la utilización eficiente de fertilizantes. La fertilización nitrogenada es fundamental en los rendimientos de las poáceas, considerándose, además, la relación costo-beneficio y los problemas ambientales que implica contaminar las aguas con nitratos. El N aumenta la tasa de crecimiento del cultivo, fortalece la floración y fecundación, asociándose directamente con el número de granos por mazorca. El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que limita el rendimiento del maíz. La presente investigación se realizó en la zona agroecológica de Laguacoto III a 2622 msnm. Los objetivos planteados fueron: i) Compilar datos de las características agronómicas del cultivo de maíz, identificadas en la Plataforma de Investigación de la UEB 2020 -2021 ii) Determinar la eficiencia química y productiva en el cultivo de maíz para esta zona agroecológica iii) Establecer el análisis económico costo-beneficio a los diferentes tratamientos. Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar simple con tres repeticiones. El Factor en estudio fue dosis de fertilización nitrogenada aplicadas al suelo el cual correspondió a seis tratamientos: T1: Urea: 93 kg N/ha; T2: Urea: 147 kg N/ha; T3: Urea: 195 kg N/ha; T4: Urea: 244 kg N/ha; T5: Ecoabonaza: 110 kg N/ha y T6: Testigo: 0 kg N/ha. Se evaluaron los principales componentes del rendimiento y se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey al 5%, correlación, regresión, análisis económico. Existió un efecto diferente de los niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz suave, es decir que a mayor dosis de N fue mayor el rendimiento. Los rendimientos promedios más altos se determinaron en los tratamientos T4 y T2 con 5189,40 y 5142,50 kg/ha respectivamente. Los componentes que incrementaron el rendimiento del maíz fueron: longitud de mazorca, diámetro de tallo, rendimiento en choclo en sacos por hectárea, rendimiento en kilogramo por parcela y porcentaje de plantas con dos mazorcas. Sin embargo, económicamente el T2 reportó un beneficio neto de \$ 1634,74 lo que significa en relación beneficio costo el productor por cada dólar invertido gana \$ 0,90. Finalmente, esta investigación, permitió validar niveles de fertilización nitrogenada como una alternativa para incrementar el potencial productivo de cultivo de maíz suave. Se recomienda como alternativa para incrementar rendimientos, la incorporación de Urea con la adición de 244 kg/ha de N para mejorar los componentes agronómicos de maíz suave INIAP-111, de acuerdo a la zona agroecológica en la que se va a cultivar para contribuir a la seguridad alimentaria.

**Palabras Claves:** Nitrógeno, Fertilización, Maíz

## SUMMARY

Corn ranks third in world production, after wheat and rice, with an area of 106 million ha, and an average yield of 2 T/ha. In the Andean zone of Ecuador, located between 2000 and 3000 meters above sea level, yields are approximately 0.68 T/ha, covering an estimated area of 148233 ha. The province of Bolívar occupies a large part of its territory in the cultivation of soft corn and contributes 26% of the total production of this cereal at the national level. Approximately 38,000 ha are cultivated. Obtaining high-yielding crops is related to the efficient use of fertilizers. Nitrogen fertilization is essential for crop yields, considering also the cost-benefit ratio and the environmental problems involved in contaminating water with nitrates. N increases the growth rate of the crop, strengthens flowering and fertilization, and is directly associated with the number of grains per ear. Nitrogen is one of the essential nutrients that limits corn yield. This research was carried out in the agroecological zone of Laguacoto III at 2622 meters above sea level. The objectives were: i) Compile data on the agronomic characteristics of the corn crop, identified in the UEB Research Platform 2020 - 2021 ii) Determine the chemical and productive efficiency in the corn crop for this agroecological zone iii) Establish the economic cost-benefit analysis of the different treatments. A simple Randomized Complete Block Design with three replications was applied. The factor under study was the dose of nitrogen fertilization applied to the soil, which corresponded to six treatments: T1: Urea: 93 kg N/ha; T2: Urea: 147 kg N/ha; T3: Urea: 195 kg N/ha; T4: Urea: 244 kg N/ha; T5: Ecoabonaza: 110 kg N/ha and T6: Control: 0 kg N/ha. The main yield components were evaluated and analysis of variance, Tukey's test at 5%, correlation, regression and economic analysis were performed. There was a different effect of nitrogen fertilization levels on the yield of soft corn, i.e. the higher the N dose, the higher the yield. The highest average yields were determined in treatments T4 and T2 with 5189.40 and 5142.50 kg/ha, respectively. The components that increased corn yield were: ear length, stalk diameter, corn yield in bags per hectare, yield in kilograms per plot and percentage of plants with two ears. However, economically, T2 reported a net benefit of \$ 1634.74, which means that for each dollar invested, the producer earns \$ 0.90. Finally, this research allowed validating nitrogen fertilization levels as an alternative to increase the productive potential of the soft corn crop. It is recommended as an alternative to increase yields, the incorporation of Urea with the addition of 244 kg/ha of N to improve the agronomic components of soft corn INIAP-111, according to the agroecological zone in which it will be grown to contribute to food security.

**Key words:** Nitrogen, Fertilization, Maize.

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se encuentra dentro de las gramíneas más indispensables para el consumo humano y en la nutrición de todo el mundo, principalmente en Latino América y África. La producción a nivel mundial del maíz blanco se estima en 9,76 millones de toneladas, en donde, cerca del 50% se encuentra en dos países; USA (4,10 MM) y México (0,77 MM), seguidos por Nigeria, Indonesia y Hungría, mismos que representan el 17% de la producción mundial y el restante 33% lo distribuyen 45 países del orbe. USA es el principal productor mundial de maíz blanco, gracias a la enorme inversión que destina a las investigaciones de mejoramiento de semillas, control de plagas y enfermedades. Es por esto que USA tiene el más grande porcentaje de producción exportable en todo el mercado mundial. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, MAGAP. 2013)

En Ecuador hasta la fecha se han descrito 29 razas, de las cuales 17 corresponden a maíz de la Sierra, mientras que las restantes corresponden a maíces de la zona tropical. Por ende, el 18% de las colecciones de Maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) proviene de Ecuador, lo que lo sitúa como el tercer país en cuanto a diversidad de cultivos. (Monar, C. 2017)

En la sierra del Ecuador el cultivo de maíz es uno de los más importantes debido a la superficie destinada para su cultivo; y al papel que juega como componente básico de la dieta de la población ecuatoriana. La distribución de algunos de los tipos de maíces más cultivados, en las provincias de la Sierra del Ecuador se debe a los gustos y costumbres de los agricultores. Así en la sierra norte (Carchi, Imbabura, Pichincha) se consume maíces de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Tungurahua, Chimborazo y especialmente Bolívar) se cultivan los maíces blanco harinosos y en la sierra sur (Cañar y Azuay) el maíz denominado “Zhima” (blanco amorochado). (Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. 2019)

La provincia de Bolívar, situada en la región interandina del Ecuador, ocupa gran parte de su territorio en el cultivo de maíz suave y aporta con el 26% de la



producción total de dicho cereal a nivel nacional. Se cultivan aproximadamente 38000 ha de maíz suave harinoso tardío de tipo Guagal, de las cuales aproximadamente 25000 ha, se dedican a la producción de maíz para choclo, y 13000 ha, para la producción de grano seco. La siembra de maíz se realiza principalmente en terrenos de topografía irregular, donde prevalece el minifundio. (Monar, C. 2017)

La obtención de cosechas de un nivel de rendimiento muy alto está relacionada con la utilización eficaz de fertilizantes. La fertilidad natural del suelo se llega a agotar por las consecutivas cosechas que lo deterioran por completo, por lo cual nace la necesidad de añadir fertilizantes para restituir al suelo su aptitud productiva. (Barreno, L; Caiza, D. 2017)

La fertilización nitrogenada es fundamental en los rendimientos de las poáceas, considerándose, además, la relación costo-beneficio y los problemas ambientales que implica contaminar las aguas con nitratos. El N aumenta la tasa de crecimiento del cultivo en floración y ésta se asocia con el número de granos por mazorca. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. 2011)

En esta investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Compilar datos de las características agronómicas del cultivo de maíz, identificadas en la Plataforma de investigación de la UEB 2020 - 2021.
- Determinar la eficiencia química y productiva en el cultivo de maíz para esta zona agroecológica.
- Establecer el análisis económico costo-beneficio a los diferentes tratamientos.

## 1.2 PROBLEMA

El maíz juega un papel importante en la seguridad y soberanía alimentaria de la población urbana y rural, por ende, una escasa información acerca de la fertilización nitrogenada en maíz no ayuda a obtener una mejor producción que promueva rentabilidad para los pequeños y medianos productores.

El cultivo de maíz enfrenta problemas de baja productividad debido a que está ligado a varios factores que limitan su rendimiento, entre ellos, el cambio climático que ha transformado la distribución de la lluvia, la cual afecta las épocas de siembra, y los procesos de fertilización al no contar con la humedad adecuada, daños que perturban la floración y fructificación para el llenado del grano. Como se sabe en la localidad no se han generado alternativas tecnológicas que ayuden a mejorar el trabajo de los fertilizantes en relación al maíz, siendo este aspecto uno de los componentes del manejo de cultivo que puede proporcionar beneficios o pérdidas totales al ser manejados de forma inadecuada.

Por otra parte, donde la producción de maíz no alcanza los niveles de rendimiento esperados, es generalmente porque los productores no realizan un adecuado uso de los fertilizantes que demanda la gramínea. En la actualidad se estima que el cultivo de maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg de nitrógeno N por cada tonelada de grano producido en campo, y tomando siempre en cuenta que los maíces tipos Guagales como el INIAP-111 tienen un promedio de rendimiento entre 2 y 4 Tm/ha, se estaría necesitando entre 50 y 100 kg de nitrógeno como elemento puro por hectárea.

A pesar de utilizar los valores antes mencionados para la producción de grano, se podrían presentar como escasos, debido a que la planta de maíz requiere más de este elemento para producir su biomasa, de la misma forma se debe considerar que se producen pérdidas por desnitrificación, lixiviación, inmovilización y volatilización durante su ciclo en el agroecosistema.

En Guaranda, capital de la Provincia Bolívar, tanto la superficie cosechada como el nivel de producción se han mantenido en la mayoría de zonas maiceras; sin embargo, las perspectivas de inversión para el próximo período de siembra no son

positivas, ya que hay zonas en las que se mantendrían los niveles y en otras incluso habría una caída del 5%. En realidad, la falta de tecnificación en la producción maicera no ayuda a mejorar la productividad; si bien los precios han mejorado en los últimos meses, ya que el quintal de maíz se vendió entre USD 35 y USD 40, todavía no alcanza un precio óptimo, mismo que se considera entre los USD 50 y USD 60. En todo caso, en las zonas de Guaranda la mayoría de la producción se vende como choclo.

Bajo este contexto es necesario validar y desarrollar alternativas que permitan mejorar la producción del maíz blanco, basados en el uso eficiente de la fertilización nitrogenada, constituyéndose en el elemento de mayor importancia para esta gramínea.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 El maíz**

##### **2.1.1 Origen**

Numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teocintle. Tal vez los antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes, donde fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz, que ocurrió hace más de 6 mil años y la migración humana lo llevaron a regiones andinas de Sudamérica como: Ecuador, Perú y Bolivia, en donde tuvo lugar el centro secundario, hace más de 5 mil años A.C. (Rivadeneira, M. 2012)

Sin embargo, en los años 80 la teoría más sostenida en este sentido es la del Teocintle como progenitor del maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra dilucidado y existen amplias investigaciones en este sentido. (Guastay, L; Pérez, D. 2015)

De acuerdo con otros planteamientos, México es el centro primario de diversidad genética y la Zona Andina el secundario, donde el cultivo del maíz ha tenido una rápida evolución. De las cincuenta razas encontradas en México, existen siete homólogas en Guatemala, seis en Colombia, cinco en Perú y dos en Brasil, lo que hace que indiscutiblemente México haya sido el centro de difusión de estas, donde alrededor de 27 o más de la mitad de ellas han permanecido como variedades locales endémicas. (Acosta, R. 2016)

### 2.1.2 Taxonomía

La clasificación del maíz puede ser botánica o taxonómica, comercial y estructural. (Cabrerizo, C. 2012)

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Género:</b>	Zea
<b>Especie:</b>	mays
<b>Nombres comunes:</b>	Maíz suave, maíz amiláceo, maíz andino, sara (Kichwa)
<b>Nombre científico:</b>	Zea mays L.

Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>

### 2.1.3 Clasificación botánica

- **Planta**

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y gran capacidad productiva, adaptada a las más diversas condiciones de clima y suelo. Se constituye después del arroz y el trigo, el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y vegetal. (Uriarte, J. 2020)

- **Raíz**

Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. (Bembibre, C. 2010)

- **Tallo**

Es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones. (Arévalos, T; Mendoza, F. 2012)

- **Hojas**

Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vello en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. (Uriarte, J. 2020)

- **Inflorescencia**

Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. (Bembibre, C. 2010)

- **Inflorescencia femenina**

Es cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos. (Arévalos, T; Mendoza, F. 2012)

- **Inflorescencia masculina**

Es conocida como panoja, normalmente se hace visible entre las últimas hojas de la planta, de siete a diez antes de que aparezcan los estilos de la inflorescencia femenina. Generalmente de dos a tres días antes de comenzar la liberación del polen, se elonga los entrenudos de la parte alta del tallo impulsando la panoja, la cual queda completamente desplegada; la planta, en ese momento, alcanza su altura definitiva. (Uriarte, J. 2020)



- **Grano**

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula. (Martínez, D; Valdez, A. 2015)

#### **2.1.4 Ciclo vegetativo del cultivo**

El maíz suave se cultiva entre los 2200 a 3100 msnm. La variedad es diferente para cada zona. Por lo general la mayoría de los productores siembran desde septiembre hasta mediados de enero, coincidiendo la siembra con el inicio del periodo de lluvias, obteniendo de esta forma un mayor grado de germinación y producción. El ciclo del cultivo en variedades mejoradas llega hasta los 270 días; sin embargo, el periodo depende de la variedad y del propósito, si es para choclo o grano seco. (INIAP. 2011)

- ▶ **Nascencia**

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, A. 2010)

- ▶ **Crecimiento**

Luego de germinado el grano de maíz, viene la fase vegetativa, reproductiva y de llenado de grano, en dónde cada una se desarrolla gracias a la fotosíntesis que realiza. (Caraballo, L. 2013)

- ▶ **Fase vegetativa**

La planta desarrolla el follaje, a los 15-20 días siguientes a la nascencia, donde ya tiene cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas, 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, A. 2010)

### ► 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, L. 2013)

### ► Fructificación o llenado del grano

Para fructificar 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. (Espinoza, A. 2010)

Con la fecundación de los óvulos por el polen, se inicia la fructificación, finalizada la cual los estilos de la mazorca darán 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. (Herrera, J. 2005)

### 2.1.5 Requerimientos del cultivo

#### ▪ Clima

El maíz suave requiere de 760 a 1300 mm de precipitación en todo el ciclo, y una temperatura de 10 a 20 °C. (Orta, L. 2010)

#### ▪ Suelo

El maíz se adapta muy bien a los suelos profundos, ricos en materia orgánica y con un buen drenaje para evitar el encharcamiento. Cuando se siembra en estos suelos podemos obtener los siguientes beneficios. (Caballero, D; Yáñez, C. 2006)

- Las semillas van a germinar con más facilidad.
- Las plantas serán fuertes y vigorosas.
- Se obtienen mazorcas grandes y granos de calidad.

El pH más adecuado de los suelos debe estar entre 5,5 a 7,5. (Caraballo, L. 2013)

## 2.2 Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado

### 2.2.1 Origen

INIAP-111, Guagal mejorado fue desarrollada con base a variedades locales recolectadas en casi toda la provincia Bolívar en 1989 y 1993. Las variedades que presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante 2 ciclos de cultivo (1993 – 1995), se cruzaron entre ellas para formar la población Guagal, la cual se seleccionó durante tres ciclos en tres localidades de esta provincia. (Rivadeneira, M. 2012)

### 2.2.2 Características generales del maíz INIAP 111

Días a la floración femenina:	138
Días a la cosecha en choclo:	202
Días a la cosecha en seco:	260
Altura de planta:	300 cm
Altura inserción de la mazorca:	170 cm

Longitud de la mazorca:	20 cm
Rendimiento comercial en choclo:	190 sacos/ha
Rendimiento en seco en unicultivo:	4000 kg/ha
Rendimiento en seco asociado con fréjol:	3200 kg/ha
Número de hileras por mazorca:	12
Color de la tusa: roja: 90% y blanca:	10%
Color del grano tierno y seco:	Blanco
Tipo de grano:	Harinoso
Textura del grano:	Suave, tardío
Asociación con fréjol:	Si soporta
Altitud:	De 2400 a 2800 msnm
Zonas:	Provincia de Bolívar

**Fuente:** (Silva, E. et al. 1997. Citado por: Yáñez, C. 2013)

### 2.2.3 Reacción a enfermedades

La variedad es tolerante a la enfermedad foliar llamada “tizón de la hoja” y “Roya” causada por los hongos conocidos como *Helminthosporium turcicum* y *Puccinia spp*, asimismo es tolerante a la “podrición de la mazorca” causada por *Fusarium moniliforme*. (INIAP. 2011)

### 2.2.4 Zonificación

Esta variedad se cultiva en la provincia de Bolívar en altitudes comprendidas entre los 2400 a 2800 msnm. (Organización de las Naciones Unidas, FAO. 2012)

### 2.2.5 Requerimientos básicos de clima

Clima	Templado-frio
Temperatura promedio	Anual 12-18°C
Precipitación anual	700-1300 mm
Altitud	2400-2600 msnm

### **2.2.6 Época de siembra**

Cantón Guaranda se inicia en noviembre; Chimbo: diciembre; San Miguel: enero; San Pablo y Chillanes desde enero hasta abril de acuerdo a las condiciones climáticas. (Rivadeneira, M. 2012)

### **2.2.7 Tipos de suelos**

Se recomienda suelos de textura media con gran capacidad de retención de la humedad como son franco-arcillosos, arcillosos-limosos y con una buena preparación que estén mullidos. El maíz puede sembrarse sin dificultad con pendiente 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). (Bembibre, C. 2010)

### **2.2.8 Siembra en labranza reducida**

Únicamente realizar los surcos en forma manual o con yunta. De existir malezas en el lote, 15 días antes de la siembra, aplicar el herbicida Glifosato en dosis de 3 litros por hectárea. (INIAP. 2011)

### **2.2.9 Surcado**

**Unicultivo:** 80 a 90 cm entre surcos y entre plantas 50 cm. Tres semillas por sitio y raleo a los 30 días, dejar 2 plantas por sitio. Asociado con frejol voluble: surcos de 90 a 100 cm y entre plantas 80 cm. Sembrar tres semillas de maíz y una de frejol. La cantidad de semilla certificada de maíz son 30 kg. En siembras asociadas: 25 kg/ha de maíz y 12 kg/ha de frejol voluble. (Rivadeneira, M. 2012)

### **2.2.10 Fertilización**

**En la siembra:** Mezclar dos sacos de 18-46-00 con un saco de Sulpomag/ha. Aplicar el fertilizante a chorro continuo o localizado entre las plantas de maíz.

Suelo con buena humedad y tapar el fertilizante. Si no hay buena humedad, no fertilice a la siembra. Si dispone de abonos orgánicos, aplicar bien descompuestos al fondo del surco. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEG. 2013)

### **2.2.11 Control de malezas**

**Maíz en unicultivo:** En postemergencia cuando las malezas tienen de 2 a 3 hojas, aplicar el herbicida Atrazina selectivo para maíz en dosis de 2 kg/ha. Para complementar el control de malezas de hoja ancha a los 40-45 días después de la siembra aplicar el herbicida 2,4-D Amina en dosis de 2 L/ha, o el herbicida Metil Sulfuron 60% (Ally) en dosis de 1g/20L de agua. Para Rye grass anual en emergencia de las plántulas aplicar el herbicida Nico Sulfuron Metil (Accent) en dosis de 4g/20L de agua. En siembras asociadas con frejol, inmediatamente después de la siembra y con suelo húmedo aplicar el herbicida Linuron en dosis de 1kg/ha más Alaclor en dosis de 2 L/ha. (Rivadeneira, M. 2012)

### **2.2.12 Fertilización complementaria**

Después del control de malezas, a los 50 días después de la siembra, aplicar un saco de urea/ha en banda lateral o en cobertura y tapar con suelo húmedo. Cuando el cultivo esté en floración masculina, aplicar el segundo saco de urea y tapar con una ligera capa de suelo húmedo. No se recomienda realizar el apoque, ya que el cultivar INIAP 111 y los Guagales locales, son resistentes al acame por el viento. La siembra en labranza de conservación, reduce los costos de producción y los procesos de erosión o escorrentía. (INIAP. 2011)

### **2.2.13 Control de insectos plaga**

Para gusanos cortadores (*Agrotis spp*) en la fase de plántulas, si hay un daño mayor al 10% de plantas afectadas, aplicar el insecticida Acefato en dosis de 40g/20L de agua en la base del tallo. Para gusano cogollero, si hay más del 15% de plantas afectadas, aplicar el insecticida Clorpirifos en dosis de 30 ml/20L de agua en los cogollos de las plantas. Para los gusanos de la mazorca como *Heliothis zea* (Adulto es una mariposa) y *Euxesta eluta* (Adulto es una mosca), cuando el maíz esté con un 20 a 30% de floración femenina (esté en señorita),



aplicar el insecticida Clorpirifos en dosis de 30 mm/20L de agua. Repetir este control 8 días después con el insecticida Acefato en dosis de 40g/20L de agua. En siembras de pequeña escala, aplicar el aceite comestible de origen vegetal con una bomba peluquero o un gotero. La dosis estimada está entre 1,5 y 2 L/ha. Se recomienda igual al menos dos aplicaciones, la primera con 30% de flores femeninas y repetir después de 8 días. (Espinoza, A. 2010)

#### **2.2.14 Cosecha**

La cosecha para choclo, se realiza cuando el grano de la mazorca está en estado lechoso. Para semilla en madurez fisiológica (cuando la base del embrión pasa de un color café oscuro a negro) y para grano comercial, cuando el maíz tiene aproximadamente un 16 a 18% de humedad. (Rivadeneira, M. 2012)

#### **2.2.15 Desgrane**

Para la semilla se selecciona las mejores plantas en el campo (Selección Masal) y luego las mejores mazorcas con hileras uniformes. Para grano comercial, el desgrane se realiza generalmente en grano grueso y delgado. (INIAP. 2011)

#### **2.2.16 Secado**

La semilla debe secarse al sol, en lonas (gangochas), evitando que el grano esté en contacto directo con el piso; o en tendales. Para grano comercial se puede secar en pisos o tendales no necesariamente en gangochas. El secado se realizará hasta cuando el grano tenga un 13 a 14% de humedad. (Arévalos, T; Mendoza, F. 2012)

#### **2.2.17 Aventado**

Se realiza con la fuerza natural del viento. (Rivadeneira, M. 2012)

#### **2.2.18 Almacenamiento**

La semilla o el grano comercial, seco y limpio, se almacenan en una bodega previamente limpia, ventilada y para mayor seguridad en tanques de plástico bien tapados, para reducir el daño por gorgojos (*Pagiocerus fiorii*). Si el almacenamiento es prolongado, se debe hacer una desinfección con Gastoxin,

para lo cual se tomará las medidas de precaución necesaria, por ser un pesticida extremadamente tóxico. (INIAP. 2011)

### **2.2.19 Calidad del grano seco**

<b>Rubro</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Proteína	9,33
Ceniza	1,53
Fibra	2,80
Extracto libre de nitrógeno	81,06
Azucares totales	0,19

**Fuente:** Tomado del Plegable Divulgativo No. 163 INIAP 111 “Guagal Mejorado”

### **2.2.20 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, entre otros. (Uriarte, J., 2020)

### **2.2.21 Composición química del grano de maíz (choclo)**

Los principales componentes químicos en el grano de maíz son: almidón, proteínas, minerales, fibras, extracto etéreo, entre otras. (FAO. 2012)

## **2.3 Fertilización nitrogenada**

### **2.3.1 Nitrógeno**

El nitrógeno se lo encuentra en la naturaleza, pero su importancia en el cultivo de maíz como macronutriente radica en su participación directa de síntesis de proteínas y metabolismo de la planta para la producción de masa, crecimiento y expansión foliar, mientras que su deficiencia reduce la captación de la radiación fotosintética y se evidencia en clorosis en las hojas viejas. (Azón, J; Talón, M. 2008)

EL nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz, por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su

deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo. (Torres, M. 2016)

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, P. 2010)

El maíz requiere alrededor de 20-25 kg de nitrógeno N por cada tonelada de grano producido, para producir 10000 kg/ha de grano de maíz, el cultivo debería disponer de alrededor 200-250 kg de nitrógeno. (Torres, M. 2016)

Para hacer más eficiente la utilización del N es necesario fraccionar la dosis total de este nutriente, ya que la planta necesita de una pequeña cantidad de N durante el crecimiento inicial, pero demanda cantidades mayores durante el periodo comprendido entre V6 y V12. Aplicaciones posteriores de N no son económicas, por lo que es importante entonces conocer el número de fracciones a utilizarse y la época de aplicación. (Andrade, F. 2005)

### **2.3.2 Compuestos nitrogenados inorgánicos**

Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  y nitrógeno elemental. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo los más importantes son:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$ , en cambio el óxido nitroso y el óxido nítrico son las formas del nitrógeno que se pierde en el proceso de desnitrificación. (Germinia, P. 2010)

### **2.3.3 Compuestos nitrogenados orgánicos**

Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se encuentran como aminoácidos, proteínas, amino azúcares y otras formas complejas que se producen en la reacción del amonio con la lignina y de la polimerización de quinonas y compuestos nitrogenados, así como de la condensación de azúcares y aminas. Otro grupo muy estable de aminoácidos y proteínas se encuentran en combinación con arcillas lignina y otros minerales. El contenido de N en las plantas varía

desde uno hasta cinco por ciento y dicho nutriente es absorbido bajo la forma de  $\text{NO}_3^-$  y/o  $\text{NH}_4^+$ . En suelos húmedos, templados y bien aireados la forma de N predominante es el  $\text{NO}_3^-$ , encontrándose en concentraciones muy superiores al  $\text{NH}_4^+$ . (Sagan, G. 2010)

#### **2.3.4 Ciclo del nitrógeno en el suelo**

El ciclo del N en el sistema suelo-planta-atmósfera involucra muchas transformaciones entre formas orgánicas e inorgánicas del mismo. Dentro del ciclo del N coexisten procesos de ganancia, pérdidas y el ciclado dentro del suelo, dentro del cual no existen ni pérdidas ni ganancias de N; excepción hecha del N proveniente de la fijación industrial (fertilizantes) o de los gases liberados del quemado de combustibles fósiles, todas las transformaciones del N ocurren naturalmente. Sin embargo, la actividad antrópica puede influir sobre muchos de estos procesos a través de distintas prácticas de manejo de suelo y cultivo. El conocimiento de los procesos del ciclo del N y de cómo la actividad antrópica influye sobre los mismos, permite optimizar la producción de los cultivos sin afectar la calidad del ambiente. (Azón, J; Talón, M. 2008)

#### **2.3.5 Pérdidas del nitrógeno en el suelo**

##### **► Desnitrificación**

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 ( $\text{N}_2$ ). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo. (Trivelin, P; González, A. 2015)

##### **► Volatilización del amoníaco**

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 amoniaco, que se pierde como gas. (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, CICEANA. 2015)

#### ► **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. (Trivelin, P; González, A. 2015)

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

El ión amonio  $\text{NO}_4^+$  puede ser retenido por el complejo de cambio y no estar disponible para los cultivos. Depende de la capacidad de intercambio catiónico que es la capacidad que tiene un suelo para retener iones positivos, gracias a su composición en arcillas y materia orgánica. (CICEANA. 2015)

#### ► **Extracción de nutrientes por cosechas**

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

### **2.3.6 Funciones del nitrógeno en la planta de maíz**

El nitrógeno es el que tiene mayor impacto en el crecimiento del cultivo de maíz en casi todos los sistemas de producción. Su adecuado suministro es necesario para mantener la capacidad fotosintética del cultivo y la acumulación de biomasa durante el ciclo, entre las funciones se detallan las siguientes. (Sagan, G. 2010)

- Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.
- Es un componente de proteínas y otras sustancias proteicas.
- Forma parte de compuestos que permiten que la planta de maíz realice sus funciones biológicas (fotosíntesis).
- Esencial para la formación de la clorofila y la actividad fotosintética.
- Alarga las fases del ciclo de cultivo.

- Interviene directamente en el rendimiento de la planta de maíz.

### 2.3.7 Deficiencias de nitrógeno en la planta de maíz

Cuando las plantas muestran 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. Entre otras deficiencias se detallan las siguientes. (Germinia, P. 2010)

- La floración queda muy restringida.
- Las enfermedades, heladas y granizadas producen mayores efectos.
- El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
- Los vegetales ahíjan poco y deficientemente.
- Se adelanta la floración y la maduración.
- Reduce la captación de la radiación fotosintéticamente activa.

### 2.3.8 Contenido de nitrógeno en el suelo

ppm de $\text{NH}_4^+$	Kg de $\text{NH}_4^+$ /ha	Nivel
0	60	Bajo
30-60	60-120	Medio
>60	>120	Alto

Fuente: INIAP, 2011

### 2.3.9 La producción agrícola y el nitrógeno

La dosis óptima de nitrógeno que debemos aportar a un cultivo depende de tres factores: a) el cultivo; b) la “fertilidad” de la parcela en el momento de realizar la aplicación; y c) el objetivo que deseamos alcanzar. Por lo tanto, en la mayor parte de los casos, la decisión de utilizar una determinada dosis no puede tomarse a partir del mero cálculo de las extracciones que lleva a cabo el cultivo, tal como se ha venido haciendo durante muchos años, siguiendo las recomendaciones de los tratados clásicos de fertilización en agricultura. (Durán, J. 2010)

### **2.3.10 Nitrógeno mineral disponible**

La cantidad de nitrógeno que es necesario aportar a través de la fertilización orgánica y mineral se determina partiendo de las necesidades de los cultivos y teniendo en cuenta todas las fuentes de entrada y salida de nitrógeno, para asegurar que la disponibilidad en nitrógeno es la adecuada en cada momento del ciclo vegetativo. El análisis de los componentes del balance del nitrógeno de cada explotación, permite considerar los factores que se deben tener en cuenta a la hora de efectuar una recomendación de fertilización. El balance debe ser considerado a medio plazo ya que, como se ha indicado, las transformaciones del nitrógeno en el suelo son constantes, y la correcta nutrición de las plantas depende del nitrógeno mineral presente en cada momento en el suelo. (García, J; Espinosa, J. 2012)

### **2.3.11 Beneficios de la fertilización**

La fertilización nitrogenada no sólo persigue obtener un elevado retorno económico de la inversión a través de la calidad y producción optimizada del cultivo, sino también minimizar sus efectos sobre el medioambiente (lixiviación del nitrógeno residual del suelo hacia las aguas subterráneas, pérdidas de nitrógeno por desnitrificación o volatilización). (Durán, J. 2010)

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos derivan del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), obtenido por síntesis de N e H gaseoso, o de la industria del carbón. A partir del  $\text{NH}_3$  se elaboran muchos fertilizantes nitrogenados. Los aportes de nitrógeno por mineralización de la materia orgánica del suelo procedente de los restos de cosecha, de la fertilización con estiércol, purines, restos de cosechas y de otras posibles fuentes orgánicas, deben de ser interpretados a partir de algunas determinaciones analíticas efectuadas en el laboratorio. (García, J; Espinosa, J. 2012)

### **2.3.12 Eficiencia química del uso del fertilizante**

La eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular pueden ser fácilmente analizadas agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de

los cultivos consecuentemente. Tales ensayos mostrarán también otro efecto muy importante del empleo de fertilizantes, a saber, que ellos aseguran el uso más eficaz de la tierra, y especialmente del agua. Estas son consideraciones muy importantes cuando las lluvias son escasas o los cultivos tienen que ser irrigados, en cuyo caso el rendimiento por unidad de agua usada puede ser más que duplicado. La profundidad de las raíces del cultivo puede ser aumentada. (Alvarez, R; Mendoza, C; Panizo, R; Sevillano, R. 2017)

### **2.3.13 Materia orgánica**

La determinación analítica de la materia orgánica es esencial para conocer las aportaciones de nitrógeno mineral por su mineralización progresiva a lo largo del ciclo de cultivo. La velocidad de mineralización depende de factores como el origen de la materia orgánica, el contenido en arcilla, el pH y el carbonato de calcio presente en el suelo. (Cordi, M; Echeverría, H; Sainz, H. 2014)

Los suelos arcillosos suelen tener un nivel de materia orgánica más elevado que los suelos arenosos, ya que la mineralización es más lenta por la falta de aireación del suelo. Materia orgánica del suelo conjunto de compuestos heterogéneos con base de carbono (60% del total), formada por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal, en continuo estado de descomposición. Puede variar, dependiendo del clima, el relieve, el tipo de suelo y factores antrópicos. Cumple una función clave en la fertilidad, los procesos ecológicos, la productividad de las plantas y la sobrevivencia humana. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. 2016)

De manera general se considera que una relación C/N entre 10 y 12 produce una correcta liberación de nitrógeno, mientras que valores por encima o por debajo de esta cifra, provocan liberaciones muy escasas o excesivas. El nivel de materia orgánica y la relación C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo. El nitrógeno que se libera a partir de la materia orgánica del suelo tendrá importancia en el abonado sólo cuando produzca cantidades significativas. (Alvarez, R; Mendoza, C; Panizo, R; Sevillano, R. 2017)



### 2.3.14 Índice de Nitrógeno

Es una herramienta que estima un balance anual de las entradas y salidas del N, en el SP, así como el N residual que queda en el suelo y que es potencialmente disponible a cultivos subsecuentes. (Monar, C. 2017)

El manejo del N será importante a nivel local, regional y mundial, ya que ha sido demostrado que juega un papel importante en la conservación de nuestra biósfera. Los responsables del manejo de fertilizantes y otros profesionales de la agricultura, pueden evaluar de una manera rápida y fácil los impactos ambientales que puedan derivarse de las prácticas de manejo de N, presentan el concepto de “Enfoque de Niveles” para evaluar el manejo de N. (Martínez, R; López, M. 2008)

Un enfoque de Nivel 1 utiliza herramientas simples de evaluación para separar rápidamente escenarios de riesgo de pérdida de N de muy bajo a muy alto. En este nivel, los responsables del manejo de fertilizantes pueden evaluar de manera cualitativa y cuantitativa los efectos de “Buenas Prácticas de Manejo” y compararlas con prácticas convencionales o de línea base. (Serrano, P. 2009)

El Proyecto llamado Fortalecimiento de Capacidades para el Desarrollo de Estrategias de Emisiones Bajas – (EC-LEDS), es un Programa patrocinado por el Gobierno de USA Desarrollada por el Dr. Jorge Delgado, cuyas características principales se detallan a continuación. (Lapidus, D. 2008)

- El IN es una herramienta web basada en modelos matemáticos que describen la circulación del N en sistemas agrícolas.
- Permite detectar pérdidas atmosféricas y por lixiviación.
- Estima N<sub>2</sub>O, Nitratos, eficiencia en uso del N.
- Genera un diagnóstico del régimen actual de fertilización y ayuda a mejorar la eficiencia en el uso del N.
- En México falta información
- Para México se desarrolló Tier Cero.

La función principal de su creación es dar apoyo a países en vías de desarrollo y acompañar sus esfuerzos por implementar estrategias de:

- Desarrollo transformativo y de largo plazo.
- Acelerar el desarrollo sostenible.
- Resiliente al cambio climático.
- Promotor del crecimiento económico.
- Genera bajas emisiones.



Gráfico 1. Pantalla inicial del índice de nitrógeno.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Localización de la investigación

<b>Provincia:</b>	Bolívar
<b>Cantón:</b>	Guaranda
<b>Parroquia</b>	Veintimilla
<b>Sector:</b>	Laguacoto III
<b>Dirección:</b>	km 1,5 Vía Guaranda-San Simón

##### 3.1.2 Situación geográfica y climática

<b>Altitud:</b>	2622 msnm
<b>Latitud:</b>	01° 36'52''S
<b>Longitud:</b>	78° 59' 54''W
<b>Temperatura máxima:</b>	21 °C
<b>Temperatura mínima:</b>	7 °C
<b>Temperatura media anual:</b>	14,4 °C
<b>Precipitación media anual:</b>	980 mm
<b>Heliofanía promedio anual:</b>	900 horas/ luz/año
<b>Humedad relativa promedio anual:</b>	70%
<b>Velocidad promedio anual del viento:</b>	6 m/s

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente UEB-Guaranda y Evaluación GPS in situ. 2017

##### 3.1.3 Zona de vida

La Granja Experimental Laguacoto III de la Universidad Estatal de Bolívar, de acuerdo a las zonas de vida de L. Holdridge, se encuentra ubicada en el Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB). (Holdridge, L. 1979)

##### 3.1.4 Material experimental

La investigación tuvo como unidades de análisis a 18 parcelas experimentales, implementadas por el Programa de Semillas de la UEB, con **6 niveles de**

**fertilización nitrogenada** en el cultivo de maíz INIAP-111, en la Granja Laguacoto III.

### **3.1.5 Materiales de campo**

- Azadones
- Balanza analítica
- Bomba de mochila
- Cámara digital
- Calibrador de Vernier
- Estacas
- Letreros de identificación
- Libreta de campo
- Flexómetro
- Piola
- F. orgánico: Eco bonaza
- F. químico: Urea
- Tapas de botella
- Vasos plásticos desechables
- Equipo de bioseguridad personal

### **3.1.6 Materiales de oficina**

- Calculadora
- Computadora
- Esferos
- Lápiz
- Papel bond tamaño A4
- Paquete estadístico InfoStat
- Manual de fertilización nitrogenada en maíz INIAP Santa Catalina
- Tesis digitales acerca de la fertilización nitrogenada en maíz

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Factores en estudio

Niveles de nitrógeno

- T1: 93 kg N/ha
- T2: 146 kg N/ha
- T3: 195 kg N/ha
- T4: 244 kg N/ha
- T5: 110 kg N/ha
- T6: 0 kg N/ha

### 3.2.2 Tratamientos

Se realizó seis tratamientos de fertilización nitrogenada, como se detalla a continuación:

<b>Trat.</b>	<b>Dosis de nitrógeno</b>	<b>Dosis Urea kg/ha</b>	<b>Cantidad/planta (gramos)</b>	<b>Tipo de fuente de N</b>
T1	93 kg N/ha	202	9,09	Urea
T2	147 kg N/ha	319	14,36	Urea
T3	195 kg N/ha	423	19,04	Urea
T4	244 kg N/ha	530	23,85	Urea
T5	110 kg N/ha	3600	162,00	Ecoabonaza
T6	0 kg N/ha	0	0	Ninguna

### 3.2.3 Tipo de diseño experimental

Para la implementación del ensayo y análisis de varianza, se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones.

### Procedimiento:

Número de localidades	1
Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	18
Área de parcela total	5m x 4m = 20m <sup>2</sup>
Área de parcela neta	5m x 2,7m = 13,5 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo	17m x 37m = 629 m <sup>2</sup>
Área neta total del ensayo	13,5 m <sup>2</sup> x 18 U. E = 243 m <sup>2</sup>

### 3.2.4 Tipos de análisis

Se realizó un análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle:

Fuentes de variación (FV)	Grados de Libertad (GL)	CME*
Bloques (r - 1)	2	$f^2 e + 6 f^2 \text{ Bloques}$
Tratamientos (t - 1)	5	$f^2 e + 3 \Theta^2 T$
Error Experimental (t - 1) (r - 1)	10	$f^2 e$
Total (t x r) - 1	17	

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

#### Análisis estadístico funcional

- Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis de la relación costo-beneficio.

### 3.3 Métodos de evaluación y datos tomados

#### 3.3.1 Número de plantas por parcela (NPP)

Dato que fue tomado contando el número total de plantas existentes en cada unidad experimental, al momento del inicio de registro de datos.

#### 3.3.2 Número de plantas por parcela neta (NPPN)

Se registró contando el número total de plantas en cada unidad experimental correspondiente a los 3 surcos internos de la parcela.

### **3.3.3 Días a floración masculina (DFM)**

Se tomó en cuenta, el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron floración masculina.

### **3.3.4 Días a floración femenina (DFF)**

Variable que fue tomada contando el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron floración femenina.

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

Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron choclo con granos en estado lechoso-pastoso para su cosecha en tierno.

### **3.3.6 Rendimiento en choclo en sacos/ha (RCHS/ha)**

Para determinar esta característica, se contó 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 expresó en sacos por hectárea, para lo cual se tomó como referencia que un saco contiene 100 choclos de clase I; 130 choclos de clase II y 160 choclos de clase III.

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

Se registró la medida, con la ayuda de un flexómetro en 10 plantas seleccionadas al azar de la parcela neta, desde la base hasta el último nudo donde se inserta la espiga, cuando el cultivo estuvo en etapa de mazorca, el resultado fue expresado en (cm).

### **3.3.8 Altura inserción mazorca (AIM)**

Dato que fue medido con la ayuda de un flexómetro en (cm) de 10 plantas tomadas al azar en cada parcela neta desde la base de la planta hasta el nudo donde se encuentra la inserción de la mazorca superior.

### **3.3.9 Diámetro de tallo (DT)**

Fue evaluado con la ayuda de un calibrador de Vernier en un punto intermedio a la altura total de las 10 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta, datos que serán expresados en (cm).

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

Fue tomada contando el número de plantas con mazorca cuando el cultivo se encontró en estado de madurez fisiológica, la cual fue expresada en porcentaje.

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

Fue evaluada contando el número de plantas sin mazorcas cuando el cultivo se encontró en estado de madurez fisiológica, resultado que fue expresado en porcentaje.

### **3.3.12 Porcentaje de plantas con dos mazorcas (PPC2M)**

Variable que fue tomada contando el número de plantas con dos mazorcas en etapa de madurez fisiológica de cada parcela neta, la cual fue expresada en porcentaje.

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

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron mazorcas en estado de madurez comercial para su posterior cosecha en seco.

### **3.3.14 Cobertura de mazorca (CM)**

Variable que fue tomada al momento de la cosecha en 10 mazorcas seleccionadas al azar, clasificando de acuerdo a la escala 1 a 5 propuesta por CYMMYT en 1986, cuando los elotes se encontraron bien desarrollados, mismos resultados fueron expresados en porcentaje.

1: Excelente



2: Regular

3: Punta expuesta

4: Grano expuesto

5: Completamente inaceptable

### **3.3.15 Acame de raíz (AR)**

Dato que fue tomado antes de la cosecha, contando el número de plantas acamadas desde la raíz, con una inclinación inferior a 45° con respecto de la vertical en la parcela neta de cada unidad experimental.

### **3.3.16 Acame de tallo (AT)**

Dato que fue tomado al momento de la cosecha, contando el número de tallos rotos bajo la altura inserción de mazorca en la parcela neta de cada unidad experimental.

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

Fue medida con la ayuda de un flexómetro en (cm) de 10 mazorcas seleccionadas al azar de cada parcela neta al momento de la cosecha, desde la base hasta el ápice de la mazorca.

### **3.3.18 Diámetro de mazorca (DM)**

Dato que fue tomado con la ayuda de un calibrador de Vernier, midiendo en la parte media de 10 mazorcas seleccionadas al azar de cada parcela neta al momento de la cosecha, la cual fue expresada en (cm).

### **3.3.19 Porcentaje de humedad del grano (PHG)**

Se procedió a desgranar 10 mazorcas tomadas al azar de la parcela neta al momento de la cosecha, posteriormente el grano fue evaluado con la ayuda de un medidor portátil, mismo que permitió expresar el resultado de humedad de la muestra en porcentaje.

### 3.3.20 Rendimiento en kg/parcela (Rkg/P)

Una vez cosechada la parcela total, se procedió a desgranar las mazorcas y pesar el grano, cuyo resultado fue ajustado al 13% de humedad para su cálculo. El dato se expresó en kg/parcela.

$$R = PCP * \left( \frac{100 - HC}{100 - 13\%} \right) * PD$$

### 3.3.21 Rendimiento en kg/ha (Rkg/ha)

Dato que fue registrado una vez cosechado el ensayo, para lo cual se aplicó la siguiente formula:

$$R = PCP * \left( \frac{10000m^2}{ANC} * \frac{100 - HC}{100 - 13\%} \right) * PD$$

Dónde,

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

PCP= Peso de mazorcas en Kg por parcela.

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

HC= Humedad de cosecha (%).

HE= Humedad estándar (14%).

D= Porcentaje de desgrane.

### 3.3.22 Porcentaje de desgrane (PD)

Dato que fue tomado el peso inicial (P1) de las diez mazorcas seleccionadas al azar de la subparcela neta, luego se desgranaron y se pesaron únicamente el grano (P2) con la ayuda de una balanza digital y se expresó en porcentaje.  $D=P2/P1$

### **3.4 Manejo del experimento**

#### **3.4.1 Análisis físico químico del suelo**

En toda el área donde se estableció el ensayo, un mes antes de la siembra se tomaron varias submuestras del suelo a una profundidad de 30 cm, mismas que fueron secadas y mezcladas entre sí para luego ser enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, para su respectivo análisis.

#### **3.4.2 Preparación de suelo y distribución de unidades experimentales**

Se utilizó Paraquat para el control de malezas en dosis de 1,5 L/ha y se aplicó 15 días antes de la siembra.

Posteriormente se realizó la medición del área total de acuerdo a la distribución de las unidades experimentales, luego los surcos fueron distribuidos en labranza reducida, consecutivamente el estaquillado de las parcelas con sus respectivas identificaciones, de acuerdo al croquis de campo.

#### **3.4.3 Siembra**

En cada surco con la ayuda de una medida estándar, se colocaron 3 semillas por sitio con un distanciamiento de 50 cm entre plantas y 90 cm entre hileras, a los 30 días después de la siembra se realizó el raleo de plántulas dejando dos plantas por sitio.

#### **3.4.4 Fertilización**

La fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz INIAP - 111 fue realizada de acuerdo a los niveles de fertilizantes previstos a utilizar en el ensayo.

Para tal motivo se utilizó urea y Eco abonaza, para lo cual con la ayuda de una balanza gramera se procedió a pesar las distintas dosificaciones a utilizar por cada tratamiento. De la misma manera, con la ayuda de un azadón se cubrió el fertilizante en cada planta con el propósito de evitar la volatilización del mismo.

### **3.4.5 Control de malezas**

Para el control de malezas se aplicó Paraquat en dosis de 1,5 L/ha en postemergencia. De la misma manera se complementó el control de malezas en forma manual con azadón.

### **3.4.6 Control de plagas**

Para el control de plagas se aplicaron tratamientos preventivos; para trozador (*Agrotis sp*), 40 cc/20L de agua de Cipermetrina + Clorpirifos de 8 a 15 días después de la siembra. El mismo tratamiento fue empleado para la prevención y control de cogollero (*Spodóptera frugiperda*) y gusano de la mazorca (*Heliothis zea*). Para la mosca del choclo (*Euxesta eluta*), se aplicó Acephate en dosis de 30 g/20L de agua.

### **3.4.7 Control de enfermedades**

Para la prevención de enfermedades, como mancha de asfalto, roya, entre otros, se utilizaron fungicidas como Sulfato de cobre pentahidratado en dosis de 50 cc/20L de agua.

### **3.4.8 Control químico de plagas de la mazorca**

Para controlar daños a la mazorca causados por insectos, se aplicó un insecticida a base de Cipermetrina en dosis de 1cc/L de agua en el cultivo de maíz.

### **3.4.9 Cosecha**

La cosecha se realizó una vez que las mazorcas alcanzaron su madurez fisiológica, procediendo a cosechar de cada una de las unidades experimentales.

### **3.4.10 Desgrane**

Se desarrolló en forma manual, seleccionando las mazorcas que presentaron buenas características fitosanitarias.

### **3.4.11 Secado**

Se dispersaron los granos de maíz sobre gangochas a plena luz del día, hasta cuando el grano obtuvo un 13% de humedad, que es el porcentaje adecuado del grano para el almacenamiento.

### **3.4.12 Almacenamiento**

El grano fue almacenado en un lugar limpio y fresco previamente colocando una pastilla de Gastoxin (Fosfuro de Aluminio 56,7%) por quintal de grano para prevenir el daño de gorgojos. El almacenamiento se realizó en sacos que son destinados para el maíz blanco de altura con el fin de prevenir cualquier presencia de plagas o enfermedades que pudieran perjudicar el grano.

El maíz seco fue comercializado en el mercado una vez que se encontraba rentable el precio del mismo para mejorar o cambiar la calidad de vida del agricultor.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Variables agronómicas

Resultados estadísticos y prueba de Tukey al 5% para comprobar los promedios de tratamientos (niveles de nitrógeno) en las variables; Número de Plantas por Parcela (NP/P). Número de Plantas por Parcela Neta (NP/PN). Días a la Floración Masculina (DFM). Días a la Floración Femenina (DFF). Días a la Cosecha en Choclo (DCCH). Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (RCHS/ha). Altura de Planta (AP). Altura Inserción Mazorca (AIM). Diámetro del Tallo (DT). Número de Plantas con Mazorca (NPCM). Número de Plantas sin Mazorca (NPSM). Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M). Días a la Cosecha en Seco (DCS). Cobertura de Mazorca (CM). Acame de Raíz (AR). Acame de Tallo (AT). Longitud de Mazorca (LM). Diámetro de Mazorca (DM). Porcentaje de Humedad del Grano (PHG). Rendimiento en Kilogramos por Parcela (Rkg/P). Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Rkg/ha). Porcentaje de Desgrane (PD).

**Cuadro 1.** Resultados estadísticos y prueba de Tukey al 5%.

Variables	Niveles de nitrógeno						$\bar{x}$	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
NP/P (NS)	76 A	77 A	73 A	76 A	72 A	80 A	76 plantas	5,9
NP/PN (NS)	46 A	44 A	43 A	44 A	42 A	47 A	44 plantas	10,09
DFM (NS)	48 A	49 A	43 A	52 A	41 A	49 A	47 plantas	10,71
DFF (NS)	49 A	52 A	46 A	54 A	42 A	47 A	48 plantas	10,43
DCCH (NS)	38 A	36 A	36 A	38 A	31 A	29 A	35 elotes	9,52
RCHS/ha (**)	245 ABC	257 ABC	271 AB	292 A	220 BC	201 C	248 sacos	8,41
AP (*)	246 AB	248,33 A	249,33 A	251,67 A	248,67 A	232,67 B	246,11 cm	2,21
AIM (*)	164,33 AB	163 AB	156 AB	177 A	141,67 AB	133 B	155,94 cm	9,38
DT (*)	2,33 AB	2,38 AB	2,45 A	2,50 A	2,25 AB	2,15 B	2,34 cm	4,15
NPCM (NS)	44 A	43 A	41 A	43 A	40 A	40 A	42 plantas	9,1
NPSM (NS)	2 A	1 A	1 A	1 A	3 A	7 A	2 plantas	107,72
PPC2M (*)	9 A	14 A	11 A	14 A	2 A	3 A	9 plantas	53,46

DCS (NS)	41 A	41 A	39 A	40 A	37 A	41 A	40 elotes	8,84
CM (NS)	2 A	1 A	1 A	1 A	1 A	2 A	1 excelente	38,73
AR (NS)	2 A	3 A	3 A	2 A	0 A	2 A	2 %	72,53
AT (NS)	6 A	4 A	5 A	4 A	7 A	9 A	6 %	47,75
LM (*)	17,27 AB	17,57 AB	17,63 A	18,20 A	16,43 A	14,50 B	16,92 cm	6,51
DM (*)	5,50 AB	5,53 AB	5,47 AB	5,73 A	5,37 AB	5,10 B	5,45 cm	3,09
PHG (NS)	24,83 A	24,13 A	22,50 A	22,97 A	24,17 A	23,70 A	23,72%	10,8
Rkg/P (*)	9,87 AB	11,50 A	9,80 AB	11,57 A	6,97 B	7,60 AB	9,55 kg	15,91
Rkg/ha (*)	4353 A	5142,5 A	4587,4 A	5189,4 A	3433,3 A	3296,8 A	4333,8 kg	16,86
PD (NS)	0,83 A	0,85 A	0,82 A	0,79 A	0,82 A	0,84 A	0,82%	7,36

(NS) = No Significativo. (\*) Significativo al 5%. (\*\*) Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%. (CV) Coeficiente de variación (%).

#### 4.1.1 Niveles de nitrógeno

Para una mejor interpretación de los resultados estadísticos, se elaboró un cuadro resumen (Cuadro 1) para las variables agronómicas evaluadas en la presente investigación, para lo cual se utilizó el modelo matemático: Diseño de Bloques Completos al Azar y para los análisis estadísticos de las varianzas se aplicó la prueba de Tukey al 5%. La respuesta agronómica a la dosificación de nitrógeno aplicados al suelo en el cultivo de maíz INIAP-111 Guagal mejorado, estadísticamente resultaron similares (NS) en relación a las variables; Número de Plantas por Parcela (NP/P). Número de Plantas por Parcela Neta (NP/PN). Días a la Floración Masculina (DFM). Días a la Floración Femenina (DFF). Días a la Cosecha en Choclo (DCCH). Número de Plantas con Mazorca (NPCM). Número de Plantas sin Mazorca (NPSM). Días a la Cosecha en Seco (DCS). Cobertura de Mazorca (CM). Acame de Raíz (AR). Acame de Tallo (AT). Porcentaje de Humedad del Grano (PHGR). Porcentaje de Desgrane (PD) (Cuadro 1). Por tanto, estos componentes agronómicos son atributos varietales y talvez dependieron de la interacción genotipo ambiente y más no de la cantidad del fertilizante aplicado al suelo.

De acuerdo al resultado obtenido en las variables **Número de Plantas por Parcela** y **Número de Plantas por Parcela Neta** en relación a las dosis de fertilización nitrogenada se reportaron promedios generales de 76 y 44 plantas con un coeficiente de variación de 5,90 y 10,09% que es confiable (Cuadro 1). En

cuanto a la prueba de Tukey al 5% el promedio más alto se determinó en el T6 = Testigo con 80 plantas, en cambio el promedio inferior se registró en el T5 = Bocashi con 72 plantas en la primera variable NP/P. En cuanto a la segunda variable NP/PN el resultado promedio se calculó en el T6 con 47 plantas seguido del T1=Urea con 46 plantas y con un promedio inferior de 42 plantas registradas en el T5.

Para las variables **Días a la Floración Masculina** y **Días a la Floración Femenina** en relación a la dosis de fertilización nitrogenada se registraron medios generales de 47 y 48 plantas, con un coeficiente de variación de 10,71 y 10,43% (Cuadro 1).

En el presente estudio los tratamientos que contaron con adición de nitrógeno en su manejo, presentaron floración más precoz el T4 con 52 plantas, seguido del T2 y T6 con 49 plantas, en la cual se puede inferir que el nitrógeno incidió directamente sobre las plantas a la floración de las estructuras sexuales masculinas, estimulando su desarrollo favorablemente, en el T5 se registró un resultado promedio inferior de 41 plantas, siendo el más tardío de todos los tratamientos en su etapa vegetativa. En la variable DFF se registró un valor promedio de 54 plantas el T4, seguido del T2 con 52 plantas, el T5 reportó un promedio inferior de 42 plantas.

En la variable **Días a la Cosecha en Choclo** se registró un promedio general de 35 elotes con un coeficiente de variación de 9,52% valores que son relativamente confiables en relación a la dosis de fertilización nitrogenada aplicada al suelo (Cuadro 1). En la prueba de Tukey al 5% se reportó un promedio de 38 elotes en el T1 y T4, seguido del T2 y T3 con 36 elotes, presentando un promedio inferior de 29 elotes en el T6.

Para el componente agronómico de las variables **Número de Plantas con Mazorca** y **Número de Plantas sin Mazorca** se reportaron promedios generales de 42 y 2 plantas con un coeficiente de variación de 9,10 y 107,72% en relación a la dosis de fertilización nitrogenada aplicadas al suelo. (Cuadro 1)

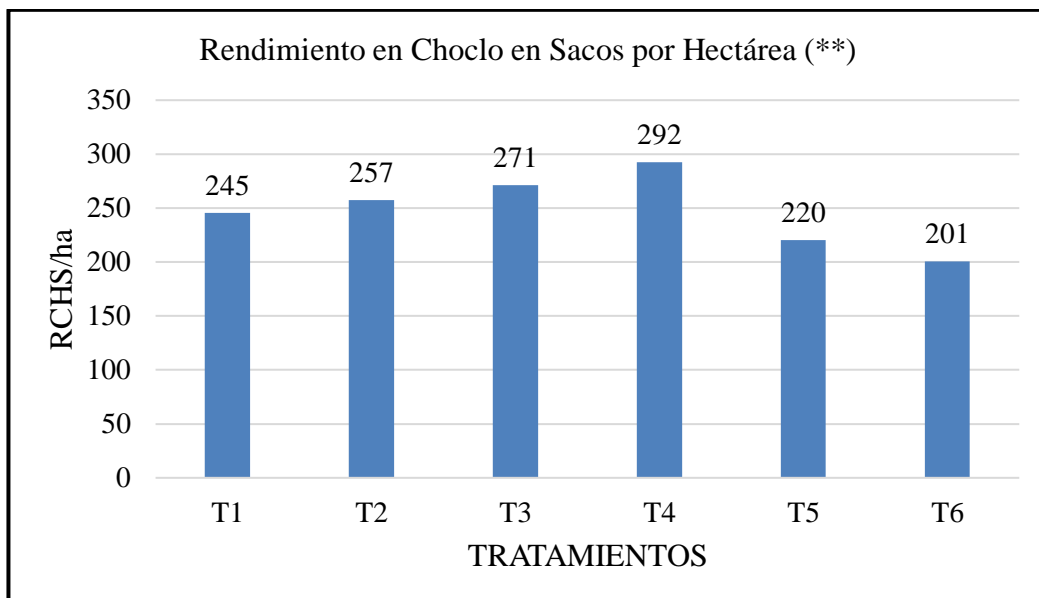


La respuesta a la dosis de N aplicadas al suelo en cuanto a la variable **Días a la Cosecha en Seco** se reportó una media general de 40 elotes listos para la cosecha y en la variable **Cobertura de Mazorca** 1 Excelente respectivamente dando un coeficiente de variación de 8,84 y 38,73%. De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% el promedio superior se determinó en los tratamientos T1, T2 y T6 con un valor de 41 elotes, seguido del T4 con 40 elotes listos para la cosecha, el promedio inferior se registró en el T5 con 37 elotes. En cuanto a la segunda variable en relación a la dosis de fertilización nitrogenada se presentó en el T2, T3, T4 y T5 con 1 el cual quiere decir que tienen una excelente cobertura de mazorcas. (Cuadro 1)

Para las variables **Acame de Raíz** y **Acame de Tallo** en relación a la dosis de fertilización nitrogenada se reportaron promedios generales de 2 y 6% con un coeficiente de variación de 72,53 y 47,75%. (Cuadro 1). Con la prueba de Tukey al 5% los promedios superiores para el AR (las plantas presentan una mínima inclinación de 5°) se registraron en el T3 con 3 seguido del T2 con 2,67% respectivamente, presentando el T5 un menor porcentaje de acame con apenas 0,33%. Para el AT (las plantas se rompen los tallos por debajo de la AIM), se calculó un valor superior de 9,33 en el T6 seguido del T5 con 7,33%, presentando un promedio inferior de 3,67% en el T2, en la cual se puede deducir que el acame de tallo es una característica varietal y que es influenciado también por la interacción genotipo ambiente a más de ser manejado por la dosis de fertilización nitrogenada.

En cuanto a las variables; Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (RCHS/ha). Altura de Planta (AP). Altura Inserción Mazorca (AIM). Diámetro del Tallo (DT). Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M). Longitud de Mazorca (LM). Diámetro de Mazorca (DM). Rendimiento en Kilogramo por Parcela (Rkg/P) y Rendimiento en Kilogramo por Hectárea (Rkg/ha), fueron muy diferentes (\*\*) (Cuadro 1).

Este comportamiento agronómico infiere que estas variables dependen de los niveles de fertilización nitrogenada a más de la interacción genotipo ambiente.

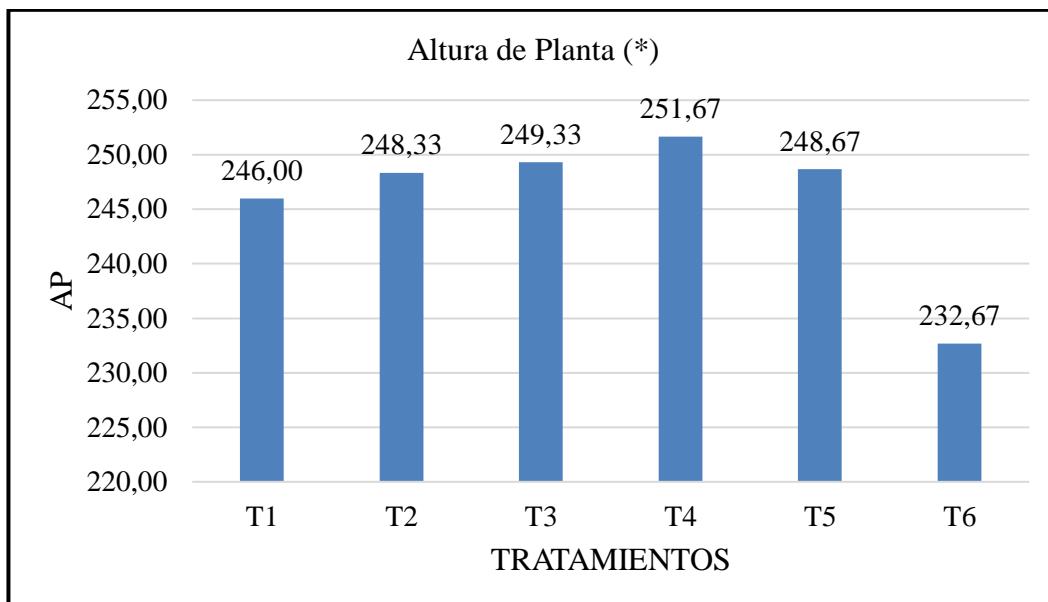


**Gráfico 2.** Rendimiento promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (RCHS/ha).

Para la variable **Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea** se registró un promedio general de 248 sacos/ha, con un coeficiente de variación de 8,41%. (Cuadro 1)

En la prueba de Tukey al 5%, en relación a las dosis de fertilización nitrogenada presentó un promedio de 292 sacos en el T4, seguido del T3 con 271 sacos, el promedio inferior se reportó en el T6 con 201 sacos. (Gráfico 2).

Se puede inferir claramente que el maíz es una gramínea altamente dependiente del nitrógeno; ya que el testigo al cual no se adicionó este elemento, mantuvo un rendimiento inferior al potencial de la variedad. Es evidente que existe en gran parte una relación directa entre el uso del nitrógeno y el aumento del rendimiento de los cultivos de maíz. Sin embargo, un efecto positivo de la fertilización nitrogenada en las plantas depende de diversos aspectos como lo son: ambientales, biológicas, culturales y químicas para su mejor desarrollo.

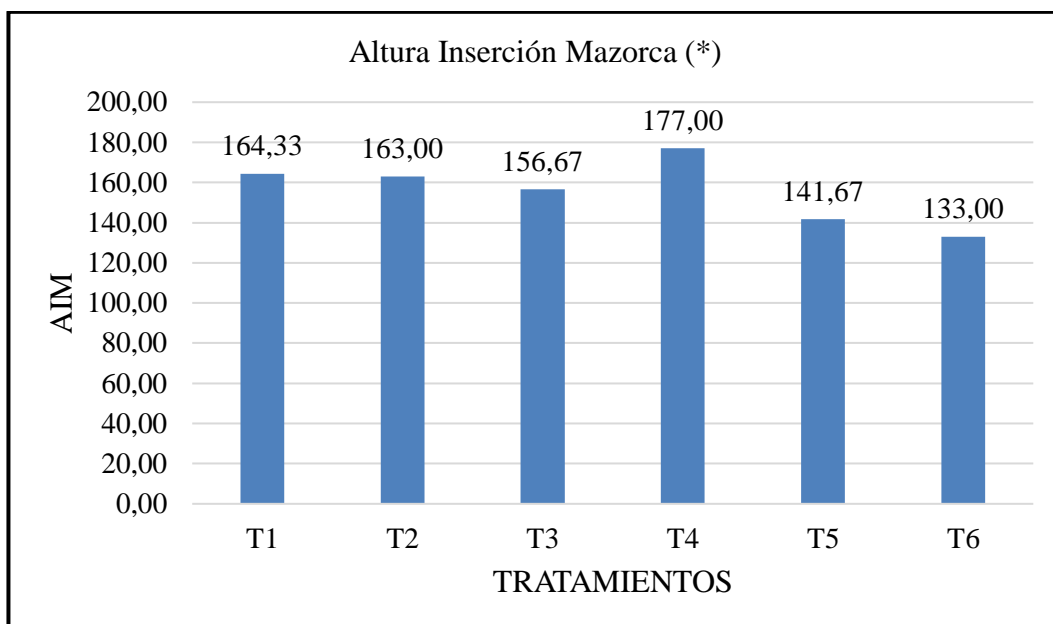


**Gráfico 3.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Altura de Planta (AP).

La respuesta agronómica a la dosis de fertilización nitrogenada para el componente agronómico **Altura de Planta** se registró una media general de 246,11 cm, con un coeficiente de variación de 2,21% calculados en el presente estudio (Cuadro 1).

En la altura de planta es conocido que el nitrógeno actúa directamente sobre el desarrollo longitudinal de las plantas y su vigor. También está visto que el N actúa sobre el incremento de los números de hileras de granos y número de granos por hileras, como también un aumento en el rendimiento de maíz, independientemente de la fuente y época de aplicación. Al existir condiciones adecuadas, las plantas podrían tener un mejor desarrollo vegetativo.

Con la prueba de Tukey al 5% los promedios superiores se presentaron en el T4 con 251,67 cm, seguido del T3 con 249,33 cm, presentando un resultado inferior el T6 con 232,67 cm.

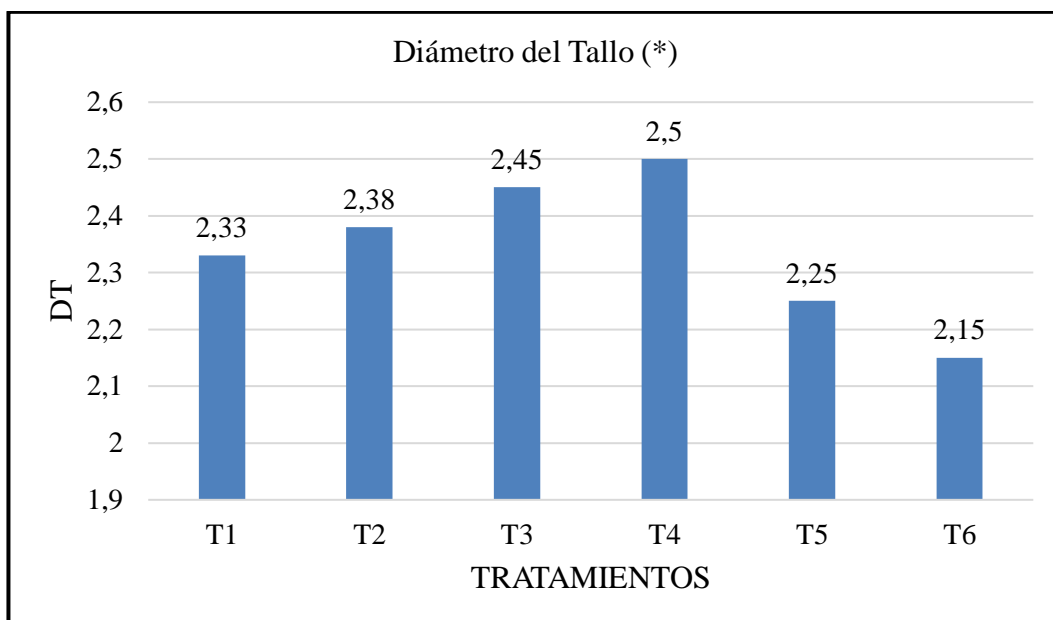


**Gráfico 4.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Altura Inserción Mazorca (AIM).

En relación a la dosis de fertilización nitrogenada en la variable **Altura Inserción Mazorca** se reportó una media general de 155,94 cm y un coeficiente de variación de 9,38%. (Cuadro 1)

Con la prueba de Tukey sometida al 5%, se registró un promedio de 177 cm en el T4, seguido del T1 con 164,33 cm, el promedio inferior se reportó en el T6 con 133 cm.

Estos resultados para la AIM, demuestran que los atributos varietales dependen en gran parte de su interacción genotipo ambiente como puede ser: altitud, temperatura ambiental, precipitación, características edafoclimáticas, época de siembra, tipo del material genético y el manejo agronómico del cultivo. En fin, la práctica de la fertilización nitrogenada aplicada al suelo ayuda a la planta a obtener una mayor altura, por ende, también aumenta la altura inserción mazorca, sobre todo cuando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es suficiente.

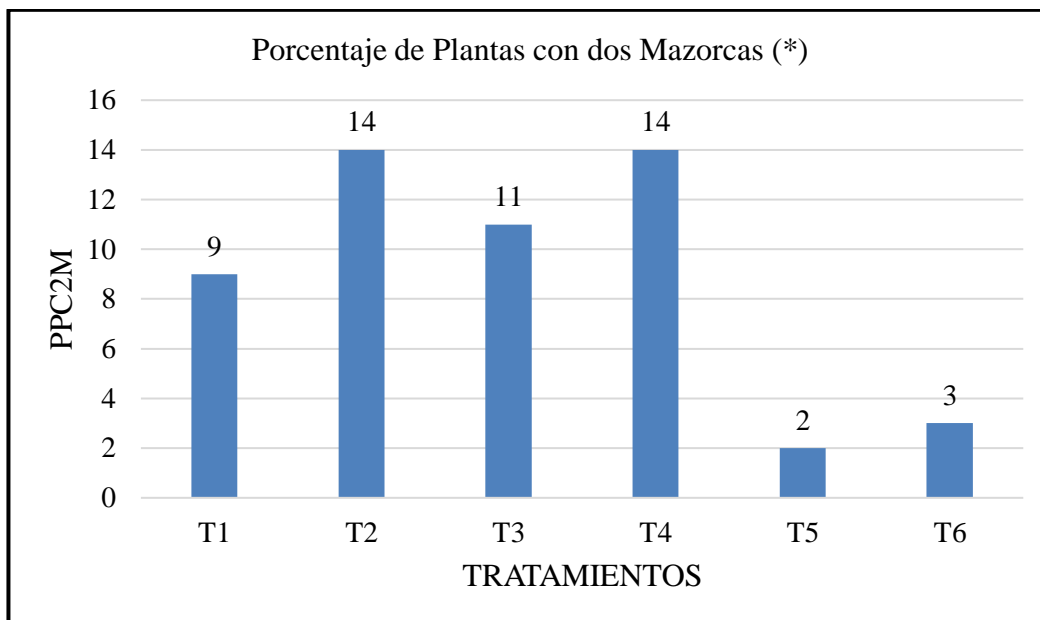


**Gráfico 5.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Diámetro del Tallo (DT).

En el característico varietal **Diámetro de Tallo** se registró una media general de 2,34 cm y un coeficiente de variación de 4,15% respectivamente. (Cuadro 1)

Con la prueba de Tukey al 5% se reportó un promedio de 2,50 cm en el T4, seguido del T3 con 2,45 cm, presentando un promedio inferior en el T6 con 2,15 cm en el presente estudio. (Gráfico 5)

En efecto el grosor del tallo depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo, ya que al existir un aumento en la densidad de siembra estos tienden a disminuir por la competencia entre las mismas, por tanto, es importante que el agricultor conozca bien las condiciones donde establecerá el cultivo de maíz y controle condiciones sanitarias, hídricas y culturales para así obtener los mejores resultados.

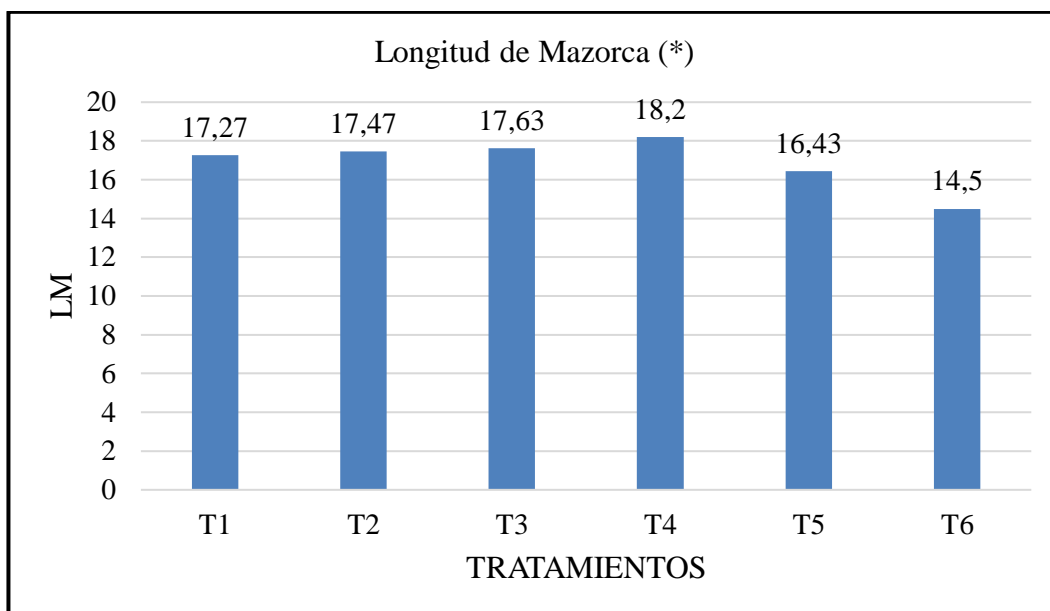


**Gráfico 6.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M).

En la variable **Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas** se reportó una media general de 9 plantas, dando como resultado un coeficiente de variación de 53,46% en relación a la dosis de fertilización nitrogenada aplicada al suelo. (Cuadro 1)

Con la prueba de Tukey al 5% se reportaron promedios de 14 plantas tanto en el T4 como en el T2 presentando un mayor rendimiento debido a que, a mayor dosis de N, se generó un incremento en el número de plantas con dos mazorcas. (Gráfico 6)

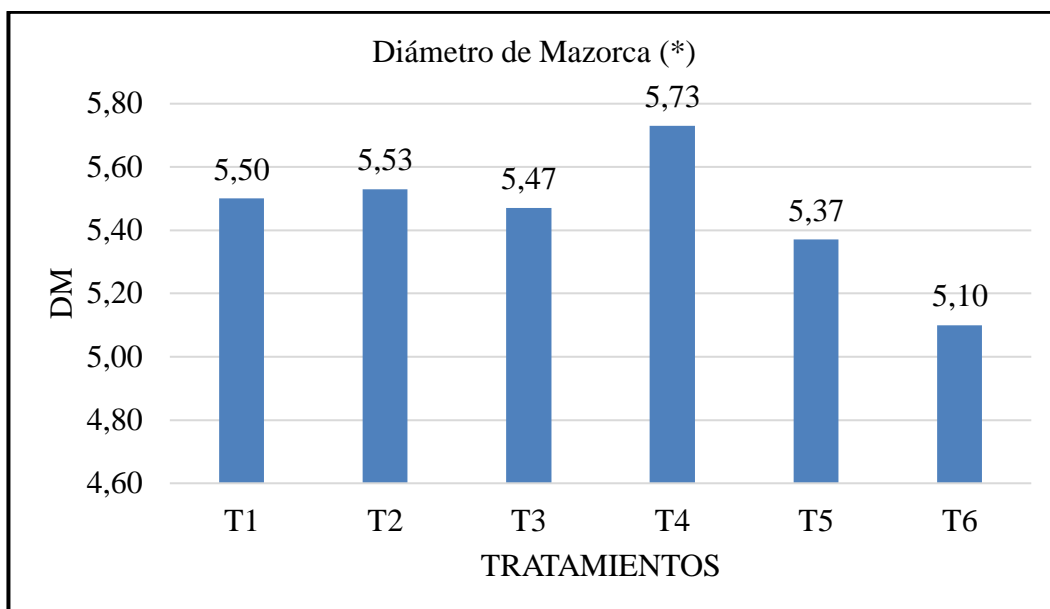
En este caso se puede inferir claramente como la eficiencia química de este elemento, se transforma en eficiencia agronómica para el cultivo, siendo uno de los componentes que podrían contribuir al incremento de la productividad; ya que al contar con plantas con dos mazorcas esto se traduce en un mayor rendimiento por hectárea.



**Gráfico 7.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Longitud de Mazorca (LM).

La respuesta agronómica de los seis tratamientos en estudio en el cultivo de maíz suave INIAP-111 Guagal mejorado en la variable **Longitud de Mazorca** se calculó una media general de 16,92 cm y un coeficiente de variación de 6,51%. (Cuadro 1)

Al realizar la prueba de Tukey al 5% se registró un promedio de 18,20 cm en el T4, seguido de los tratamientos en estudio T3 con 17,63 cm, reportando un promedio inferior el T6 con apenas 14,50 cm, en la cual se puede deducir que la longitud de mazorca está sujeta en gran parte a la dosis de fertilización nitrogenada a más de las características varietales, son importantes la altitud, condiciones climáticas y época de siembra de la zona, vientos, humedad del suelo sobre todo en floración y llenado de grano, luz solar, sanidad de la planta y mazorca. (Gráfico 7)



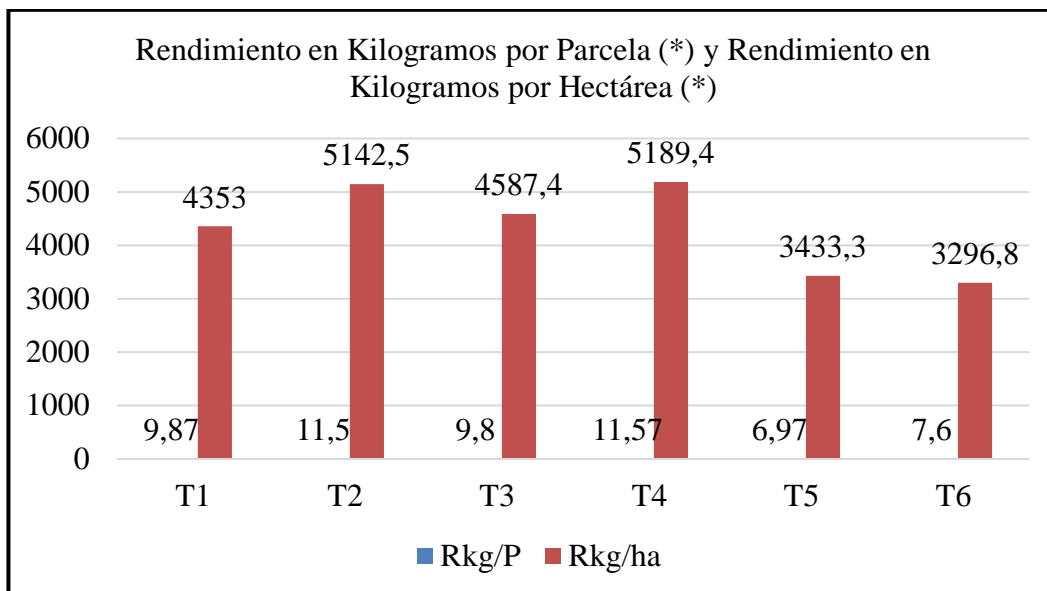
**Gráfico 8.** Resultado promedio de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en la variable Diámetro de Mazorca (DM).

Para el componente agronómico **Diámetro de Mazorca** se registró una media general de 5,45 cm y un coeficiente de variación de 3,09%. (Cuadro 1). Está claro que los nutrientes acumulados en tallos y hojas (entre ellos, nitrógeno) se mueven hacia el grano, favoreciendo el llenado de la misma con una mayor cantidad de nitrógeno disponible en las plantas, es decir que el nitrógeno acumulado en el grano es un elemento fundamental para sostener su rendimiento.

El diámetro de la mazorca, es uno de los componentes del rendimiento que puede influir sobre la productividad del cultivo ya que a mayor diámetro es más grande el grano. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey al 5%, se puede observar que el N contribuye en el incremento de la variable, obteniendo un resultado promedio en el T4 con 5,73 cm, seguido del T2 con 5,53 cm.

El resultado inferior se orienta en el T6 siendo el testigo con 5,10 cm, por ende, un aumento en la dosis de nitrógeno incrementaría el peso y el volumen de los granos de maíz, así como el llenado del grano.





**Gráfico 9.** Rendimientos promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar niveles de fertilización nitrogenada en las variables Rendimiento en Kilogramos por Parcela (Rkg/P) y Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Rkg/ha).

La respuesta a la dosis de fertilización nitrogenada aplicadas al suelo en cuanto a la variable **Rendimiento en kg por Parcela** y **Rendimiento en kg por Hectárea** se reportó una media general de 9,55 y 4333,8 kg con un coeficiente de variación de 15,91 y 16,86%.

Para la variable Rkg/P sometida a la prueba de Tukey al 5% se calculó un promedio de 11,57 kg en el T4, seguido del T2 con 11,50 kg, en la cual se puede notar con claridad que el manejo de nitrógeno en el maíz al ser una gramínea juega un papel fundamental en relación al rendimiento, ya que el nitrógeno se considera como un nutriente limitante en los cultivos de maíz, pues controla la producción al ser el elemento más requerido por la planta.

El promedio más alto para la variable Rkg/ha en los seis tratamientos en estudio se evaluó en el T4 con 5189,4 kg, seguido del T2 con 5142,5 kg por hectárea, por tanto, se puede inferir que al aumentar la dosis de N estarían otorgando los mejores resultados en relación a volumen de producto, eficiencia química y agronómica en el cultivo de maíz suave.

## 4.2 Coeficiente de variación CV

El coeficiente de variación, indica la variabilidad de los resultados. El valor del coeficiente de variación en variables que están bajo el control del investigador, no debe sobrepasar del 20%; sin embargo, en variables que dependen de la fuerte interacción genotipo ambiente como acame de raíz, altura de planta, acame de tallo, cobertura de mazorca entre otros el valor del coeficiente de variación puede ser mucho mayor del 20%. (Beaver, J; Beaver, L. 2002)

En la presente investigación en las variables que estuvieron bajo el control del investigador, no sobrepasan el 20% y que únicamente en las variables que dependieron del medio ambiente presentaron valores superiores al 20%, por lo tanto, las inferencias y conclusiones son válidas para esta zona agroecológica de Laguacoto III.

## 4.3 Análisis de correlación y regresión

Resultados en análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una significancia estadística positiva y negativa en el rendimiento de maíz INIAP-111 evaluado en kg/ha al 13% de humedad, Laguacoto 2022.

**Cuadro 2.** Resultados de análisis de correlación y regresión lineal.

Componente Rkg/ha (y)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> ) (%)
Rendimiento en Choclo en sacos por Hectárea (**)	0,85	22,78	72
Altura de Planta (*)	0,55	58,76	31
Altura Inserción Mazorca (*)	0,73	35,64	53
Diámetro de Tallo (*)	0,77	5141,70	59
Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (*)	0,76	123,62	58
Longitud de Mazorca (*)	0,82	528,24	67
Diámetro de Mazorca (*)	0,67	2691,40	45
Rendimiento en Kilogramo por Parcela (*)	0,96	430,05	91

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

#### **4.3.1 Correlación (r)**

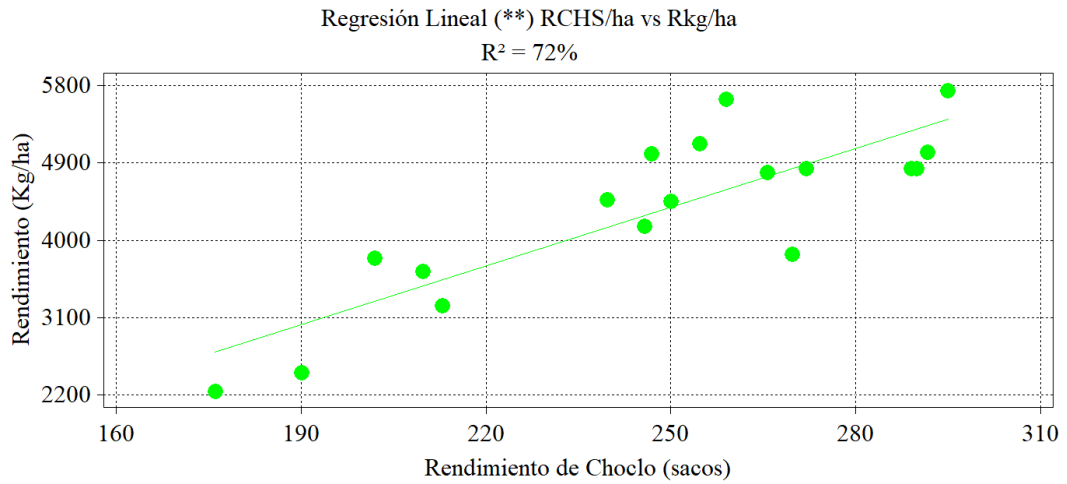
Correlación es la relación positiva o negativa entre dos variables y no tiene unidades. El valor máximo de una correlación perfecta es +/- 1. En el presente estudio se determinó que las variables que presentaron una correlación significativa y positiva con el Rendimiento en Kg/ha de maíz INIAP-111 Guagal mejorado fueron; Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (RCHS/ha). Altura de Planta (AP). Altura Inserción Mazorca (AIM). Diámetro del Tallo (DT). Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M). Longitud de Mazorca (LM). Diámetro de Mazorca (DM) y Rendimiento en Kilogramo por Parcela (Rkg/P) (Cuadro 2).

#### **4.3.2 Regresión (b)**

Regresión es el incremento o reducción de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de las variables independientes (Xs). Para la presente investigación las variables con mayor relación de dependencia para el incremento del rendimiento en Kg/ha de maíz suave fueron; Diámetro del Tallo (DT). Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (PPC2M). Longitud de Mazorca (LM). Diámetro de Mazorca (DM) y Rendimiento en Kilogramo por Parcela (Rkg/P) (Cuadro 2).

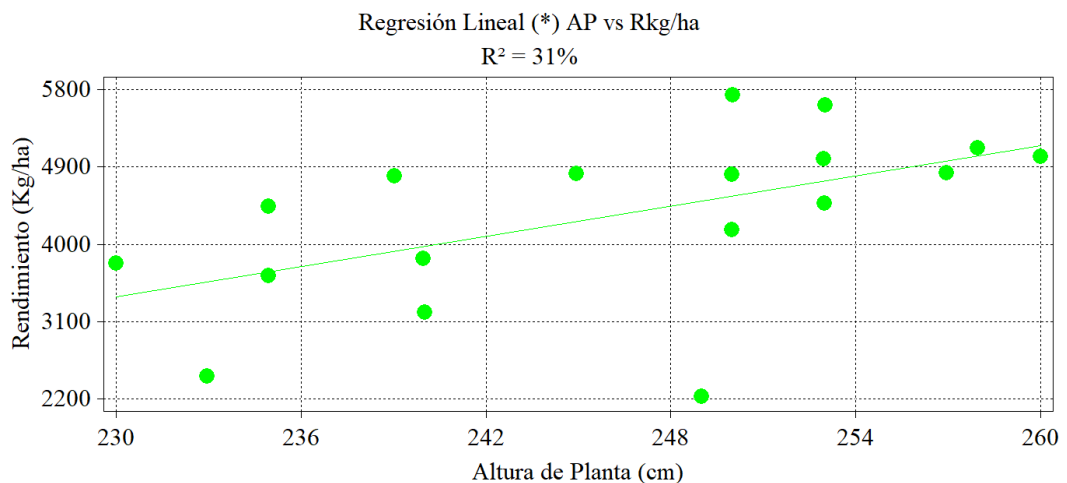
#### **4.3.3 Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>)**

El coeficiente de determinación, es un estadístico que explica en qué porcentaje se incrementa o reduce el Rendimiento en kg/ha de maíz suave INIAP-111 por cada cambio único de las variables independientes (Xs) y se expresa en porcentaje. El valor máximo del R<sup>2</sup> es 100%. En esta investigación, el mejor ajuste de regresión lineal ( $Y = a + bx$ ), se dio en el Rendimiento en Kilogramo por Parcela (Rkg/P) en la cual incremento en un 91% el rendimiento de maíz (Cuadro 2).



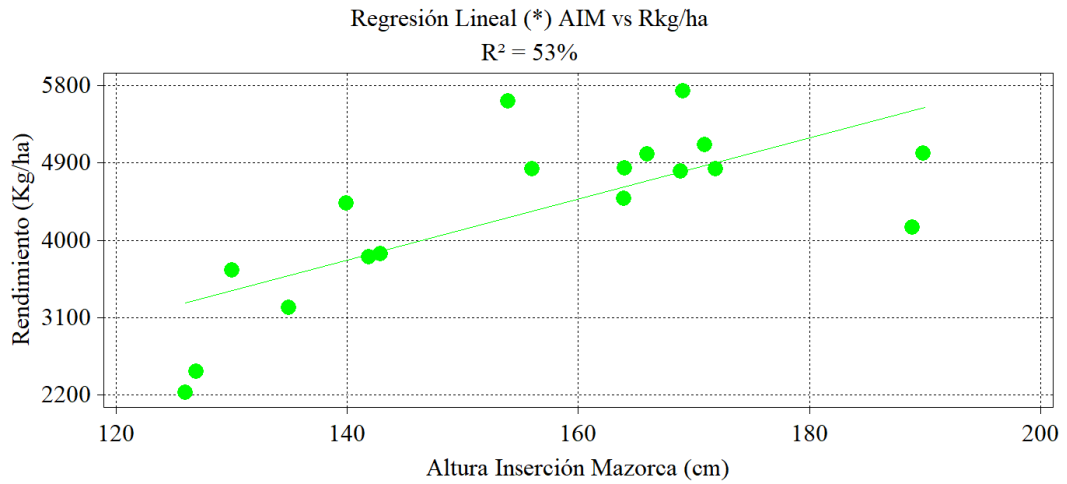
**Gráfico 10.** Regresión lineal Rendimiento en choclo sacos/ha vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El componente agronómico Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea está relacionado directamente con el Rendimiento de maíz, es decir mayor número de choclos por sacos contribuyen con el 72% respectivamente al incremento del rendimiento (Gráfico 10).



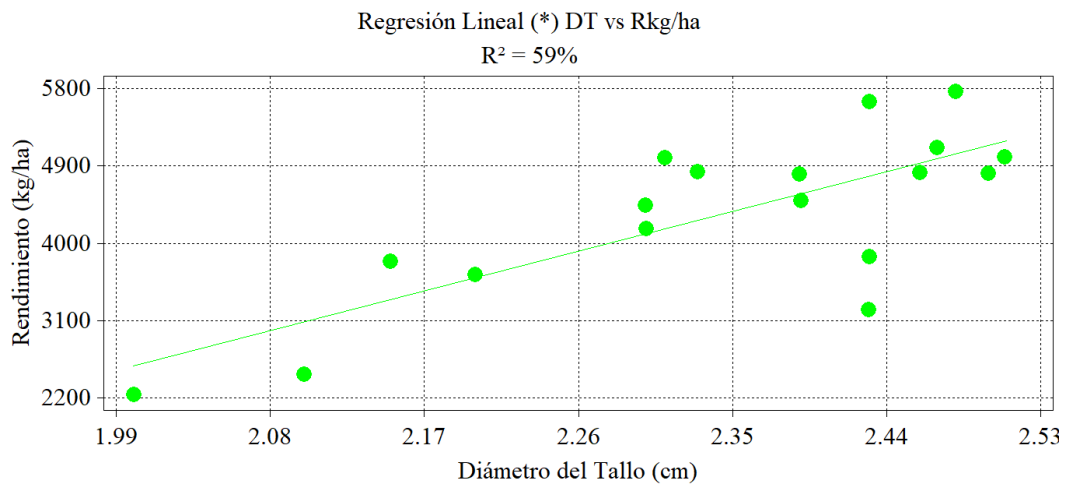
**Gráfico 11.** Regresión lineal Altura de Planta cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El 31% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios de altura de planta; es decir al obtener plantas con mayor altura, mayor fue el rendimiento de maíz suave (Gráfico 11).



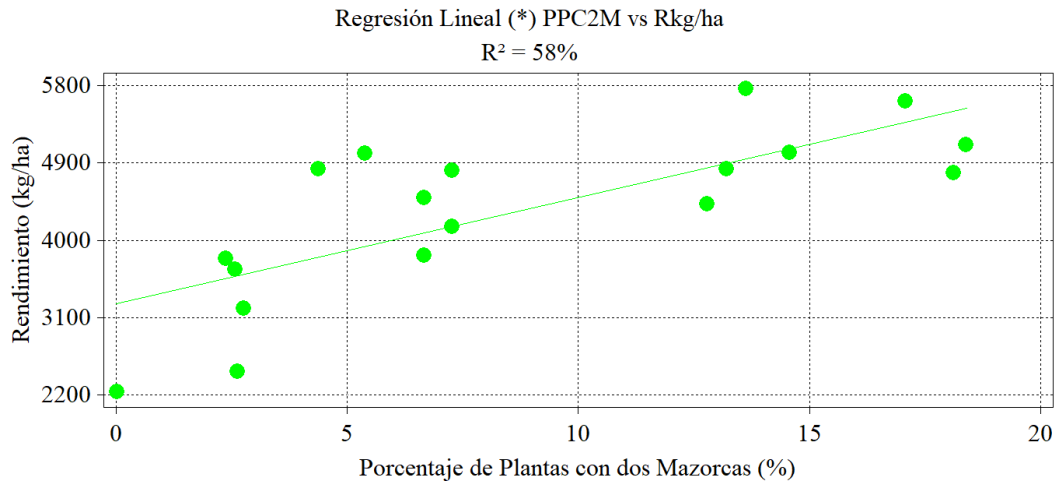
**Gráfico 12.** Regresión lineal Altura Inserción Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El 53% de incremento del rendimiento de maíz suave fue debido a valores promedios de altura inserción mazorca; en la cual se incrementó el potencial productivo del cultivo (Gráfico 12).



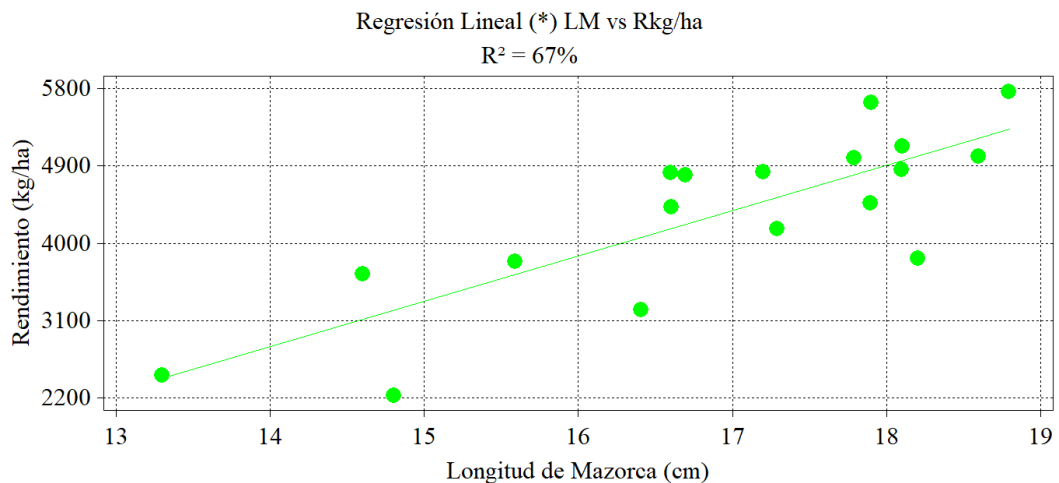
**Gráfico 13.** Regresión lineal Diámetro del Tallo cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El 59% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios encontrados en la variable diámetro de tallo; es decir que por cada centímetro que incremente el diámetro del tallo se obtendrá un incremento de 5141,70kg (Gráfico 13).



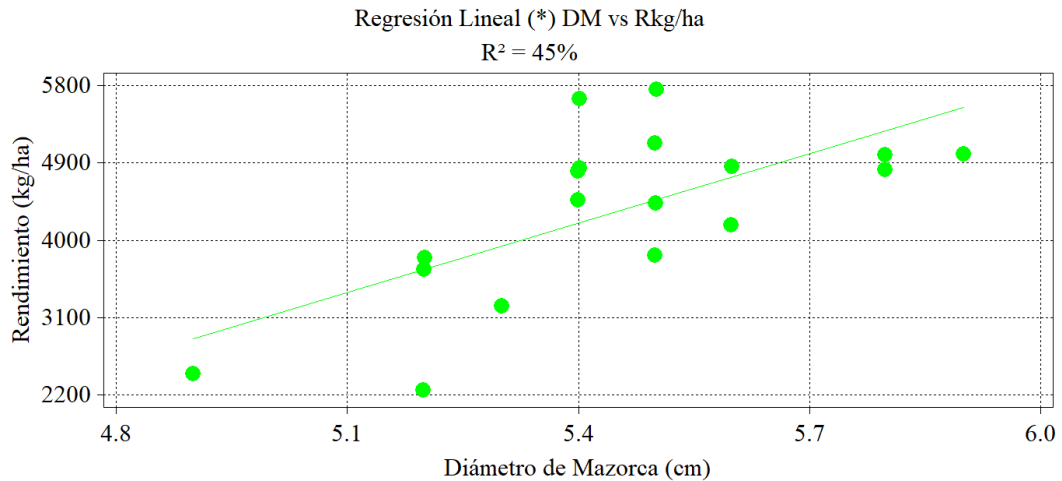
**Gráfico 14.** Regresión lineal Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas % vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

De acuerdo al análisis de regresión lineal el 58% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios encontrados en la variable porcentaje de plantas con dos mazorcas; es decir que por cada planta que contenga dos elotes hay un incremento del potencial productivo del maíz INIAP-111 Guagal mejorado (Gráfico 14).



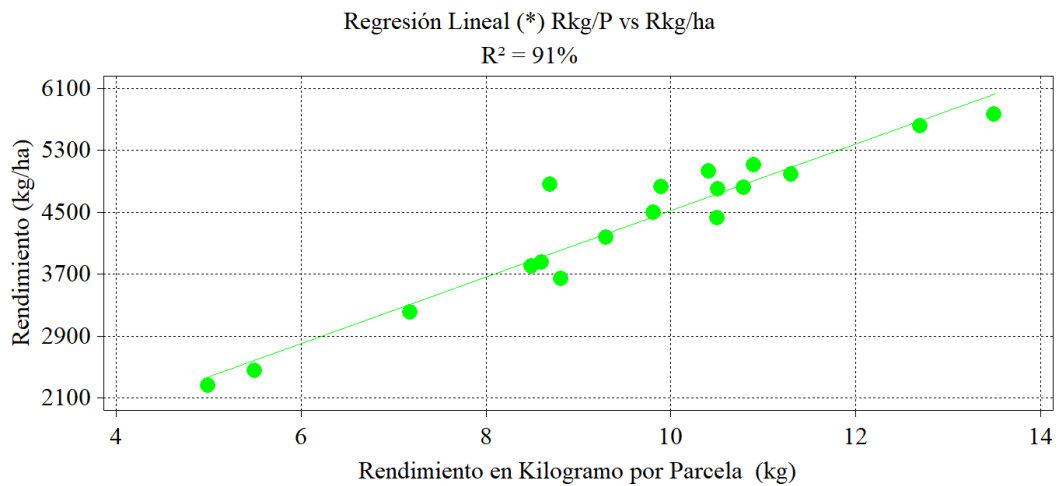
**Gráfico 15.** Regresión lineal Longitud de Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El 67% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios encontrados en la variable longitud de mazorca; es decir que por cada centímetro que incremente el componente agronómico longitud de mazorca se obtuvo un incremento de 528,24 kg (Gráfico 15).



**Gráfico 16.** Regresión lineal Diámetro de Mazorca cm vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

De acuerdo al análisis de regresión lineal el 45% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios encontrados en la variable diámetro de mazorca; es decir que por cada centímetro que incremente el componente mencionado hay un incremento del potencial productivo del maíz INIAP-111 Guagal mejorado (Gráfico 16).



**Gráfico 17.** Regresión lineal Rendimiento en Kilogramo por Parcela kg vs Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad Laguacoto 2022.

El componente agronómico rendimiento en kilogramo por parcela está relacionado directamente con el rendimiento de maíz, es decir que por cada kilogramo que incremente el componente mencionado hay un incremento de

430,05 kg del potencial productivo del maíz INIAP-111 Guagal mejorado (Gráfico 17).

#### 4.4 Análisis económico

Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP). Cultivo: maíz suave variedad INIAP-111 Guagal mejorado. Laguacoto 2022.

**Cuadro 3.** Análisis económico del presupuesto parcial (AEPP)

VARIABLES	TRATAMIENTOS					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento de maíz en kg/ha	4353	5142,50	4587,40	5189,40	3433,30	3296,80
<b>TOTAL, INGRESO BRUTO \$/ha</b>	<b>2916,51</b>	<b>3445,48</b>	<b>3073,56</b>	<b>3476,90</b>	<b>2300,31</b>	<b>2208,86</b>
Aplicación del glifosato 3 L/ha	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
8 horas tractor: Arado y rastra. \$/ha	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Mano de obra aplicación glifosato 2 Jornales. \$/ha	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Mano de obra (surcado): 4 jornales. \$/ha	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Urea. \$/ha	84,84	133,98	177,66	222,60	0,00	0,00
Ecoabonaza \$/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	440,00	0,00
Aplicación de Urea y Ecoabonaza: 3 jornales \$/ha	30,00	30,00	30,00	30,00	60,00	30,00
Rascadillo y aporque. 2 jornales. \$/ha	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Aplicación de insecticida	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Sacos para cosecha	60,00	68,40	61,20	69,00	45,60	43,80
Cosecha 10 jornales \$/ha	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Postcosecha (jornales desgrane)	485,00	570,00	510,00	575,00	380,00	365,00
Sacos para grano	30,00	34,20	30,60	34,50	22,80	21,90
<b>COSTO SUB TOTAL</b>	<b>1044,84</b>	<b>1191,58</b>	<b>1164,46</b>	<b>1286,10</b>	<b>1303,40</b>	<b>815,70</b>
Renta de tierra	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Capital circulante	104,48	119,16	116,45	128,61	130,34	81,57
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>1649,32</b>	<b>1810,74</b>	<b>1780,91</b>	<b>1914,71</b>	<b>1933,74</b>	<b>1397,27</b>
<b>TOTAL, BENEFICIOS NETOS \$/ha</b>	<b>1267,19</b>	<b>1634,74</b>	<b>1292,65</b>	<b>1562,19</b>	<b>366,57</b>	<b>811,59</b>
<b>Relación beneficio costo B/C</b>	0,77	0,90	0,73	0,82	0,19	0,58



Al realizar AEPP, se utilizó la sistemática de Perrint, et al. 2002, en que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento.

En la presente investigación los costos que variaron en cada procedimiento fueron básicamente costos de los fertilizantes, aplicación de Urea y Ecoabonaza, sacos para la cosecha, jornales para el desgrane y sacos para el grano, realizadas en cada etapa fenológica del cultivo y actividades agrícolas.

Por ende, el costo de un jornal se determinó en \$ 10,00/día. El precio de venta del maíz INIAP-111 Guagal mejorado en seco, fue de \$ 0,67/kg. El valor económico de la urea como fuente de (N), se encuentra alrededor de \$ 30,00/50kg. El alquiler de maquinaria agrícola se cuantificó en \$ 8,75/hora. El costo del herbicida glifosato fue de \$ 5,00/L. El costo de los sacos para la cosecha y almacenamiento de los granos se determinó en \$ 0,30/saco.

De acuerdo al análisis económico del presupuesto parcial se puede deducir que económicamente el mejor tratamiento lo registró el T2 con un rendimiento de 5142,50 kg/ha, a un costo de tratamiento de \$ 1810,74 un beneficio neto de \$ 1634,74 y una relación beneficio costo de \$ 0,90 centavos de ganancia por cada dólar invertido, es decir, una rentabilidad de 90%. Sin embargo, agronómicamente el mejor tratamiento lo reportó el T4 con 5189,40 kg/ha con un costo elevado de \$ 1914,71 lo que indica que a mayor dosis de urea hay una relación beneficio costo de apenas \$ 0,82.

#### **4.5 Comprobación de hipótesis**

La hipótesis estadística, es la suposición que se realiza sobre las características de una población. Es utilizada para verificar o rechazar cualquier documento tras realizar el estudio estadístico pertinente. En cuanto a la estadística, una parte fundamental de ella es el trabajo con hipótesis. Las hipótesis son afirmaciones realizadas acerca de las características de una población o de la relación que pueda existir entre variables.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, en relación a los principales resultados agronómicos evaluados, se acepta con el 99% de confiabilidad estadística la hipótesis alterna, por cuanto la respuesta al rendimiento de maíz suave INIAP-111 Guagal mejorado depende en gran parte del elemento N para su producción, sin dejar de lado la fuerte influencia de la interacción genotipo-ambiente de la zona agroecológica en estudio.

## 4.6 Conclusiones y recomendaciones

### 4.6.1 Conclusiones

Las conclusiones de mayor relevancia obtenidas en el presente trabajo a través del análisis estadístico y económico se exponen a continuación.

- El efecto de la dosis de nitrógeno influye de manera significativa en las variables evaluadas, es decir a mayor dosis de nitrógeno aplicados al suelo hay un incremento del potencial productivo del cultivo de maíz INIAP-111 Guagal mejorado. Los rendimientos promedios más altos se registraron en los tratamientos T4: 244 kg/ha N con 5189,4 kg/ha y T2: 147 kg/ha N con 5142,5 kg/ha al 13% de humedad.
- Al realizar los análisis respectivos en relación a la dosis de fertilización nitrogenada en los seis tratamientos realizados en la presente investigación, se concluye preliminarmente que las variables agronómicas evaluadas dependieron en gran parte de la adicción de nitrógeno.
- Los componentes agronómicos que contribuyeron al incremento del potencial productivo de maíz suave fueron: Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea (72%). Altura de Planta (31%). Altura Inserción Mazorca (53%). Diámetro del Tallo (59%). Porcentaje de Plantas con dos Mazorcas (58%). Longitud de Mazorca (67%). Diámetro de Mazorca (45%) y Rendimiento en Kilogramo por Parcela (91%).
- Económicamente las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz suave en la zona agroecológica de Laguacoto III fueron los tratamientos T2 con una relación beneficio costo de (\$ 0,90), con una inversión total (\$ 1810,74), seguido del T4 con una relación beneficio costo de (\$ 0,82) y una inversión total de (\$ 1914,71).
- En síntesis, la presente investigación permitió validar alternativas tecnológicas sostenibles que ayudan a mejorar la producción de maíz suave a través de la incorporación del N, debido a que las gramíneas dependen en gran parte de este elemento para mejorar su rendimiento.

#### **4.6.2 Recomendaciones**

Mediante el resumen de las principales conclusiones se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz suave INIAP-111 en la provincia Bolívar, se recomienda aplicar la dosis de nitrógeno comprendida entre 147 y 244 kg/ha en tres momentos 30, 60 y 90 días después de la siembra, tomando en cuenta también el tipo de productores (pequeños, medianos y grandes).
- En la presente investigación la variedad de maíz INIAP-111 Guagal Mejorado, tuvo una respuesta favorable en esta zona agroecológica, por tanto, se recomienda realizar la transferencia de tecnología a los productores/as mediante parcelas demostrativas, días de campo en alianzas estratégicas con el INIAP, MAG, Gobiernos locales y las organizaciones de productores/as.
- En relación al cambio climático, se recomienda validar épocas de siembra con variedades de maíz suave de ciclo precoz con la finalidad de escapar de la sequía y elevar al máximo la producción en choclo y en seco.
- Se recomienda realizar análisis biológicos de suelo y organolépticas de la planta para generar información consistente sobre los cambios físicos, químicos y biológicos del suelo y la calidad de grano.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acosta, R. (2016). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. La Habana, Cuba: Revista cultivos tropicales.
- Alvarez, R; Mendoza, C; Panizo, R; Sevillano, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz bajo dos sistemas de siembra. Universidad Nacional Agraria La Molina .
- Andrade, F. (2005). “Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos maíz, girasol y soja”. extraído de: (<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5344/1/TESPE-033305.pdf>).
- Arévalos, T; Mendoza, F. (2012). Manejo de nitrógeno bajo fertilización con NPK aplicado en siembra y cobertura en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Paraguay: Primer simposio Paraguayo de manejo y conservación de suelo.
- Azón, J; Talón, M. (2008). Fundamentos de fisiología Vegetal. Publicación y Edición de la Universidad de Barcelona. Barcelona, España.: 1ª ed. En español.
- Barreno, L; Caiza, D. (2017). Los productores de maíz y su contribución al desarrollo [Tesis de Contabilidad y Auditoria, UEB].
- Bembibre, C. (12 de Mayo de 2010). Definición ABC. Maíz. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de <https://www.definiciónabc.com/medio-ambiente/maíz.php>
- Caballero, D; Yáñez, C. (2006). Producción, manejo y uso sostenible de cultivares tradicionales de maíz de la Sierra Ecuatoriana.
- Cabrerizo, C. (2012). “El maíz en la alimentación Humana”.
- Carballo, L. (2013). Regla para la calificación de semillas. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. Informe anual programa global de agricultura de conservación. México.

- CICEANA. (12 de Marzo de 2015). Ciclo del nitrógeno. Ciudad de México. Recuperado el 18 de Agosto de 2021, de [http://www.divulgación.ccg.unam.mx/webfm\\_send/109](http://www.divulgación.ccg.unam.mx/webfm_send/109)
- Cordi, M; Echeverría, H; Sainz, H. (2014). Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la tasa y duración de llenado de granos en maíz. Argentina: Estación Experimental Agropecuaria INTA.
- Durán, J. (2010). El papel del nitrógeno en la agricultura y la contaminación por nitrato. extraído de: (<http://www.interempresas.net/Agrícola/Artículos/39819-El-papel-del-nitrógeno-en-la-agricultura-y-la-contaminación-por-nitrato.html>).
- Espinoza, A. (2010). Cultivo de maíz. Guía tecnológica para la producción de maíz. Managua - Nicaragua: INTA.
- FAO. (2012). “Mejoramiento de Maíz con objetivos especiales”.
- García, J; Espinosa, J. (2012). Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. Quito, Ecuador.
- Germinia, P. (2010). Principios de fertilización. extraído de: ([www.germinia.cl/fertiliza/021](http://www.germinia.cl/fertiliza/021)).
- Guastay, L; Pérez, D. (2015). Respuesta Agronómica del maíz (*Zea mays* L. INIAP-111 Guagal Mejorado a diferentes arreglos de siembra y fertilización nitrogenada. Guaranda - Bolívar: UEB.
- Herrera, J. (2005). Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. España: Océano.
- Holdridge, L. (1979). Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Life Zone Ecology. Costa Rica: Tropical Science Center.

- IICA. (2016). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. extraído de: (<http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6949/bve18040127e.pdf;jsessionid=f34d6e60b36eaa4280e0d54fd3d4e836?sequence>).
- INEC. (2019). Censo Nacional Agropecuario de Producción.
- INEG. (2013). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos.
- INIAP. (2011). “Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Quito-Ecuador: Programa de Maíz. EESC.
- Lapidus, D. (2008). Fortalecimiento de Capacidades para el Desarrollo de Estrategias de Bajas Emisiones: Eficiencia en el Uso del Nitrógeno en México.
- MAGAP. (2013). Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca. Maíz suave choclo. Quito-Ecuador: s/e.
- Martínez, D; Valdez, A. (2015). Fuentes de nitrógeno aplicados en cobertura en el cultivo de maíz. Paraguay : Primer congreso paraguayo de ciencia de suelo.
- Martínez, R; López, M. (2008). La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Caracas, Venezuela: CIARA.
- Monar, C. (2017). Proyecto investigación y producción sostenible de semillas. Obtenido de Proyecto investigación y producción sostenible de 124 semillas. extraído de: (<http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/2013/iv%20congreso%20mundial%20de%20la%20quinua/a.%20salas>).
- Orta, L. (2010). Manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maiz (*Zea mays* L.) para medianos productores. México: SA.
- Rivadeneira, M. (2012). Evaluación del biofertilizante a base de cepas de (*Azospirillum spp*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) INIAP-111 guagal

mejorado, en completo con tres tipos de fertilización y dos métodos de inoculación. Guaranda - Ecuador: UEB.

Rosillo, F. (2009). Estudio de la Cadena de Comercialización del maíz blanco (*Zea mays* L.) cultivar Guagal blanco en la Provincia de Bolívar”, tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Politécnica de Chimborazo.

Sagan, G. (2010). Nitrógeno. extraído de: ([www.sagan-gea.org](http://www.sagan-gea.org)).

Serrano, P. (2009). Guia práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. extraído de: ([/storage/emulated/0/download/guia-de fertilización-pdf.pdf](#)).

Torres, M. (2016). “Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz”.

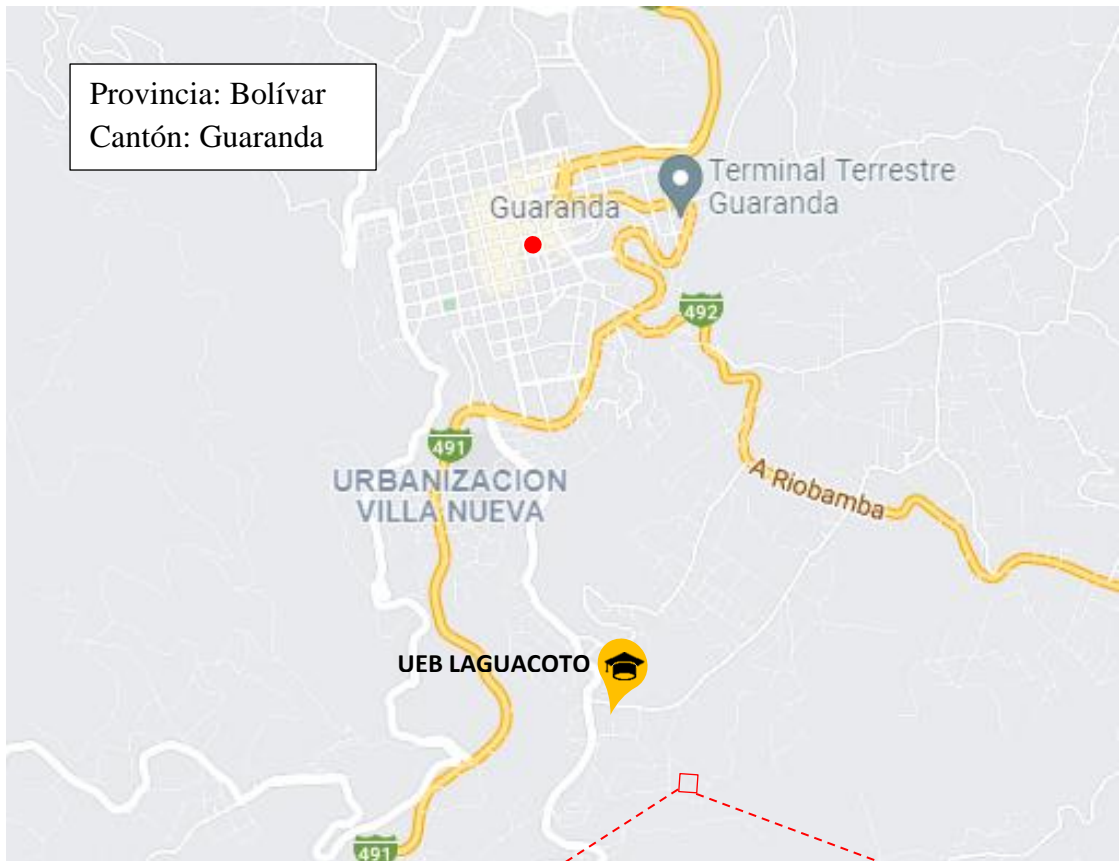
Trivelin, P; González, A. (2015). Avances en manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos extensivos. Paraguay: Cuarto simposio Paraguayo de manejo y conservación del suelo .

Uriarte, J. (9 de Marzo de 2020). "Maiz". Características.com. Recuperado el 27 de Agosto del 2020, de <https://www.características.com/maíz/>



# **ANEXOS**

**Anexo 1. Ubicación geográfica del proyecto de investigación**



**Ubicación del ensayo**

**Laguacoto III**

**Altitud:** 2622 msnm

**Latitud:** 01° 36' 52" S

**Longitud:** 78° 59' 54" W



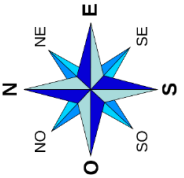
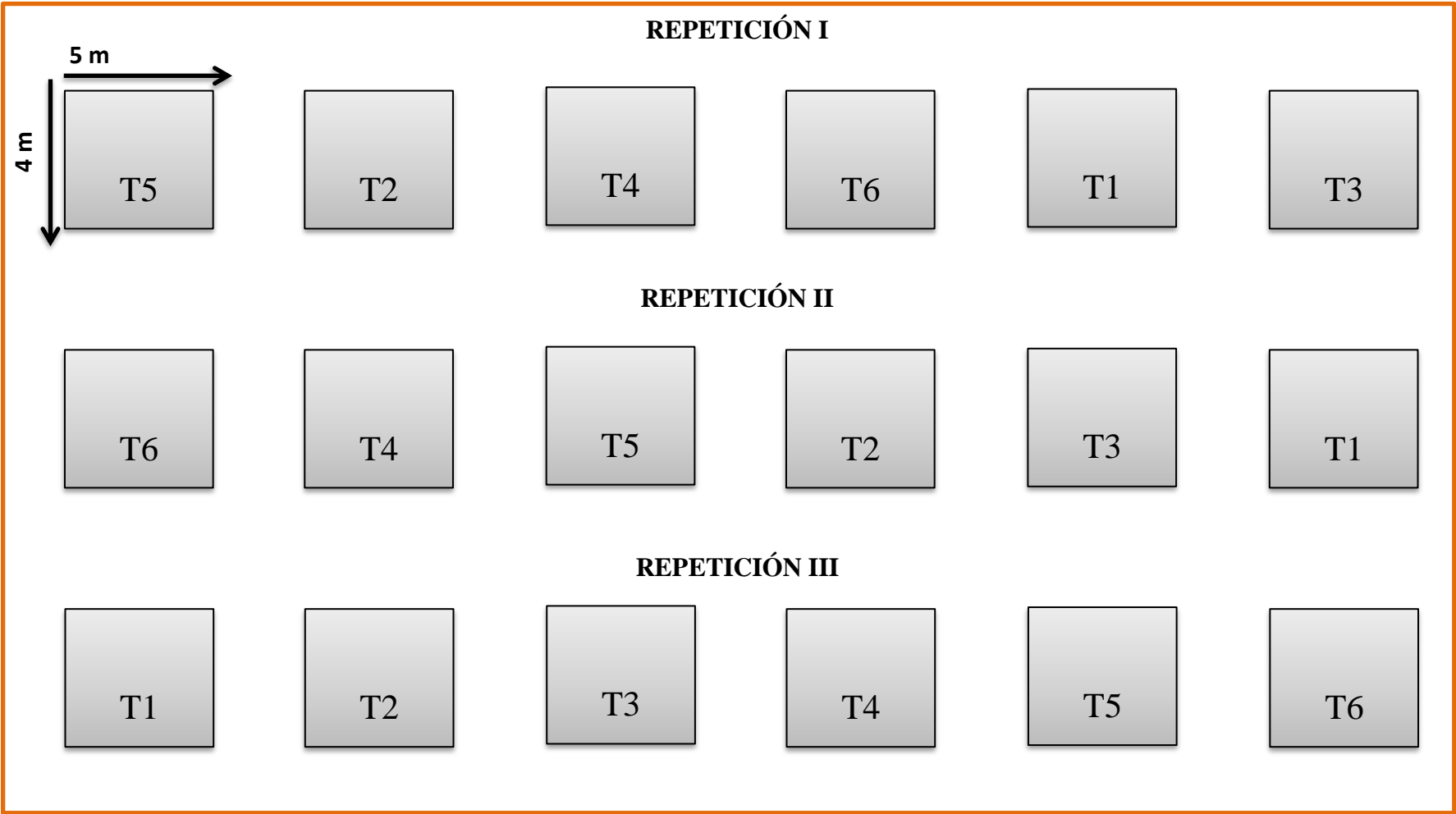
## Anexo 2. Base de datos completa para el análisis de las variables agronómicas

### Significado de las abreviaturas

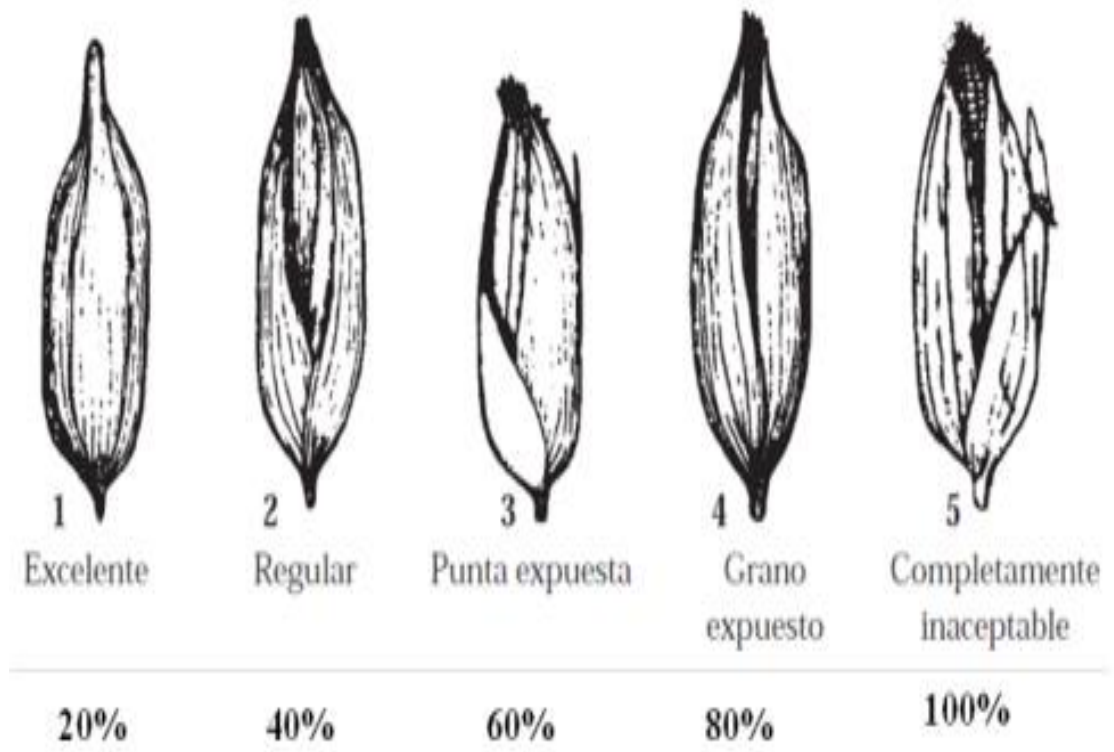
NP/P	NÚMERO DE PLANTAS POR PARCELA
NP/PN	NÚMERO DE PLANTAS POR PARCELA NETA
DFM	DÍAS A LA FLORACIÓN MASCULINA
DFF	DÍAS A LA FLORACIÓN FEMENINA
DCCH	DÍAS A LA COSECHA EN CHOLO
RCHS/HA	RENDIMIENTO EN CHOCLO EN SACOS/Ha
AP	ALTURA DE PLANTA
AIM	ALTURA INSERCIÓN MAZORCA
DT	DIÁMETRO DEL TALLO
NPCM	NÚMERO DE PLANTAS CON MAZORCA
NPSM	NÚMERO DE PLANTAS SIN MAZORCA
PPC2M	PORCENTAJE DE PLANTAS CON 2 MAZORCAS
DCS	DÍAS A LA COSECHA EN SECO
CM	COBERTURA DE MAZORCA
AR	ACAME DE RAÍZ
AT	ACAME DE TALLO
LM	LONGITUD DE LA MAZORCA
DM	DIÁMETRO DE LA MAZORCA
PHG	PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL GRANO
RKG/P	RENDIMIENTO EN KG/PARCELA
RKG/HA	RENDIMIENTO EN KG/HA
PD	PORCENTAJE DE DESGRANE

Base de datos para el análisis estadístico

BL	TRAT A	NP/P	NP/P N	DFM	DFP	DCC	RCHS /ha	AP (cm)	AIM (cm)	DT (cm)	NPCM	NPSM	PPC2M	DCS	CM	AR	AT	LM (cm)	DM (cm)	PHGR	Rkg/P	RKG/ha	PD
1	1	72	46	55	47	38	240	253	164	2.39	45	1	6.7	41	2	3	5	17.9	5.4	21.8	9.8	4476.3	0.83
1	2	76	44	57	52	37	259	253	154	2.43	43	1	17.1	41	1	1	3	17.9	5.4	25.2	12.7	5624.8	0.92
1	3	71	44	42	45	34	289	250	156	2.46	41	3	7.3	39	1	4	6	16.6	5.4	19.6	9.9	4816.2	0.82
1	4	76	44	55	57	37	295	250	169	2.48	44	0	13.6	40	1	1	1	18.8	5.5	21.9	13.5	5742.6	0.85
1	5	75	46	39	46	33	272	257	164	2.33	45	1	4.4	40	1	0	5	18.1	5.6	27.2	8.7	4839.6	0.91
1	6	86	52	58	46	26	190	233	127	2.1	39	13	2.6	45	2	3	12	13.3	4.9	22.7	5.5	2458.2	0.83
2	1	76	43	42	50	37	246	250	189	2.3	41	2	7.3	39	1	3	8	17.3	5.6	25.8	9.3	4155.2	0.87
2	2	75	42	46	52	34	247	253	166	2.31	41	1	5.4	40	1	3	5	17.8	5.8	23.9	11.3	5005.7	0.87
2	3	73	38	46	51	36	255	258	171	2.47	38	0	18.4	35	1	3	1	18.1	5.5	23.9	10.9	5114.5	0.92
2	4	80	50	49	62	42	292	260	190	2.51	48	2	14.6	45	1	3	8	18.6	5.9	24.5	10.4	5015.4	0.72
2	5	70	42	47	38	30	176	249	126	2	38	4	0	38	2	0	10	14.8	5.2	20.7	5	2240.3	0.79
2	6	80	47	44	53	25	202	230	142	2.15	41	6	2.4	42	2	0	7	15.6	5.2	26.9	8.5	3788.9	0.89
3	1	81	49	47	51	40	250	235	140	2.3	47	2	12.8	42	2	0	5	16.6	5.5	26.9	10.5	4427.5	0.78
3	2	79	46	43	52	37	266	239	169	2.39	46	1	18.1	41	1	4	3	16.7	5.4	23.3	10.5	4797.1	0.77
3	3	76	47	41	41	37	270	240	143	2.43	45	1	6.7	42	2	2	8	18.2	5.5	24	8.6	3831.6	0.71
3	4	71	38	53	43	35	290	245	172	2.5	38	0	13.2	35	1	2	4	17.2	5.8	22.5	10.8	4810.3	0.81
3	5	71	39	37	43	30	213	240	135	2.43	36	3	2.8	32	1	1	7	16.4	5.3	24.6	7.2	3220.1	0.76
3	6	73	41	46	41	36	210	235	130	2.2	39	2	2.6	37	1	2	9	14.6	5.2	21.5	8.8	3643.3	0.79



**Anexo 4.** Escala de valoración de cobertura de mazorca



## Anexo 5. Resultados del análisis de varianza (ADEVA)

### Analysis of Variance Table for NP/P (Número de plantas por Parcela)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	2.111	1.0556		
TRATA	5	108.944	21.7889	1.09	0.4208
Error	10	199.222	19.9222		
Total	17	310.278			

Grand Mean 75.611      CV 5.90

### Analysis of Variance Table for NP/P (Número de plantas por Parcela Neta)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	25.333	12.6667		
TRATA	5	42.667	8.5333	0.43	0.8202
Error	10	200.000	20.0000		
Total	17	268.000			

Grand Mean 44.333      CV 10.09

### Analysis of Variance Table for DFM (Días a la Floración Masculina)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	144.111	72.0556		
TRATA	5	268.944	53.7889	2.12	0.1462
Error	10	253.889	25.3889		
Total	17	666.944			

Grand Mean 47.056      CV 10.71

### Analysis of Variance Table for DFF (Días a la Floración Femenina)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	104.333	52.1667		
TRATA	5	277.333	55.4667	2.18	0.1377
Error	10	254.333	25.4333		
Total	17	636.000			

Grand Mean 48.333      CV 10.43

### Analysis of Variance Table for DCCH (Días a la Cosecha en Choclo)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	12.333	6.1667		
TRATA	5	218.667	43.7333	4.01	0.0294
Error	10	109.000	10.9000		
Total	17	340.000			

Grand Mean 34.667 CV 9.52

**Analysis of Variance Table for RCHS/ha (Rendimiento en Choclo en Sacos por Hectárea)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	1378.1	689.06		
TRATA	5	16829.8	3365.96	7.75	0.0032
Error	10	4341.9	434.19		
Total	17	22549.8			

Grand Mean 247.89 CV 8.41

**Analysis of Variance Table for AP (Altura de Planta)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	456.44	228.222		
TRATA	5	700.44	140.089	4.72	0.0179
Error	10	296.89	29.689		
Total	17	1453.78			

Grand Mean 246.11 CV 2.21

**Analysis of Variance Table for AIM (Altura Inserción Mazorca)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	752.78	376.389		
TRATA	5	3882.94	776.589	3.63	0.0393
Error	10	2139.22	213.922		
Total	17	6774.94			

Grand Mean 155.94 CV 9.38

**Analysis of Variance Table for DT (Diámetro del Tallo)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	0.02590	0.01295		
TRATA	5	0.24713	0.04943	5.23	0.0129
Error	10	0.09457	0.00946		
Total	17	0.36760			

Grand Mean 2.3433 CV 4.15

**Analysis of Variance Table for NPCM (Número de Plantas con Mazorcas)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	8.444	4.2222		
TRATA	5	60.944	12.1889	0.84	0.5523



Error	10	145.556	14.5556
Total	17	214.944	

Grand Mean 41.944      CV 9.10

**Analysis of Variance Table for NPSM (Número de Plantas sin Mazorcas)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	8.444	4.2222		
TRATA	5	83.611	16.7222	2.53	0.0997
Error	10	66.222	6.6222		
Total	17	158.278			

Grand Mean 2.3889      CV 107.72

**Analysis of Variance Table for NPC2M (Número de Plantas con dos Mazorcas)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	5.490	2.7450		
TRATA	5	394.640	78.9280	3.68	0.0379
Error	10	214.650	21.4650		
Total	17	614.780			

Grand Mean 8.6667      CV 53.46

**Analysis of Variance Table for DCS (Días a la Cosecha en Seco)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	24.333	12.1667		
TRATA	5	44.667	8.9333	0.73	0.6193
Error	10	123.000	12.3000		
Total	17	192.000			

Grand Mean 39.667      CV 8.84

**Analysis of Variance Table for CM (Cobertura de Mazorca)**

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	6.933E-31	3.467E-31		
TRATA	5	1.33333	0.26667	1.00	0.4651
Error	10	2.66667	0.26667		
Total	17	4.00000			

Grand Mean 1.3333      CV 38.73

### Analysis of Variance Table for AR (Acame de Raíz)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	0.1111	0.05556		
TRATA	5	12.9444	2.58889	1.30	0.3370
Error	10	19.8889	1.98889		
Total	17	32.9444			

Grand Mean 1.9444      CV 72.53

### Analysis of Variance Table for AT (Acame de Tallo)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	4.111	2.0556		
TRATA	5	66.278	13.2556	1.65	0.2349
Error	10	80.556	8.0556		
Total	17	150.944			

Grand Mean 5.9444      CV 47.75

### Analysis of Variance Table for LM (Longitud de Mazorca)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	0.8233	0.41167		
TRATA	5	25.9783	5.19567	4.28	0.0243
Error	10	12.1433	1.21433		
Total	17	38.9450			

Grand Mean 16.917      CV 6.51

### Analysis of Variance Table for DM (Diámetro de Mazorca)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	0.08333	0.04167		
TRATA	5	0.65833	0.13167	4.65	0.0188
Error	10	0.28333	0.02833		
Total	17	1.02500			

Grand Mean 5.4500      CV 3.09

### Analysis of Variance Table for PHGR (Porcentaje de Humedad del Grano)

Source	DF	SS	MS	F	P
BLOQ	2	4.5033	2.25167		
TRATA	5	10.9983	2.19967	0.34	0.8803
Error	10	65.6033	6.56033		
Total	17	81.1050			

Grand Mean 23.717      CV 10.80

**Analysis of Variance Table for Rkg/P (Rendimiento en Kilogramo por Parcela)**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
BLOQ	2	2.0433	1.0217		
TRATA	5	55.5250	11.1050	4.81	0.0169
Error	10	23.0967	2.3097		
Total	17	80.6650			

Grand Mean 9.5500      CV 15.91

**Analysis of Variance Table for Rkg/ha (Rendimiento en Kilogramo por Hectárea)**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
BLOQ	2	984687	492344		
TRATA	5	1.001E+07	2002239	3.75	0.0358
Error	10	5339117	533912		
Total	17	1.634E+07			

Grand Mean 4333.8      CV 16.86

**Analysis of Variance Table for PD (Porcentaje de Desgrane)**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
BLOQ	2	0.02751	0.01376		
TRATA	5	0.00611	0.00122	0.33	0.8824
Error	10	0.03682	0.00368		
Total	17	0.07044			

Grand Mean 0.8244      CV 7.36

## Anexo 6. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo

### Establecimiento del ensayo y siembra



### Aplicación de Urea y Ecoabonaza en el cultivo de maíz





Conteo de plantas por parcela y por parcela neta



Conteo de días transcurridos a la floración masculina y femenina





Determinación de días a la cosecha en choclo y rendimiento en saco por hectárea



Determinación de altura de la planta, altura inserción mazorca y diámetro del tallo





Determinación de plantas con mazorcas, sin mazorcas y con dos mazorcas



Determinación de días transcurridos a la cosecha y cobertura de mazorca





### Determinación de acama de raíz y tallo



### Cosecha de las mazorcas de maíz en campo





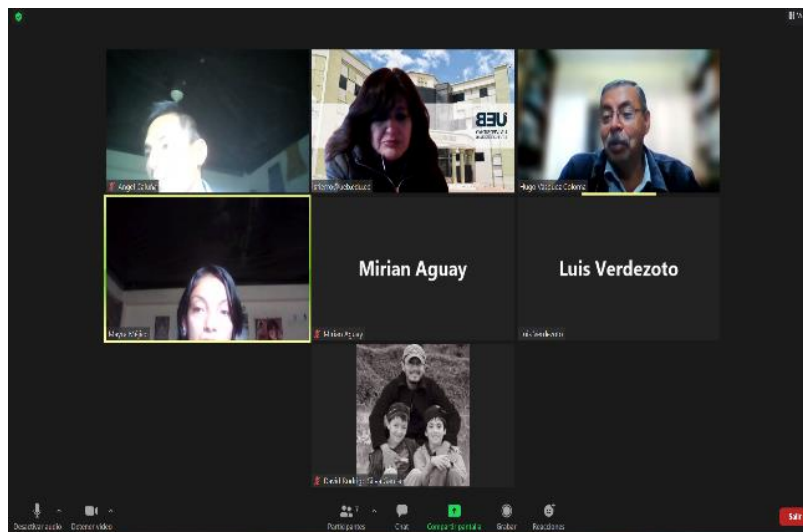
Materiales y herramientas utilizados en la determinación del peso y humedad del grano de maíz.



Determinación de porcentaje de humedad del grano y desgrane



## Visita de campo presencial y virtual por parte del miembro de tribunal



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
Facultad de Ciencias Agrarias, Recursos Naturales y del Ambiente  
CARRERA DE AGRONOMÍA

**BIENVENIDOS A VISITA DE CAMPO VIRTUAL**

**TEMA:**  
VALORACIÓN PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*), VARIEDAD INIAP-111, A LA APLICACIÓN DE FRANJAS RICAS DE NITRÓGENO EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO III, PROVINCIA BOLÍVAR

**DOCENTE BIOMETRISTA:**  
ING. DAVID SILVA

**DOCENTE R. TÉCNICA:**  
DR. HUGO VÁSQUEZ

**AUTOR:**  
ÁNGEL CALUÑA AGUALONGO

**DOCENTE DIRECTORA:**  
ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

**MAYRA MÉNDEZ**

**Miércoles 19 de Enero del 2022 / 11H00**

## **Anexo 7.** Glosario de términos

**Abono:** El abono es una sustancia que puede ser inorgánica u orgánica y que se utiliza para incrementar la calidad del suelo y brindar nutrientes a los cultivos y las plantaciones. El estiércol y el guano, por ejemplo, son abonos naturales, es decir los abonos provienen de síntesis biológica.

**Aleurona:** Sustancia proteica de reserva existente en las semillas de ciertas plantas en forma granos microscópicos.

**Almidón:** Sustancia blanca, inodora, insípida, granulada o en polvo, que abunda en otras feculentas, como la papa o los cereales; se emplea en la industria alimentaria, textil y papelera.

**Anclaje:** Considerada una de las funciones principales al explorar grandes profundidades. Se establece una red de sostén que puede soportar el crecimiento de la planta y condiciones adversas como vientos fuertes.

**Biomasa:** Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen.

**Condiciones climáticas:** Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella.

**Desnitrificación:** La reducción de los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ), y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), se llama desnitrificación, y es llevado a cabo por las bacterias Desnitrificadoras que revierten la acción de las fijadoras de nitrógeno, regresando el nitrógeno a la atmósfera en forma gaseosa.

**Domesticación de plantas:** Se denomina domesticación de plantas al proceso por el cual una población de una determinada especie pierde, adquiere o desarrolla ciertos caracteres morfológicos, fisiológicos o de comportamiento, los cuales son

heredables y, además, son el resultado de una interacción prolongada y de una selección deliberada por parte del ser humano.

**Drenaje:** Hace referencia a la acción y efecto de drenar. A su vez significa asegurar la salida de líquidos o de excesiva humedad por medio de zanjas.

**Embrión:** En botánica, un embrión es el rudimento de la planta adulta, en estado de vida latente o letargo, formado tras la fecundación de la oófera. La doble fecundación de las angiospermas da lugar al desarrollo del embrión y del endospermo, el tejido nutricional del embrión durante la germinación.

**Endospermo:** Es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla; es triploide y puede ser usado como fuente de nutrientes por el embrión durante la germinación.

**Estilo:** En botánica, el estilo de una flor de las angiospermas es la prolongación del ovario al final de la cual aparece el estigma. El estilo no contiene óvulos, quedando estos restringidos a la región del gineceo llamada ovario.

**Fecundación:** La fecundación vegetal es la unión de los gametos masculinos o anterozoides, contenidos en los granos de polen y producidos en el Androceo (aparato reproductor masculino), con el gameto femenino, denominado ovocélula.

**Fertilizante:** Los fertilizantes son sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas, es decir provienen de síntesis química producidos por el hombre.

**Floración:** Esta acción es la que llevan adelante las plantas cuando producen flores de una misma especie.

**Fotosíntesis:** Proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la luz, transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía.

**Fructificación:** Formación del fruto. Es el proceso del cuajado de la flor que resulta de la conversión de un ovario de la flor en un fruto.

**Genotipo:** El genotipo se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

**Germinación:** Acción de germinar, es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe.

**Glifosato:** El glifosato es un herbicida de amplio espectro, desarrollado para eliminación de hierbas y de arbustos, en especial los perennes. Es absorbido por las hojas y no por las raíces. Se puede aplicar a las hojas, inyectarse a troncos y tallos, o pulverizarse a tocones como herbicida forestal.

**Hongos:** Organismos sin clorofila, provistos de talo, generalmente filamentosos y ramificados, mediante el cual absorben los principios orgánicos nutritivos del medio, de tamaño muy variado y reproducción preferentemente asexual (por esporas); viven parásitos o sobre materias orgánicas en descomposición o parásitas de vegetales o animales.

**Humedad:** Condición o estado de húmedo. La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, siempre hay vapor de agua en el aire y la cantidad varía según diversos factores.

**Inmovilización:** Es el proceso contrario a la mineralización, por medio del cual las formas inorgánicas ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) son convertidas a nitrógeno orgánico y, por tanto, no asimilables.

**Lanceolada:** Se refiere a la hoja, pétalo u otro órgano laminar de las plantas que tienen forma de punta de lanza.

**Lixiviación:** La lixiviación puede presentar las mayores pérdidas de N, principalmente en climas húmedos, aún por encima de las pérdidas por volatilización amoniacal.

**Macizo:** Que está formado por una masa sólida y no tiene huecos en su interior.

**Madurez comercial:** Es el grado en el que se debe encontrar un producto para ser comercializado, el cual es requerido por el mercado.

**Madurez fisiológica:** La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración.

**Malezas:** Conjunto de árboles, arbustos y otras plantas que crecen muy juntos entrecruzando y enredando sus ramas de manera que dan lugar a una gran espesura.

**Materia orgánica:** Conjunto de células animales y vegetales descompuestas total o parcialmente por la acción de microorganismos.

**Mineralización o nitrificación:** Solamente existen dos formas de nitrógeno que son asimilables por las plantas, el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Las raíces pueden absorber ambas formas, aunque pocas especies prefieren absorber nitratos que amoníaco.

**Monoica:** Cuando en una sola planta coexisten los órganos sexuales masculinos y femeninos en un mismo pie de planta.

**Mutación:** Las mutaciones son cambios en el ADN o en los cromosomas. En su mayoría, estos cambios solo afectan a un único nucleótido o a una región muy pequeña del ADN de los miles de millones de nucleótidos que conforman el genoma.

**Nascencia:** Esta expresión es de uso poco frecuente, se define como la acción y resultado de nacer o nacerse.

**Óvulo:** El rudimento seminal, también llamado óvulo, es la célula reproductiva de la planta que se forma en el ovario y que contiene en el saco embrionario.

**Penacho:** El penacho (flor masculina) produce polen, mientras que la mazorca (flor femenina) produce los óvulos que se convierten en la semilla.

**Pericarpio:** El pericarpio es, en botánica, la parte del fruto que recubre su semilla y consiste en el ovario fecundado.

**Plúmula:** Parte del embrión de una planta, que durante la germinación proporcionará el tallo y las hojas.

**Polen:** Conjunto de diminutos granos contenidos en las anteras de los estambres de las flores, que forman los elementos masculinos responsables de la fecundación.

**Polinización cruzada:** La polinización cruzada es el transporte del polen de una planta a otra. Es necesaria cuando los sexos masculino y femenino no se encuentran en la misma planta.

**Precipitación:** El término se refiere a la acción, proceso y al resultado de precipitar o precipitarse (arrojar o caer desde la altura).

**Radícula:** Es la parte del embrión de una planta que emerge primero al crecer en la mayoría de las plantas superiores. Es la primera raíz durante la germinación de las semillas.

**Raíces secundarias o adventicias:** La raíz adventicia o raíz aérea es aquella que no surge de la radícula del embrión (es decir, del óvulo fertilizado) sino de cualquier otra parte de la planta, como por ejemplo en tallos subterráneos, raíces viejas o en alguna porción del vástago (plantita que brota del pie o base del tronco/tallo de otra).

**Raíz fasciculada:** Raíz que, por atrofia de la raíz principal, está constituida por un manojo de raíces secundarias que tienen el mismo o parecido grosor.

**Raleo:** Consiste en disminuir la cantidad de plantas de una plantación, con el objeto de estimular el crecimiento en diámetro y altura de las plantas que quedan en pie.

**Robusto:** Se emplea para referirse a los objetos que son firmes, fuertes y resistentes por su grosor, gran densidad y firmeza.

**Roya:** Es un hongo fitoparásito con aspecto de polvo amarillento que se cría en los cereales y en otras plantas.



**Seguridad y soberanía alimentaria:** La soberanía alimentaria es el derecho de cada nación para mantener y desarrollar su propia capacidad para producir los alimentos básicos de los pueblos, respetando la diversidad productiva y cultural.

**Sequía:** Falta de lluvias durante un período prolongado de tiempo que produce sequedad en los campos y escasez de agua.

**Sustancia lechosa:** Que tiene cualidades o apariencia de leche. Hay las plantas y frutos que tienen un jugo blanco semejante a la leche.

**Tardío:** Que ocurre, se realiza o se manifiesta tarde, después del tiempo señalado, convenido o acostumbrado.

**Temperatura:** Es una magnitud física que indica la energía interna, grado o nivel térmico de un cuerpo, de un objeto o de la atmósfera.

**Tizón de la hoja:** Es una clase de hongo que se aloja como parásito en diferentes cereales y plantas. Este hongo genera manchas en los tallos y en las hojas, provocando daños.

**Vigoroso:** Se emplea para dar cuenta de aquel o de aquellos individuos que disponen de vigor, de fuerza, de una energía muy fuerte.

**Volatilización:** Volatilización es la pérdida de gas amoníaco desde el suelo. Bajo condiciones alcalinas los iones amonio son convertidos a moléculas de amoníaco en solución las cuales después pueden ser liberadas a la atmósfera del suelo:  
$$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

**Yunta:** Pareja de bueyes o mulas que, uncidos con el yugo, sirven en la labor del campo o para tirar de carros.