

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

Presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias  
Agropecuarias como requisito previo para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo

TEMA:

Efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización química en el  
comportamiento agronómico de dos variedades de maíz duro

AUTOR:

José Luís Imbacuán Potosí

DIRECTOR:

Ing. Agr. Guillermo Cevallos Arauz

El Ángel - Carchi - Ecuador

- 2015-

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS

Presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias  
como requisito previo para optar el título de Ingeniero Agrónomo

TEMA:

Efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización química en el  
comportamiento agronómico de dos variedades de maíz

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Agr. MBA. Joffre León Paredes

Presidente

Ing. Agr. MBA. Tito Bohórquez Barros  
Vocal principal.

Ing. Agr. MBA. Dalton Cadena Piedrahita  
Vocal principal.

El Ángel - Carchi - Ecuador  
2015

El actual contenido que se relaciona a investigación, e información, así como también recomendaciones y conclusiones es de exclusiva responsabilidad del autor.

José Luíz Imbacuán Potosí

## *Agradecimiento*

*A Dios por permitirme ser parte del milagro de la vida y poder alcanzarla meta que un día me propuse.*

*A mis padres y hermanos, por estar siempre conmigo y por brindarme incondicionalmente todo su apoyo, en base al esfuerzo, tenacidad y dedicación para verme alcanzar este triunfo en mi vida.*

*Mi reconocimiento a mi hija Alison Scarleth quien ha sabido ser una gran amiga y compañera, que estuvo, apoyándome y respaldándome durante la elaboración del presente trabajo.*

*A mi asesor Ing. Agr. Guillermo Cevallos, por su buena predisposición, conocimiento, experiencia y por sus valiosos aportes técnicos durante todo el desarrollo de la tesis.*

*A todos y cada uno de ustedes gracias de todo corazón.*

# *Dedicatoria*

*Este trabajo va dedicado con todo mi corazón a mis padres por apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos, propósitos y logros, por respaldarme en los buenos y malos momentos de mi vida, por ser un ejemplo de sacrificio, tenacidad, solidaridad, amor y unión, ya que a pesar de las adversidades de la vida, han salido adelante y son personas de bien.*

*A mi hija, Alison Scarleth, quien llenan de alegría mi corazón, enseñándome a vivir feliz y unidos siempre a pesar de las distancias.*

*A mis hermanos quienes siempre estuvieron junto a mí para apoyarme y hacerme sentir que somos un solo puño y que aun con las diferencias de pensamiento siempre estaremos juntos para enfrentar un nuevo reto.*

*Por estas y muchas razones más, este logro es para ustedes.*

*JOSÉ LUIS*

# CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivos.....	2
	Objetivo general .....	2
	Objetivos específicos.....	2
2.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	El Cultivo de Maíz.....	3
2.1.1.	Origen.....	3
2.1.2.	Clasificación taxonómica .....	3
2.1.3.	Características morfológicas.....	3
2.1.4.	Condiciones bioclimáticas requeridas por el cultivo .....	4
2.1.4.1.	Exigencias del cultivo del maíz.....	4
2.1.5.	Variedades .....	5
2.2.	La fertilización .....	5
2.2.1.	Definición de fertilizantes .....	5
2.2.2.	Características generales.....	6
2.2.3.	Tipos de fertilizantes .....	6
2.2.4.	Ventajas .....	7
2.2.5.	Desventajas.....	7
2.2.6.	La fertilización de NPK en el maíz duro .....	8
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12

3.1.	Ubicación y Descripción del Campo Experimental.....	12
3.2.	Material de Siembra e insumos.....	12
3.3.	Factores en Estudio.....	12
3.4.	Métodos.....	13
3.5.	Tratamientos.....	13
3.6.	Diseño Experimental.....	13
3.7.	Análisis de varianza.....	13
3.8.	Análisis funcional.....	14
3.9.	Características del lote experimental.....	14
3.10.	Manejo del ensayo.....	14
3.10.1.	Toma de muestra de suelo.....	14
3.10.2.	Preparación del suelo.....	14
3.10.3.	Siembra.....	15
3.10.4.	Fertilización.....	15
3.10.5.	Riego.....	15
3.10.6.	Control de malezas.....	15
3.10.7.	Control de plagas y enfermedades.....	15
3.10.8.	Cosecha.....	16
3.11.	Datos Evaluados.....	16
3.11.1.	Altura de las planta.....	16
3.11.2.	Altura de inserción de mazorcas.....	16

3.11.3.	Diámetro de las mazorca.....	16
3.11.4.	Longitud de las mazorca .....	16
3.11.5.	Peso de mazorcas por planta .....	16
3.11.6.	Peso de granos por planta .....	17
3.11.7.	Peso de 1000 granos .....	17
3.11.8.	Peso de tuza .....	17
3.11.9.	Rendimiento en grano por unidad experimental y hectárea .....	17
3.11.10.	Análisis económico de presupuesto parcial .....	17
4.	RESULTADOS .....	18
4.1.	Altura de Planta .....	18
4.2.	Altura inserción a la mazorca. ....	19
4.3.	Diámetro de mazorca. ....	22
4.4.	Longitud de mazorca. ....	22
4.5.	Peso mazorcas por planta.....	25
4.6.	Peso de 1000 granos. ....	25
4.7.	Peso de granos por planta. ....	25
4.8.	Peso de tuza. ....	26
4.9.	Rendimiento por área neta. ....	26
4.10.	Rendimiento. ....	27
4.11.	Análisis económico. ....	27
5.	DISCUSIÓN.....	33



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
7. RESUMEN .....	36
8. SUMMARY .....	37
9. LITERATURA CITADA .....	38
ANEXOS .....	40
Anexos 1. Valores, promedios y análisis de varianza de cada una de las variables.....	41
Anexo 2. Resultado de análisis de suelo.....	53
Anexo 3. Resultado de análisis de agua. ....	54
Anexo 4: Figuras .....	55

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos efectuados. UTB – FACIAG, 2015. ....	13
Cuadro 2. Cuadro de compensación nutricional en tres niveles de fertilización. UTB – FACIAG, 2015. ....	15
Cuadro 3. Valores promedios de altura de planta a los 30; 60 y 90 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	20
Cuadro 4. Valores promedios de altura inserción a la mazorca, diámetro de mazorca y longitud de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrado con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	23
Cuadro 5. Valores promedios de peso de mazorcas en planta; peso de 1000 granos y peso de granos por planta y peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	28
Cuadro 6. Valores promedios de peso de tuza; rendimiento área neta y rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	30
Cuadro 7. Análisis económico del rendimiento y costos de los tratamientos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	32
Cuadro 8. Costos variables de los tratamientos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	32
Cuadro 9. Valores promedios de altura de planta a os 30 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	41
Cuadro 10. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 30 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	41

Cuadro 11. Valores promedios de altura de planta a los 60 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	42
Cuadro 12. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 60 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	42
Cuadro 13. Valores promedios de altura de planta a los 90 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	43
Cuadro 14. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 90 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	43
Cuadro 15. Valores promedios de altura a la inserción de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	44
Cuadro 16. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura a la inserción de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	44
Cuadro 17. Valores promedios de diámetro de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	45
Cuadro 18. Análisis de la varianza de los valores promedios de diámetro de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	45
Cuadro 19. Valores promedios de longitud de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	46
Cuadro 20. Análisis de la varianza de los valores promedios de longitud de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	46
Cuadro 21. Valores promedios de peso de las mazorcas por planta de dos variedades de	

maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	47
Cuadro 22. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de las mazorcas por planta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	47
Cuadro 23. Valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	48
Cuadro 24. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	48
Cuadro 25. Valores promedios de peso de granos de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	49
Cuadro 26. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de granos de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	49
Cuadro 27. Valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	50
Cuadro 28. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	50
Cuadro 29. Valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	51
Cuadro 30. Análisis de la varianza de los valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	51
Cuadro 31. Valores promedios de rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. ....	52
Cuadro 32. Análisis de la varianza de los valores promedios de rendimiento por hectárea	

de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Muestra de suelos.....	55
Figura 2. Muestra de suelos.....	55
Figura 3. Recolección muestra de suelos.....	55
Figura 4. Muestra de agua. ....	55
Figura 5. Agua de riego. ....	55
Figura 6. Arada del área experimental.....	55
Figura 7. Preparación del terreno .....	55
Figura 8. Área experimental lista .....	56
Figura 9. Delimitación parcelas.....	56
Figura 10. Identificación parcelas. ....	56
Figura 11. Pesaje de N.....	56
Figura 12. Pesaje de P. ....	56
Figura 13. Pesaje de K.....	56
Figura 14. Semilla variedad INIAP 180 .....	56
Figura 15. Semilla variedad Criolla.....	56
Figura 16. Siembra. ....	57
Figura 17. Fertilización a la siembra. ....	57
Figura 18. emergencia de plantas. ....	57
Figura 19. Identificación de plantas .....	57
Figura 20. Identificación de plantas. ....	57

Figura 21. Toma de datos a los 30 días. ....	57
Figura 22. Toma de datos a los 60 días. ....	57
Figura 23. Toma de datos a los 90 días. ....	57
Figura 24. Inserción de mazorca. ....	58
Figura 25. Visita del Ingeniero Tutor. ....	58
Figura 26. Recolección de mazorcas. ....	58
Figura 27. Parcelas listas para cosechar. ....	58
Figura 28. Mazorcas a evaluar.....	58
Figura 29. Identificación de mazorcas.....	58
Figura 30. Diámetro de mazorcas.....	58
Figura 31. Diametro de mazorca .....	58
Figura 32. Longitud de mazorca.....	59
Figura 33. Longitud de mazorca.....	59
Figura 34. Peso mazorca.....	59
Figura 35. Peso de mazorca.....	59
Figura 36. Peso de 1000 granos.....	59
Figura 37. Peso de 1000 granos.....	59
Figura 38. Peso de tuza.....	59
Figura 39. Peso de tuza.....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Valores promedios de altura de planta a los 30 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 21
- Gráfico 2. Valores promedios de altura de planta a los 60 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.. .... 21
- Gráfico 3. Valores promedios de altura de planta a los 90 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 21
- Gráfico 4. Valores promedios de altura a inserción de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 24
- Gráfico 5. Valores promedios de diámetro de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 24
- Gráfico 6. Valores promedios de longitud de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 24
- Gráfico 7. Valores promedios de peso de mazorcas en planta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 29
- Gráfico 8. Valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 29
- Gráfico 9. Valores promedios de peso de grano de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 29
- Gráfico 10. Valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 31
- Gráfico 11. Valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 31
- Gráfico 12. Valores promedios de rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015. .... 31



# 1. INTRODUCCIÓN

“El maíz (*Zea mays*), es uno de los cultivos completamente domesticado más antiguos que se conoce. Esta gramínea ha convivido y evolucionado con el hombre desde tiempos remotos. En la actualidad es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo. Los principales consumidores mundiales de la gramínea son México, China, Indonesia e India. En el caso ecuatoriano, anualmente se produce un promedio de 717.940 TM de maíz duro seco y 43.284 TM de maíz duro suave.<sup>1</sup>

El maíz constituye el alimento básico de millones de habitantes a nivel mundial. Además, aporta entre el 15 y 56 % de todas las calorías ingeridas por los seres humanos en cerca de 25 países en vías de desarrollo, su follaje o toda la planta utilizada en ensilajes, por su contenido proteico y energético lo hacen muy importante. En el Ecuador hay una gran variedad de razas de maíz, adaptadas a distintas altitudes, tipos de suelos y ecosistemas. De acuerdo a una clasificación oficial existen 25 razas de maíz ecuatoriano. El 18% de las colecciones de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT) proviene de Ecuador. El maíz de grano amarillo duro, es un cultivo que se siembra en la mayoría de las provincias del Ecuador. El 83,69 % de la gramínea se produce en el Litoral, la mayor superficie cultivada se registra en la provincia de Los Ríos con 125.043 has en el año 2008, seguidas por Guayas con 53.099 has y Manabí con 49.570 has. A nivel nacional se reportó 308.062 has de maíz duro.<sup>2</sup>

El manejo del cultivo en nuestro país se realiza con una tecnología bastante incipiente y antigua por lo que los rendimientos y la producción en pequeñas áreas de siembra sobre todo en la sierra ecuatoriana no es la óptima, aunque igualmente en la costa en las áreas productoras de maíz duro el no contar con agua de riego los rendimientos se reducen ostensiblemente.

La compensación nutricional de los cultivos a través de la fertilización edáfica nos permite conocer con certeza cuáles son los niveles óptimos para una buena producción, mazorcas de gran tamaño. Se debe tomar en cuenta que es muy importante la fertilización en el cultivo del maíz, situación que se estudió en el presente ensayo, con el fin de buscar el

---

<sup>1</sup> INEC. (2009). [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec). Recuperado el 23 de marzo de 2014, de Estadísticas Sociodemográficas: [www.inec.gob.ec/estadisticas](http://www.inec.gob.ec/estadisticas)

<sup>2</sup> INEC. (2008). [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec). Recuperado el 23 de marzo de 2014, de [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)

nivel óptimo de fertilización para lograr mejores resultados en producción y reducción de gastos en fertilización, al aplicar los macronutrientes en cantidades adecuadas.

## **1.1. Objetivos**

Objetivo general

Determinar el comportamiento agronómico de dos variedades de maíz duro (*Zea mays*) con tres niveles de fertilización de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, en la comunidad de Cuajara, de la parroquia La Carolina, del cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

Objetivos específicos.

- a) Identificar la variedad que responda eficientemente a los niveles de fertilización probados
- b) Determinar el nivel más adecuado de fertilización en el cultivo de maíz.
- c) Realizar el análisis económico de los diferentes tratamientos en estudio.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El Cultivo de Maíz

#### 2.1.1. Origen

Según Burch (1982), el maíz es el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de las civilizaciones maya, azteca e inca. Las teorías genéticas sobre el origen son muy diversas, pero es bastante claro que se originó como planta cultivada en algún lugar de América Central. Desde su centro de origen el maíz se difundió por toda América y tras el descubrimiento de esta, por el resto del mundo.

Castañeda (1990) cita sobre el origen geográfico quedan algunas dudas, pero hay suficiente evidencia que México 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.

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica

Acosta (2009) menciona que la clasificación taxonómica del maíz es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Z. mays</i>
Nombres Comunes:	maíz duro, morochillo.

#### 2.1.3. Características morfológicas

Según Aldrich (1994) el maíz presenta las siguientes características morfológicas:

Raíz: son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En

algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas, raíces secundarias o adventicias.

Tallo: es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Hojas: son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Flores: es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en un orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que componen la panícula se presentan se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido de pistilos, con alrededor de los 800 a 1000 y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen en forma lateral.

Mazorcas: con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la formación de mazorcas. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados sedas, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparecen en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón. Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35 % de humedad, a medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más las condiciones ambientales de temperatura, humedad y otros, que las características varietales.

#### 2.1.4. Condiciones bioclimáticas requeridas por el cultivo

##### 2.1.4.1. Exigencias del cultivo del maíz

El maíz, como todo cultivo requiere de suelos de profundidad adecuada y buena fertilidad natural para desarrollarse y producir de acuerdo a su potencial genético. Si queremos conocer la fertilidad natural del suelo se requiere que el productor tome una muestra del suelo y la envíe a un laboratorio especializado para su respectivo análisis físico – químico.

Por su parte el laboratorio indicará al productor el tipo de fertilizante más apropiado para las condiciones de su terreno (Castañeda, 1990).

#### 2.1.5. Variedades

Castañeda (1990) señala que las variedades agronómicas que se encuentra son productos de la selección humana que tiende a formar grupo de plantas similares con tendencia a su explotación económica, por este motivo algunos productores las agrupan por su precocidad, por altura de planta, o por color del fruto y otros.

DECYT (2009) por su parte indica que: las variedades tradicionales de maíces ecuatorianos constituyen un patrimonio invaluable de tradiciones agrícolas y alimenticias por lo cual el INIAP cuenta con algunas variedades de maíz que han sido seleccionadas como los productores de las diferentes zonas de producción maicera e investigadas en base a un mejoramiento que se ajuste a las necesidades y sistemas de producción de los agricultores de las diferentes zonas y en base a los recursos genético locales e información histórica.

## **2.2. La fertilización**

### 2.2.1. Definición de fertilizantes

El concepto de fertilizantes se utiliza para hacer referencia a todos aquellos productos que de un modo u otro sirven para dar fertilidad a algún compuesto vivo, normalmente la tierra o alguna otra superficie orgánica. Los fertilizantes pueden ser naturales o artificiales, es decir creados por el hombre a través de compuestos químicos. En cualquiera de los dos casos, la función principal de estos elementos es otorgar el carácter de fértil a la tierra para que la misma permita una mayor y mejor producción o crecimiento de las plantas. Los fertilizantes cumplen hoy un rol muy importante en la industria agrícola debido a que favorecen el crecimiento de cultivos a un mayor nivel (Definición ABC, s/f).

### 2.2.2. Características generales

Los fertilizantes naturales o artificiales pueden ser utilizados por cualquier persona que desee que una porción de tierra determinada permita el crecimiento de vegetales en su interior y superficie. Esta situación puede darse por ejemplo en una maceta o en una planta de un jardín. Sin embargo, cuando se habla de fertilizantes se hace referencia a los productos que se utilizan normalmente y de modo regular en la agricultura para hacer que los campos den mejores resultados así como también más abundantes.

La demanda de productos agrícolas mundial es hoy en día extremadamente importante y es por esto que los trabajadores del sector agrícola deben recurrir a fertilizantes que en su mayoría están compuestos por elementos químicos o que son artificiales con el objetivo de dinamizar la producción y permitir que un terreno que ha sido recientemente cultivado vuelva a dar productos agrícolas de manera casi inmediata. Así, los fertilizantes contienen nutrientes, minerales y otros elementos importantes para que el terreno en cuestión no se seque, pierda fertilidad y se vuelva inutilizable por un período largo de tiempo. Los fertilizantes agrícolas, por ser en algunos casos extremadamente fuertes, pueden resultar contaminantes a largo plazo y es por eso que se recomienda siempre lavar bien los productos agrícolas a fin de eliminar rastros de estos productos (Definición ABC, s/f.).

### 2.2.3. Tipos de fertilizantes

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico / la materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan.

No obstante, el abono orgánico / la materia orgánica por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el nivel de producción que el agricultor desea. Los fertilizantes minerales tienen que ser aplicados adicionalmente. Aún en países en los cuales una alta proporción de desperdicios orgánicos se utiliza como abono y suministro de material orgánico, el consumo de fertilizantes minerales se ha elevado constantemente (World Fertilizer use Manual, 1992).

#### 2.2.4. Ventajas

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), puede ser llamado fertilizante, Fertilizantes fabricados industrialmente son llamados *fertilizantes minerales*.

La presentación de los fertilizantes minerales es muy variada. Dependiendo del proceso de fabricación, las partículas de los fertilizantes minerales pueden ser de muy diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, «perlados», cristales, polvo de grano grueso / compactado o fino. La mayoría de los fertilizantes es provista en forma sólida. Además de su contenido nutritivo específico, la *calidad física* de un fertilizante es determinada por el rango del tamaño de sus partículas (productos tamizados), su densidad / dureza, su resistencia a la humedad y al daño físico, y su libertad de apelmazarse – los fertilizantes de alta calidad gozan de un tratamiento especial de la superficie / recubrimiento. Respecto al transporte, almacenamiento y aplicación en el campo, la densidad / peso específico de un fertilizante es también importante (World Fertilizer use Manual, 1992).

Normalmente la urea tiene un volumen más grande por unidad de peso que la mayoría de los otros fertilizantes.

Debido a su simplicidad, flexibilidad y seguridad (contra la intemperie y grandes pérdidas así como adulteración) la bolsa de 50 kg es el principal método de distribución para los pequeños agricultores (World Fertilizer use Manual, 1992).

#### 2.2.5. Desventajas

Algunos elementos son más propensos a acumularse en el suelo, entre ellos el fósforo; otros, como el nitrógeno, se pierden fácilmente por diferentes vías. La pérdida o la inmovilización de elementos nutritivos están asociadas con algunas características del suelo y el clima. Entre ellas, deben mencionarse la pendiente del terreno, la textura, el tipo de arcilla, el pH, el contenido de materia orgánica y la cantidad e intensidad de las lluvias. El productor puede mejorar, en gran medida, la eficiencia de uso de los fertilizantes por el cultivo a través del empleo de tecnologías apropiadas, acordes con sus conocimientos y experiencia (FONAIAP, 2000).

### 2.2.6. La fertilización de NPK en el maíz duro

El N llega a las raíces de la planta a través del proceso denominado "flujo masal", o transporte en la solución del suelo siguiendo un gradiente hídrico (el N es llevado por el flujo transpiratorio de la planta). A mayor contenido de agua en el suelo, concentración del nutriente en la solución, tasa transpiratoria de la planta y temperatura del suelo y aire, mayor será la absorción de N por la planta. La planta puede absorber N tanto bajo la forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) como de amonio ( $\text{NH}_4$ ). Estos iones llegan en primera instancia al espacio libre de la raíz (paredes celulares) y luego atraviesan las membranas entrando en las células vegetales. La absorción de nitrato se realiza contra un gradiente electroquímico (las raíces tienen carga negativa al igual que el ión nitrato, y la concentración de este último es mayor en las células de la raíz que en el suelo que la circunda), implicando, por lo tanto un gasto de energía metabólica (ATP). La absorción de amonio se realiza a través de mecanismos pasivos, sin gasto de energía (Novoa & Loomis, 1981).

El P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) llega a las raíces por difusión, proceso que puede estimarse conociendo el coeficiente de difusión de este nutriente en agua y el cociente entre el diferencial de concentración de  $\text{P}_2\text{O}_5$  entre dos puntos y la distancia entre ellos. A mayor desarrollo y penetración de raíces (menor distancia entre el punto de absorción y provisión), mayor concentración del nutriente en la solución (mayor diferencial de concentración) y mayor temperatura y humedad del suelo habrá mayor absorción de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por la planta. El P es absorbido como ión ortofosfato o fosfomono o diácido contra un gradiente electroquímico, por lo que la absorción es activa, con gasto de energía, y se realiza a través de "carriers" o transportadores (Gardner, 1985).

Reducciones en la disponibilidad de N pueden producir desfases entre la liberación de polen y la aparición de los estigmas, asociándose la magnitud de la protandria al grado de estrés sufrido. Este desfase no es generalmente la causa de la pérdida de granos ya que ante deficiencias de recursos ambientales los destinos reproductivos tienden a ser abortivos aunque se disponga de polen fresco durante la emisión de estigmas (Otegui, 1992).

Melgar & Torres (2012), manifiestan que la fertilización de NPK en el cultivo de maíz presenta las siguientes cualidades:

Al referirse al fósforo indican que a diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, al abordar la fertilización fosfatada en maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo (P)



en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo, lo hace principalmente por difusión, y la presencia de retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado, el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo. La mayor disponibilidad ocurre con pH's entre 5.5 y 6.5, mientras que valores fuera de este rango su concertación en la solución del suelo se reduce significativamente.

Los umbrales de P del cual existen altas probabilidades de obtener aumentos considerables de rendimiento por fertilización están en el orden de 18 a 20 ppm. Por encima de estos niveles las probabilidades de obtener aumentos significativos de rendimiento por agregado de fósforo son bajas.

Mientras que en el manejo de la fertilización nitrogenada, el maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10 t/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N/ha absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizantes. Diferentes ensayos realizados indican que para maximizar los rendimientos del cultivo, la oferta del suelo debería ser del orden de los 140 a 150 kg/ha.

El potasio (K) es un elemento que tiene mayor movilidad que el fosforo y puede ser aplicado superficialmente, aunque los mejores resultados se obtienen incorporándolo. Es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis & Sander, 2011). Cantidades adecuadas de potasio son importantes contribuyentes en la adaptación de los cultivos al stress causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequías, salinidad, heladas, ataques de insectos o enfermedades (Kafkafi, 2010).

El potasio se encuentra normalmente en un rango entre 1 a 4 % de la materia seca (MS), pudiendo alcanzar más del 8 % en algunos casos (Wyn & Leigh, 2014). La mayoría de los cultivos anuales de grano requieren K en los primeros estadios del crecimiento y la máxima absorción se verifica durante la etapa vegetativa (Lawton & Cook, 2009).

Su concentración varía ampliamente, no solo entre especies diferentes sino también entre los diversos órganos de la planta. Una vez que las hojas más viejas de la planta han alcanzado sus concentraciones específicas de K, el flujo neto de K desde las raíces satisface solo las cantidades necesarias para el desarrollo y crecimiento de nuevas raíces. Por lo tanto, el flujo de K desde las raíces está determinado en gran parte por la tasa de crecimiento de la planta (Pitman, 2012).

El potasio se absorbe durante las etapas tempranas del crecimiento en los cultivos de grano, mucho más que el nitrógeno o el fósforo. Al momento en que un cultivo de maíz acumuló el 50 % del total de la biomasa, se habrá absorbido el 68, 56 y 95 % del N, P Y K respectivamente (Welch & Flannery, 2011). Los requerimientos de potasio necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambian con las etapas de desarrollo. Las frutas y hojas verdes contienen generalmente niveles más altos de K en sus primeros estadios (Baligar & Allan, 2011).

Durante la germinación de las semillas los nutrientes minerales son removilizados dentro de los tejidos de la semilla y son transportados por el flujo del floema hacia las raíces, o brotes. La mayoría de las semillas de los cultivos de grano contienen entre 0,4 y 1,0 % de potasio en base materia seca. Esta cantidad es suficiente para la germinación y el establecimiento inicial pero no es suficiente para mantener el crecimiento por un período más largo (Van-Slyke, 2009).

La raíz emergente tiene que absorber K para lograr el crecimiento vegetal adicional, observó que no todo el K de los cotiledones del maíz, porotos y tubérculos de papas se mueve a los plantines. Aproximadamente el 45 % del potasio total quedó conservado en los cotiledones no funcionales de plantines de poroto (Buckner, 2009). Las hojas de los plantines y los tallos contenían el 46 % de potasio, mientras que las raíces el 9 % restante. Luego que los cotiledones dejaron de funcionar en plantines de maíz, éstos contenían el 20 % del potasio original de la semilla. Cerca del 35 % del potasio se encontraba en las hojas y el restante estaba distribuido equitativamente entre las raíces y el tallo (Hanway, 2010).

En maíz los requerimientos de K durante el período vegetativo son tan altos que el 59 % del K absorbido total ocurre durante los 21 días que transcurren entre las etapas de seis hojas (V6) y la emisión de la floración masculina. Durante el período entre 38 a 52 días después de la emergencia de maíz, se absorbió el 38 % del K total. Durante este periodo el índice de absorción diaria de K abarcó un rango promedio entre 2,31 a 10,74 kilogramos ha-1 (Hanway J. , 2009).

La tasa de absorción de K en maíz fue máxima cuando se alcanzó el 50% del crecimiento. Luego, con el inicio de la fase reproductiva comienza el desplazamiento del K de las hojas y del tallo a las espigas en formación (Welch & Flannery, Potassium nutrition of corn, 2009). La acumulación máxima de K en las partes aéreas maíz fue absorbido al comienzo de la etapa reproductiva. La curva sigmoidea característica tiene su parte más escarpada entre el fin del macollaje y el comienzo de la floración (Jordan, Laird, & Ferguson, 2010).

Amores, Mite & Carrillo (2005) mencionan que en respuesta al ensayo realizado con NPK en el sector Oriental de la parte alta de la Cuenca del Guayas se pudo alcanzar rendimiento de ton/ha de 4,1 donde el testigo sin aplicación obtuvo 3,1, esto brinda una proporción con respecto al testigo de 1,32 con un incremento de 1,0 ton/ha.

Además mencionan que estudios conducidos en el área maicera han demostrado que el maíz responde positivamente a la fertilización fosfórica, mejorando además la eficiencia de la fertilización nitrogenada, así mismo mencionan que se observa poca respuesta al K, conociendo que típicamente hay suelos que tienen reservas adecuadas de K nativo.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación y Descripción del Campo Experimental**

La presente investigación se realizó en los terrenos de la comunidad Cuajara, ubicada en la parroquia La Carolina; cantón Ibarra, provincia Imbabura; con coordenadas geográficas de 78° 09' 53" de latitud norte y 0° 38' 02" de longitud oeste, con una altitud de 1.240 msnm.

El clima presenta promedios anuales de 22 °C de temperatura, 520 mm de precipitación, 40 % de humedad relativa y velocidad de viento de 28 nudos (5600 m/s).<sup>3</sup> Un suelo de textura franco arenoso y su zona de vida corresponde a bosque seco premontano (bs-PM).

#### **3.2. Material de Siembra e insumos**

Como material de siembra se utilizó la variedad "Criolla" adaptada a la zona (sin nominación) y la variedad INIAP – 180 que fue liberada por el Programa de Maíz de la Estacion Experimental "Santa Catalina", a partir del cruzamiento de las variedades: INIAP-176, INIAP-178, (INIAP – 176 X Pool 4B), ICA-V-507 y (MB-517 X ICA-V-507), provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

#### **3.3. Factores en Estudio**

Factor A: variedades

- a1) Criolla
- a2) INIAP-180

Factor B: niveles de fertilización NPK

- b1) 130-120-60
- b2) 100-80-30
- b3) 70-40-00
- b4) sin aplicación.

---

<sup>3</sup> Estación MIRA FAO Granja La Portada (INAMHI).

### 3.4. Métodos

Se utilizarán los métodos: deductivo – inductivo, inductivo - deductivo y experimental.

### 3.5. Tratamientos

El presente trabajo lo conforman ocho tratamientos que resultan de la combinación de los factores variedades de maíz por niveles de fertilización edáfica con tres repeticiones, a continuación se presentan los tratamientos en estudio.

Cuadro 1. Tratamientos efectuados. UTB – FACIAG, 2015.

Tratamientos		
Nro	Variedad	Dosis NPK (kg/ha)
T1	Variedad Criolla	130-120-60
T2	Variedad Criolla	100-80-30
T3	Variedad Criolla	70-40-00
T4	Variedad Criolla	sin aplicación.
T5	INIAP-180	130-120-60
T6	INIAP-180	100-80-30
T7	INIAP-180	70-40-00
T8	INIAP-180	sin aplicación.

### 3.6. Diseño Experimental

En la presente investigación se utilizó el diseño experimental “Bloques Completos al Azar” con arreglo factorial A x B, en 3 repeticiones.

### 3.7. Análisis de varianza

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se sometieron al análisis de la varianza, siguiendo el siguiente esquema:

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	23
Bloques	2
Tratamientos	7
Variedades (A)	1
Niveles de fertilización NPK (B)	3
Interacción (A x B)	3
Error Experimental	14

### **3.8. Análisis funcional**

Para determinar a las diferencia entre tratamientos en las variables con significancia estadística, se utilizó la prueba Duncan al 5 %.

### **3.9. Características del lote experimental**

Área total del ensayo:	2.046 m <sup>2</sup>
Área de cada unidad experimental:	64 m <sup>2</sup>
Área neta de la unidad experimental:	11,2 m <sup>2</sup>
Número de unidades experimentales.	24
Número de plantas x unidad experimental:	320
Número de plantas x área neta de la unidad experimental:	56
Distancia entre surcos:	0,8 m
Distancia entre plantas:	0,25
Distancia entre bloques:	1 m
Distancia entre tratamientos:	1 m

### **3.10. Manejo del ensayo**

#### **3.10.1. Toma de muestra de suelo**

Para el análisis físico químico de suelos, un mes antes de la instalación del ensayo se tomaron varias submuestras del lote experimental utilizando el método en zig-zag, se mezcló y la cantidad de 1 kg de muestra se envió al laboratorio LABONORT de análisis de suelos y agua de la Ciudad de Ibarra -Ecuador, mediante el cual se obtuvo datos de condiciones físicas y químicas de suelos y aguas (Anexo 2-3), con las que se estableció las dosis de fertilización química.

#### **3.10.2. Preparación del suelo**

La preparación del suelo consistió en un pase de arado dos días antes de la siembra, seguida de una mano de rastra dejando el suelo totalmente mullido luego se procedió a la delimitación de las unidades experimentales de cada bloque con el debido surcado de acuerdo a las medidas establecidas de 0,8 m entre líneas de siembra.

### 3.10.3.Siembra

Se realizó en forma manual colocando una semilla por golpe a 0,25 m para las dos variedades.

### 3.10.4.Fertilización

Se trabajó compensado el valor establecido de NPK en los tratamientos de acuerdo a la siguiente tabla.

Cuadro 2. Cuadro de compensación nutricional en tres niveles de fertilización. UTB – FACIAG, 2015.

Fertilizantes	Dosis NPK (kg/ha)			Dosis NPK (g/planta) *			Dosis NPK g/mL *			Manejo
	70-40-00	100-80-30	130-120-60	70-40-00	100-80-30	130-120-60	70-40-00	100-80-30	130-120-60	
18-46-00	86,96	173,91	260,87	1,74	3,48	5,22	6,96	13,91	20,87	Siembra
46-00-00	118,15	149,34	180,53	2,36	2,99	3,61	9,45	11,95	14,44	Primer aporque
00-00-60	-	50,00	100,00	-	1,00	2,00	-	4,00	8,00	
Total	205,10	373,25	541,40	4,10	7,47	10,83	16,41	29,86	43,31	

\*(50.000 golpes/ha)

### 3.10.5.Riego

Se realizaron cinco riegos por gravedad con desagües individuales para cada bloque para no interferir el efecto de fertilización.

### 3.10.6.Control de malezas

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron malezas de hoja angosta y ancha. El control se lo realizó de forma manual, mediante dos deshieras a los 30 y 60 días en que se realizaron los respectivos aporques.

### 3.10.7.Control de plagas y enfermedades

Para prevenir el ataque de plagas como el trozador (*Agrotis ipsilon*), se aplicó Clorpirifos en dosis de 1,25 cc/l de agua al momento de la germinación, luego al desarrollo del cultivo para el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó Alfametrina a

dosis de 0,75 cc/L de agua en mezcla con Azufre a 2 g/L y en la formación de la mazorca en el control del gusano del choclo (*Heliothis zea*) se aplicó Triclorfon en dosis de 1,5 g/L de agua. cabe mencionar que todos estos tratamientos se realizaron con previa regulación de pH de agua debido a las condiciones alcalinas que demuestra el análisis de laboratorio (Anexo 3), se utilizó como regulador el ácido fosfórico en dosis de 0,2 cc/l de agua el cual permitió bajar de 8,8 a 6,7 de pH.

#### 3.10.8. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual cuando las mazorcas alcanzaron su madurez comercial (hoja seca y granos amarillos secos) en cada unidad experimental.

### **3.11. Datos Evaluados**

#### 3.11.1. Altura de las planta

Se midió con un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice a los 30, 60 y 90 días en 10 plantas al azar del área neta de cada unidad experimental.

#### 3.11.2. Altura de inserción de mazorcas

Se midió con un flexómetro desde la base del tallo hasta la base de la mazorca al momento de la cosecha, en diez plantas tomadas al azar, ya señaladas.

#### 3.11.3. Diámetro de las mazorca

Se tomó el diámetro de las mazorcas previamente de las diez plantas señaladas al azar, medido en centímetros con el calibrador, considerando la parte media.

#### 3.11.4. Longitud de las mazorca

Se tomó la longitud de la mazorca de las diez plantas señaladas al azar, medida en centímetros con el flexómetro.

#### 3.11.5. Peso de mazorcas por planta

Utilizando una balanza electrónica calibrada se anotó el peso de las mazorcas de las diez plantas señaladas al azar del área neta de cada unidad experimental.



#### 3.11.6. Peso de granos por planta

Se consideró el peso de granos de las mazorca cosechadas de las diez plantas señaladas al azar en forma individual dentro del área neta de cada unidad experimental.

#### 3.11.7. Peso de 1000 granos

Se tomaron mil granos de la cosecha de cada unidad experimental y se pesaron en una balanza electrónica.

#### 3.11.8. Peso de tuza

Se registró el peso de tuzas provenientes de las mazorcas de las diez plantas señaladas al azar luego del desgrane y se pesaron en una balanza electrónica en forma individual.

#### 3.11.9. Rendimiento en grano por unidad experimental y hectárea

Se pesó la producción en grano por unidad experimental neta mediante una balanza electrónica y se expresó la producción en kg/unidad experimental. Este valor se extrapolo a rendimiento de grano por hectárea, expresado en kilogramos por hectárea.

#### 3.11.10. Análisis económico de presupuesto parcial

Una vez realizada la cosecha, se determinó el costo de los tratamientos de acuerdo a cada nivel de fertilización, se calculó el beneficio neto que se se obtuvo en cada tratamiento.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Altura de Planta

Los valores de altura de planta a los 30 días después de la emergencia se muestran en el Cuadro 3. El análisis de varianza no reportó significancia en variedades mientras que en niveles de fertilización presenta alta significancia estadística al 1 % y en interacciones significancia al 5 %; siendo el coeficiente de variación de 1,39 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 con promedios de 43,44 y 43,72 cm de altura de planta respectivamente no difirieron significativamente. El nivel de fertilización de NPK (70-40-00) con promedio de 44,72 cm de altura de planta fue superior y diferente estadísticamente a los restantes tratamientos, mientras que el menor promedio lo obtuvo el tratamiento sin aplicación con 41,45 cm de altura de planta.

El tratamiento de la variedad Criolla con el nivel de fertilización NPK 70-40-00 alcanzó el mayor promedio con 44,90 cm de altura de planta, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. El menor promedio lo obtuvo la variedad INIAP 180 sin aplicación de fertilizante la cual alcanzó 42,27 cm de altura de planta. Como se puede apreciar más claramente en el Gráfico 1.

En el mismo Cuadro 3, se aprecian los promedios de altura de planta a los 60 días después de la emergencia, no se detectó ninguna significancia estadística en los factores evaluados e interacciones; siendo el coeficiente de variación de 0,89 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 no difirieron estadísticamente con promedios de 115,58 y 115,63 cm. Así mismo en los niveles de fertilización de NPK 130-120-60; 100-80-30; 70-40-00 y el tratamiento sin aplicación, presentaron valores estadísticamente similares con promedios de 115,50; 115,50; 115,67 y 115,77 cm de altura de planta respectivamente.

En los ocho tratamientos resultados de las interacciones de variedades por niveles de fertilización con NPK tampoco hubo diferencias significativas con valores que oscilaron desde 115,30 a 116,03 cm de altura de planta durante esta fecha evaluada. Como se puede apreciar más claramente en el Gráfico 2.

Los valores promedios de altura de planta a los 90 días se aprecian en el mismo Cuadro 3. Realizado el análisis de varianza, no se determinó significancia estadística en variedades, mientras que se se presentó alta significancia al 1 % en niveles de fertilización NPK y tratamientos. El coeficiente de variación fue 0,51 %.

Las variedades Criollas e INIAP 180 difirieron significativamente, con promedios de 155,88 y 156,05 cm de altura, en su orden.

En niveles de fertilización NPK, se presentó diferencias significativas, donde 70-40-00 obtuvo el promedio más alto con 157,08 cm, siendo diferente a los niveles de fertilización NPK aplicados, el menor promedio lo presentó sin aplicación que obtuvo 154,60 cm .

El tratamiento “Criolla” con el nivel de fertilización NPK “70-40-00” con valor de 157,40 cm resultó superior estadísticamente; difiriendo de los restantes tratamientos. Cabe indicar que la variedad Criolla sin aplicación de fertilizante NPK logró el menor promedio con 154,03 cm de altura. Los promedios se observan más claramente en el Gráfico 3.

#### **4.2. Altura inserción a la mazorca.**

Los valores promedios de altura a la inserción de mazorca se aprecian en el Cuadro 4. El análisis de varianza alta significancia estadística al 1 % en variedades; niveles de fertilización y tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue de 1,07 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 con promedios de 123,08 y 119,76 cm, respectivamente; difirieron significativamente.

Mientras que en niveles de fertilización, sin aplicación obtuvo el mayor promedio con 123,17 cm de altura diferente estadísticamente a los demás; el menor promedio lo obtuvo el nivel de NPK “70-40-00” con 119,68 cm de altura a inserción de mazorca.

El tratamiento “Criolla” sembrado con el nivel de fertilización NPK “100-80-30” con promedio de 126,63 cm se mostró diferente estadísticamente de los restantes tratamientos, mientras que el menor promedio lo obtuvo INIAP 180 con el nivel de fertilización NPK “130-120-60” que alcanzó 117,57 cm. Los promedios se detallan claramente en barras en el Gráfico 4.

Cuadro 3. Valores promedios de altura de planta a los 30; 60 y 90 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedad	Niveles de fertilización NPK	Altura de planta (cm)		
		30 dde	60 dde	90 dde
Criolla		43,44	115,58	155,88
INIAP 180		43,72	115,63	156,05
S.E.		ns	ns	ns
	130-120-60	43,78 b	115,50	156,03 b
	100-80-30	44,37 ab	115,50	156,15 ab
	70-40-00	44,72 a	115,67	157,08 a
	Sin aplicación	41,45 c	115,77	154,60 c
S.E.		**	ns	**
Criolla	130-120-60	43,70 b	115,00	155,80 bc
	100-80-30	44,53 ab	115,63	156,30 abc
	70-40-00	44,90 a	116,03	157,40 a
	Sin aplicación	40,63 d	115,67	154,03 d
INIAP 180	130-120-60	43,87 ab	116,00	156,27 abc
	100-80-30	44,20 ab	115,37	156,00 abc
	70-40-00	44,53 ab	115,30	156,77 ab
	Sin aplicación	42,27 c	115,87	155,17 cd
S.E.		*	ns	**
Promedio		43,58	115,61	155,97
Coefficiente de variación (%)		1,39	0,89	0,51

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Duncan al 5 % de significancia.

dde : días después de la emergencia

\* : Significativo al 5%

\*\* : altamente significativo al 1 %

ns : no significativo

S.E. : Significancia estadística

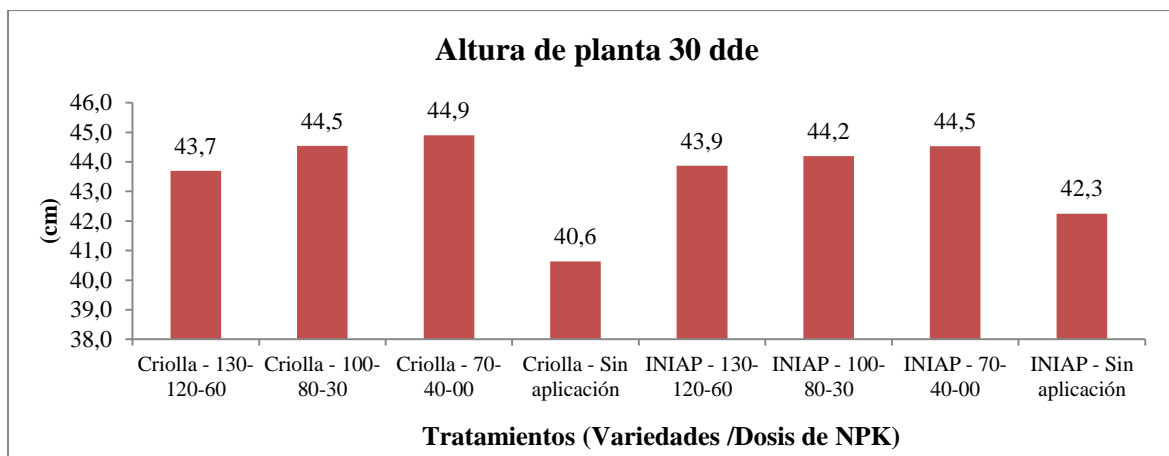


Gráfico 1. Valores promedios de altura de planta a los 30 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

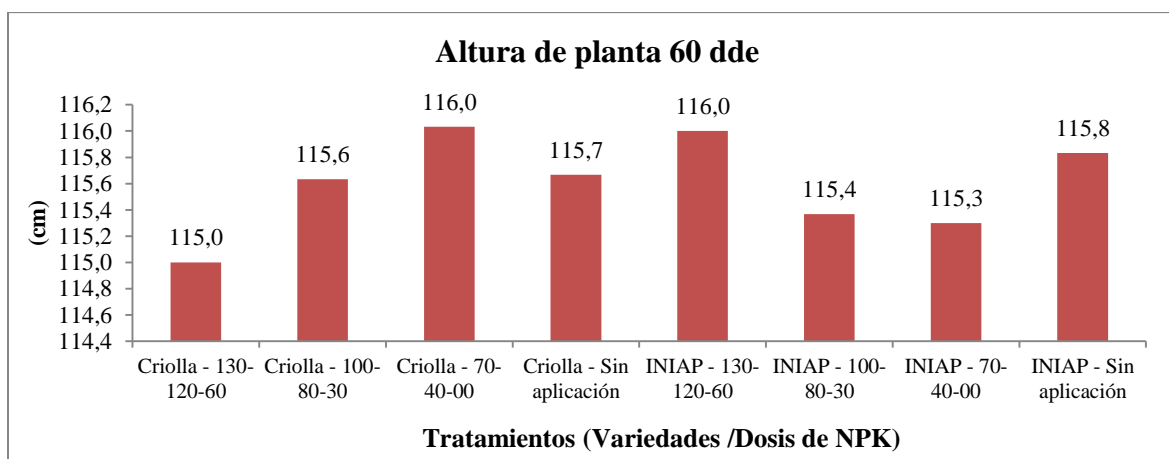


Gráfico 2. Valores promedios de altura de planta a los 60 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015..

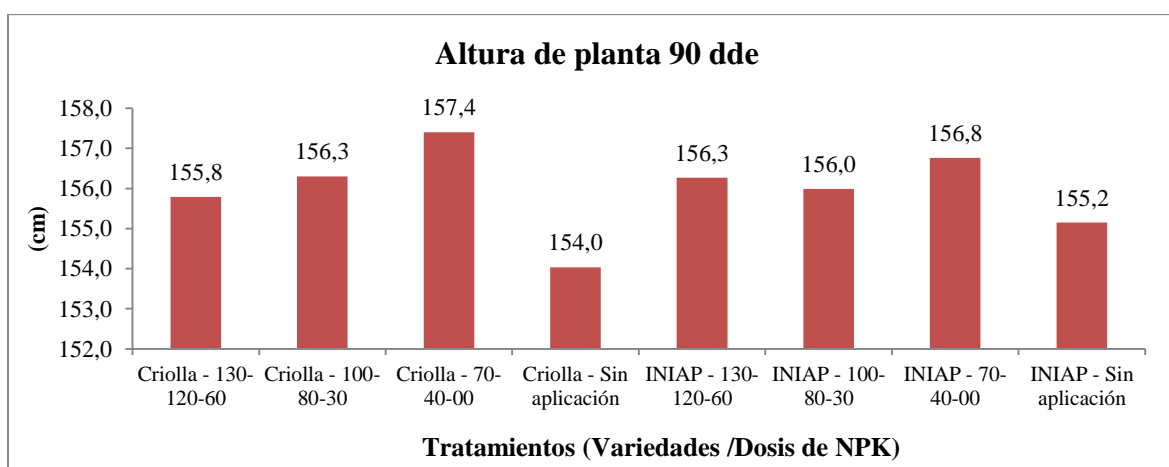


Gráfico 3. Valores promedios de altura de planta a los 90 días de edad de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

### **4.3. Diámetro de mazorca.**

En el Cuadro 4, se anotan los valores promedios de diámetro de mazorca (cm). El análisis de varianza detecto alta significancia estadística para variedades y ninguna significancia en niveles de fertilización y tratamientos; siendo el coeficiente de variación de 5,27 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180, difirieron significativamente con promedios de 5,44 y 5,14 cm de diámetro de mazorca, en su orden.

Los niveles de fertilización NPK 130-120-60; 100-80-30 y 70-40-00 como también sin aplicación con promedios de 5,22; 5,37; 5,35 y 5,23 cm, se comportaron iguales estadísticamente.

En los tratamientos los resultados de las interacciones de variedades por niveles de fertilización con NPK tampoco se presentó diferencias significativas con valores que oscilaron de 5,03 a 5,53 cm de diámetro de mazorca, como se aprecia más claramente en el Gráfico 5.

### **4.4. Longitud de mazorca.**

Los promedios de longitud de mazorca tambien se muestran en el Cuadro 4; el análisis de varianza no determino significancia estadística alguna en variedades y niveles de fertilización NPK, mientras que en tratamientos se presentó alta significancia estadística al 1 %. El coeficiente de variación fue de 1,5 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 con promedios de 14,27 y 14,08 cm, respectivamente, no difirieron significativamente.

Así mismo los niveles de fertilización NPK 130-120-60; 100-80-30; 70-40-00 y sin aplicación con promedios de 14,22; 14,26; 14,24 y 13,99 cm, respectivamente, no difirieron significativamente entre sí.

El tratamiento con la variedad Criolla y el nivel de NPK 100-80-30, pudo alcanzar el mayor promedio en esta variable con 14,39 cm de diámetro de mazorca, siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos, mientras que el menor promedio lo obtuvo la misma variedad sin aplicación la cual alcanzó el menor diámetro de mazorca con 13,96 cm. El Grafico 6 presenta más claramente estos promedios.

Cuadro 4. Valores promedios de altura inserción a la mazorca, diámetro de mazorca y longitud de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrado con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedad	Niveles de fertilización NPK	Altura inserción a la mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud de mazorca (cm)
Criolla		123,08 a	5,44 a	14,27
INIAP 180		119,76 b	5,14 b	14,08
S.E.		**	**	ns
	130-120-60	120,72 bc	5,22	14,22
	100-80-30	122,10 ab	5,37	14,26
	70-40-00	119,68 c	5,35	14,24
	Sin aplicación	123,17 a	5,23	13,99
S.E.		**	ns	ns
Criolla	130-120-60	121,30 c	5,40	14,35 ab
	100-80-30	126,63 a	5,53	14,39 a
	70-40-00	120,57 cd	5,53	14,37 ab
	Sin aplicación	123,80 b	5,30	13,96 b
INIAP 180	130-120-60	120,13 cd	5,03	14,08 ab
	100-80-30	117,57 e	5,20	14,12 ab
	70-40-00	118,80 de	5,17	14,11 ab
	Sin aplicación	122,53 bc	5,17	14,02 ab
S.E.		**	ns	**
Promedio		124,42	5,29	14,18
Coeficiente de variación (%)		1,07	5,27	1,5

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Duncan al 5 % de significancia.

\*\* : altamente significativo al 1 %

ns : no significativo

S.E. : Significancia estadística

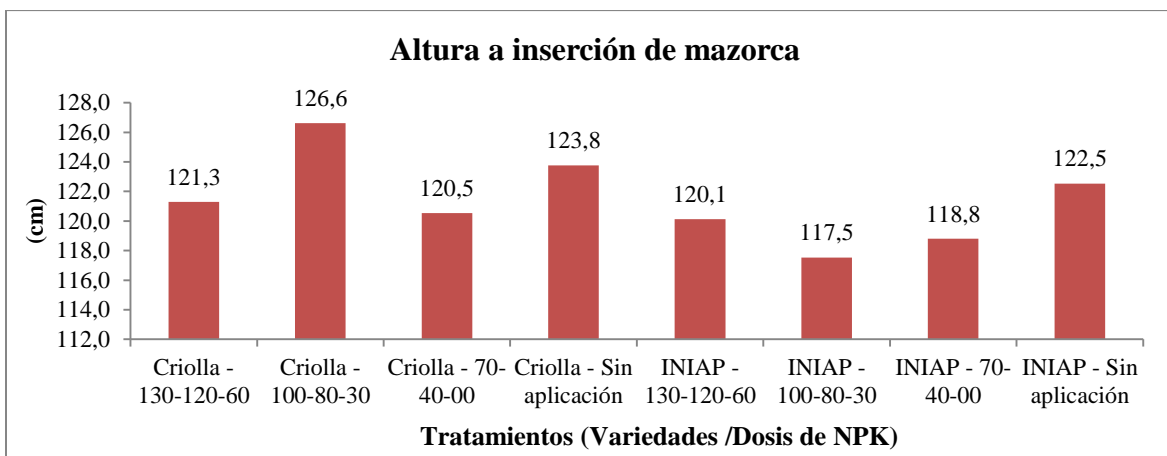


Gráfico 4. Valores promedios de altura a inserción de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

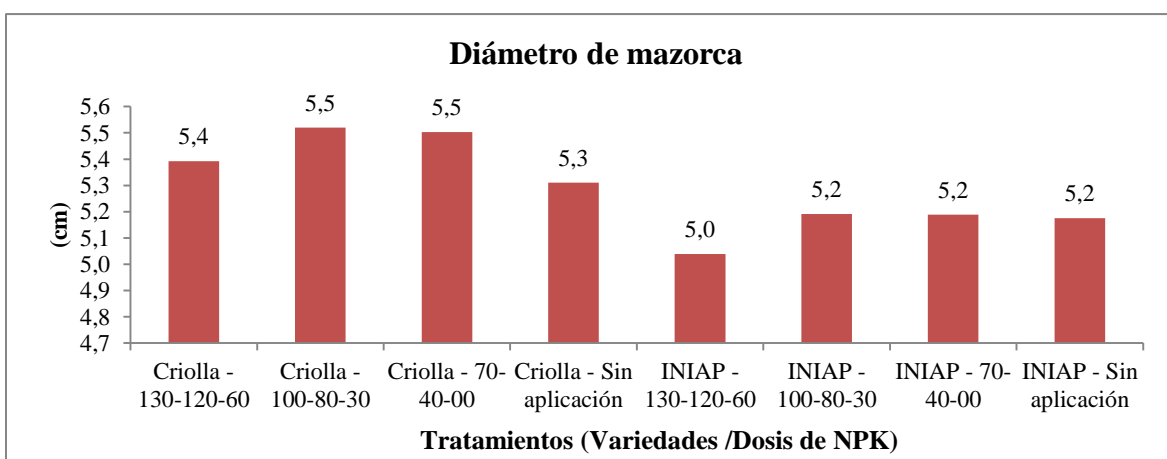


Gráfico 5. Valores promedios de diámetro de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

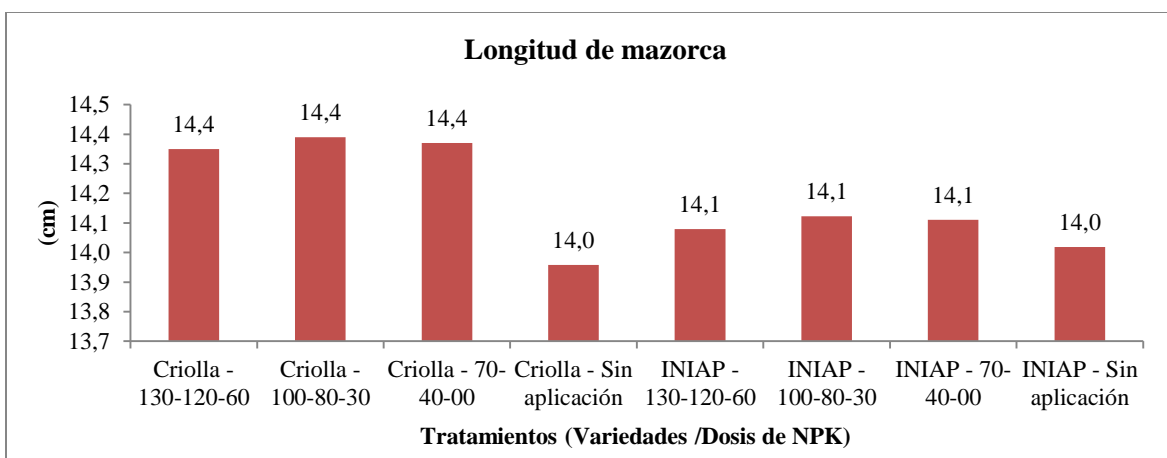


Gráfico 6. Valores promedios de longitud de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.



#### **4.5. Peso mazorcas por planta.**

En el Cuadro 5, se puede observar los promedios de peso de mazorcas por planta de las dos variedades evaluadas. Realizado el análisis de varianza se detectó significancia estadística al 5 % solamente en variedades; siendo el coeficiente de variación de 12,47 %.

La variedad Criolla alcanzó el mayor peso de mazorcas por planta con 375,52 g; mientras que INIAP 180 fue de 334,53 g; siendo diferente significativamente. En cambio no existió diferencia significativa entre niveles de fertilización NPK.

Los tratamientos que incluyen las variedades Criolla e INIAP 180 sembradas con los diferentes niveles de fertilización NPK y sin aplicación fueron iguales estadísticamente entre sí. En el Grafico 7 se representa más claramente estos promedios.

#### **4.6. Peso de 1000 granos.**

Los pesos promedios de 1000 granos de las variedades de Criollo e INIAP 180, también se muestran en el Cuadro 5. El Análisis de la varianza reportó alta significancia estadística al 1 % en variedades y tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue de 5,68 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 con promedios de 431,84 y 380,72 g, respectivamente difirieron significativamente. Los niveles de fertilización no difirieron estadísticamente entre sí.

Los tratamientos de la variedad Criolla con los niveles de fertilización NPK 100-80-30; 70-40-00 y 130-120-60, alcanzaron los mayores promedios de 452,00; 447,73 y 436,10 g en su orden, sin diferir significativamente entre sí; pero diferentes a los restantes tratamientos; el menor promedio lo obtuvo la variedad Criolla sin fertilización de NPK con 391,53 g, seguido de la variedad INIAP 180 con los niveles de fertilización NPK 70-40-00; 130-120-60; 100-80-30 y sin aplicación que obtuvieron promedios estadísticamente similares de 379,90; 376,97; 381,73 y 384,27 g en su orden. Los resultados se expresan de forma representativa y clara en el el Grafico 8.

#### **4.7. Peso de granos por planta.**

En el Cuadro 5, se anotan los valores promedios de peso de grano por planta en los diferentes tratamientos ensayados. El análisis de varianza mostró alta significancia

estadística en variedades y tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue de 5,5 %.

La variedad Criolla presentó el mayor peso de granos por planta con 221,20 g, estadísticamente superior a la variedad INIAP 180 que obtuvo 202,73 g. En niveles de fertilización no se presentó diferencia estadística con el tratamiento sin aplicación.

Los tratamientos con la variedad Criolla y los niveles de fertilizante NPK 70-40-00 y 100-80-30 lograron el mayor peso de granos por planta con 228,33 y 228,27 g, en su orden, siendo iguales estadísticamente, pero diferentes a los restantes tratamientos. El tratamiento con la variedad INIAP 180 sin aplicación de fertilizante NPK obtuvo el menor promedio de peso granos planta con 201,77 g. En el Grafico 9 se representa más claramente estos promedios.

#### **4.8. Peso de tuza.**

Los valores de peso de tuza de las dos variedades valuadas se muestran en el Cuadro 6. El análisis de varianza no reporto significancia estadística en ninguno de los factores evaluados; siendo el coeficiente de variación de 16,79 %.

Las variedades evaluadas, los niveles de fertilización y tratamientos con los promedios obtenidos no difirieron estadísticamente entre sí. Los resultados de los tratamientos se expresan claramente en el Grafico 10.

#### **4.9. Rendimiento por área neta.**

Los valores promedios alcanzados por área neta (11,2 m<sup>2</sup>) también se aprecian en el Cuadro 6. El análisis de varianza presenta. El Análisis de la varianza reporto alta significancia estadística al 1 % en variedades y tratamientos; cuyo coeficiente de variación fue 5,85 %.

Las variedades Criolla e INIAP 180 con promedios de 7,77 y 6,85 kg, respectivamente difirieron significativamente. Los niveles de fertilización no difirieron estadísticamente entre sí.

Los tratamientos de la variedad Criolla con los niveles de fertilización NPK 100-80-30; 70-40-00 y 130-120-60, alcanzaron los mayores promedios de 8,13; 8,03 y 7,87 kg en su orden, sin diferir significativamente entre si; pero diferentes a los restantes tratamientos; el

menor promedio lo obtuvo la variedad Criolla sin fertilización de NPK con 7,03 kg, seguido de la variedad INIAP 180 sin aplicación y los niveles de fertilización NPK 100-80-30; 70-40-00 y 130-120-60; que obtuvieron promedios estadísticamente similares de 6,90; 6,87; 6,83 y 6,80 kg en su orden. Los resultados se expresan de forma representativa y clara en el el Grafico 11.

#### **4.10. Rendimiento.**

En el Cuadro 6, se presenta los valores extrapolados a una hectárea en las variedades Criolla e INIAP 180 sometido a diferentes niveles de fertilización de NPK. El Análisis de la varianza reporta alta significancia estadística tanto para variedades como en tratamientos; siendo el coeficiente de variación de 5, 5 %.

En el factor de variedades, Criolla alcanza el mayor promedio con 6.747,53 kg/ha, diferente estadísticamente a la variedad INIAP 180 que obtiene 5.948,63 kg/ha; mientras que los promedios alcanzados en el factor de niveles de fertilización no difirieron estadísticamente entre sí.

En interacciones los tratamientos con la variedad Criolla fertilizados con los niveles de NPK 100-80-30; 70-40-00 y 130-120-60, alcanzaron los mayores promedios de 7.062,50; 6.995,80 y 6.814,07 kg/ha en su orden, sin diferir significativamente entre si; pero diferentes a los restantes tratamientos; el menor promedio lo obtuvo la variedad Criolla sin fertilización de NPK con 6.117,73 kg/ha, seguido de la variedad INIAP 180 sin aplicación y los niveles de fertilización NPK 70-40-00; 100-80-30 y 130-120-60; que obtuvieron promedios estadísticamente similares de 5.890,10; 5.964,57; 5.935,93 y 6.003,90 kg/ha en su orden. Los resultados se expresan más claramente en el el Grafico 11.

#### **4.11. Análisis económico.**

En el cuadro 7, se presenta el análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de cada tratamiento y costos variables (Cuadro 8). Se observa que en los tratamientos con la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK 70-40-00 el cual obtuvo la mayor utilidad económica de \$ 1472,42 USD por hectárea. En cambio, con las variedad INIAP 180 fertilizado con el nivel 130-120-60 registró la menor utilidad de \$ 832,49 USD.

Cuadro 5. Valores promedios de peso de mazorcas en planta; peso de 1000 granos y peso de granos por planta y peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedad	Niveles de fertilización NPK	Peso de mazorcas en planta (g)	Peso de 1000 granos (g)	Peso de granos por planta (g)
Criolla		375,52 a	431,84 a	221,20 a
INIAP 180		334,53 b	380,72 b	202,73 b
S.E.		*	**	**
	130-120-60	342,83	406,53	214,08
	100-80-30	363,92	416,87	215,30
	70-40-00	362,60	413,82	215,78
	Sin aplicación	350,75	387,90	202,68
S.E.		ns	ns	ns
Criolla	130-120-60	368,10	436,10 a	224,60 ab
	100-80-30	387,27	452,00 a	228,27 a
	70-40-00	384,90	447,73 a	228,33 a
	Sin aplicación	361,80	391,53 b	203,60 bc
INIAP 180	130-120-60	317,57	376,97 b	203,57 bc
	100-80-30	340,57	381,73 b	202,33 bc
	70-40-00	340,30	379,90 b	203,23 bc
	Sin aplicación	339,70	384,27 b	201,77 c
S.E.		ns	**	**
Promedio		355,03	406,28	211,96
Coefficiente de variación (%)		12,47	5,68	5,5

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Duncan al 5 % de significancia.

\* : Significativo al 5%

\*\* : altamente significativo al 1 %

ns : no significativo

S.E. : Significancia estadística

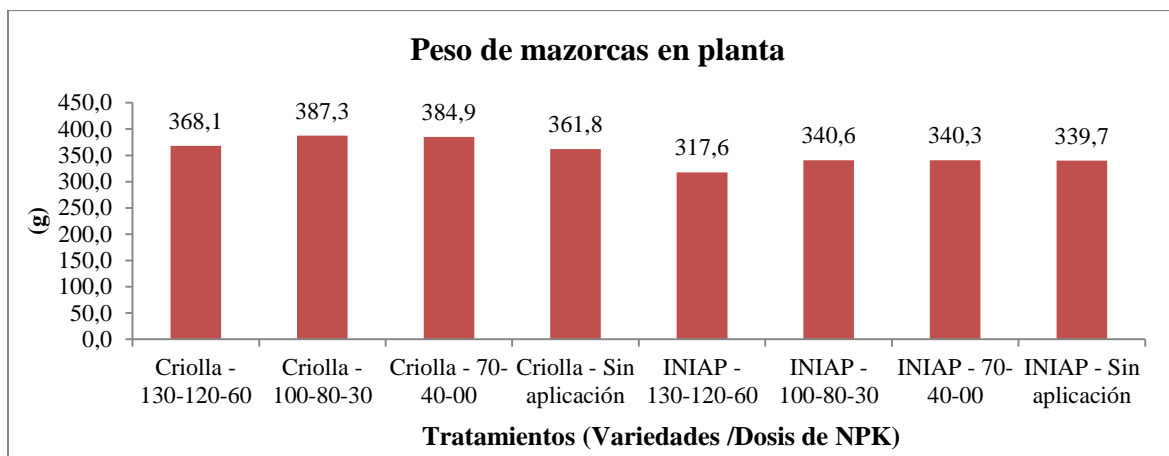


Gráfico 7. Valores promedios de peso de mazorcas en planta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

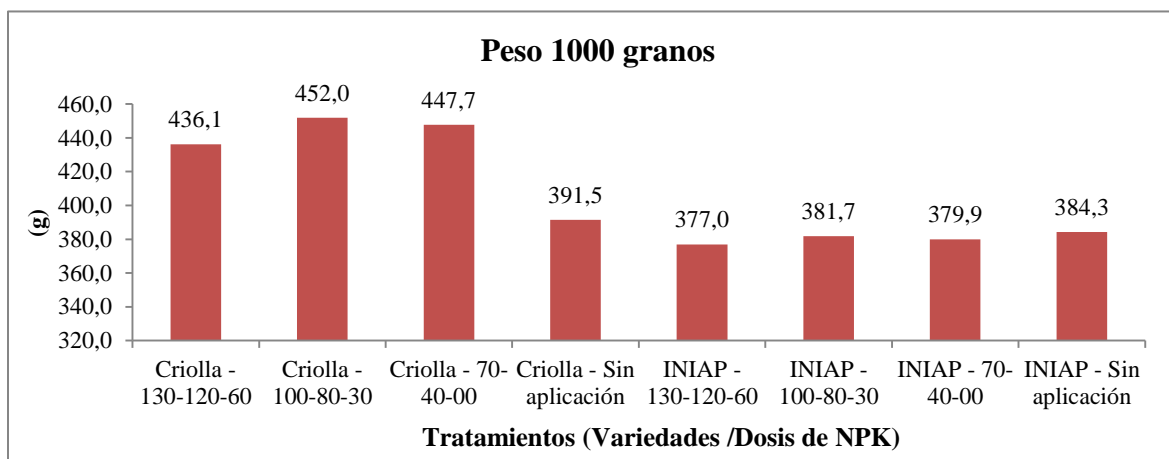


Gráfico 8. Valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

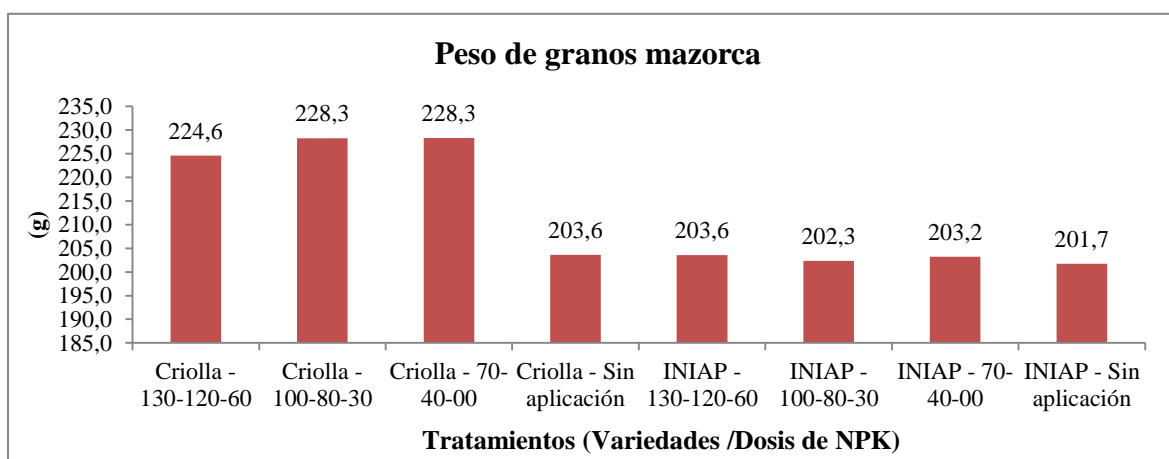


Gráfico 9. Valores promedios de peso de grano de mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Cuadro 6. Valores promedios de peso de tuza; rendimiento área neta y rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedad	Niveles de fertilización NPK	Peso de tuza (g)	Rendimiento área neta (kg)	Rendimiento (kg/ha)
Criolla		49,28	7,77 a	6.747,53 a
INIAP 180		42,83	6,85 b	5.948,63 b
S.E.		ns	**	**
	130-120-60	46,07	7,33	6.352,08
	100-80-30	45,70	7,50	6.513,53
	70-40-00	45,68	7,43	6.465,87
	Sin aplicación	46,78	6,97	6.060,82
S.E.		ns	ns	ns
Criolla	130-120-60	50,00	7,87 a	6.814,07 a
	100-80-30	49,40	8,13 a	7.062,50 a
	70-40-00	49,40	8,03 a	6.995,80 a
	Sin aplicación	48,33	7,03 b	6.117,73 b
INIAP 180	130-120-60	42,13	6,80 b	5.890,10 b
	100-80-30	42,00	6,87 b	5.964,57 b
	70-40-00	41,97	6,83 b	5.935,93 b
	Sin aplicación	45,23	6,90 b	6.003,90 b
S.E.		ns	**	**
Promedio		46,06	7,31	6.348,08
Coefficiente de variación (%)		16,79	5,85	5,68

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Duncan al 5 % de significancia.

\*\* : altamente significativo al 1 %

ns : no significativo

S.E. : Significancia estadística

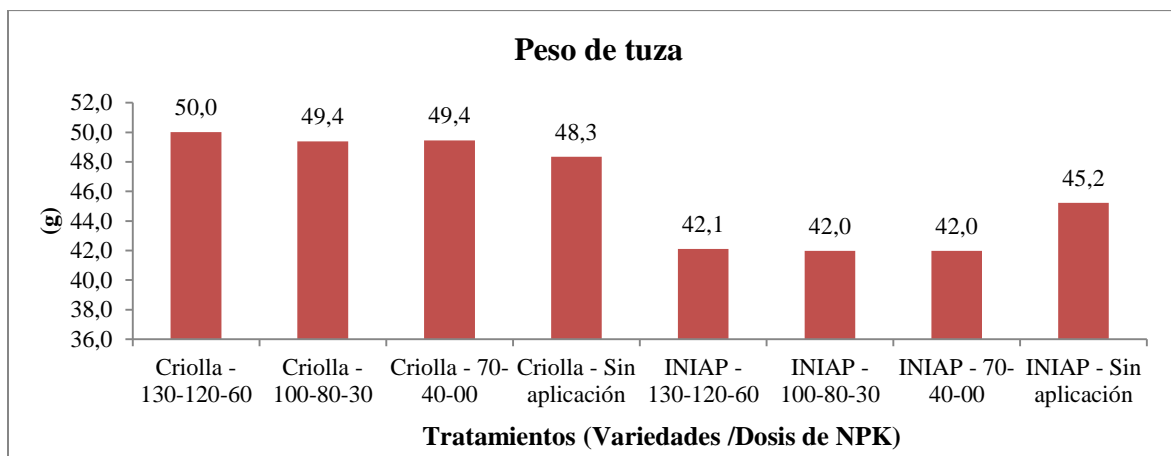


Gráfico 10. Valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

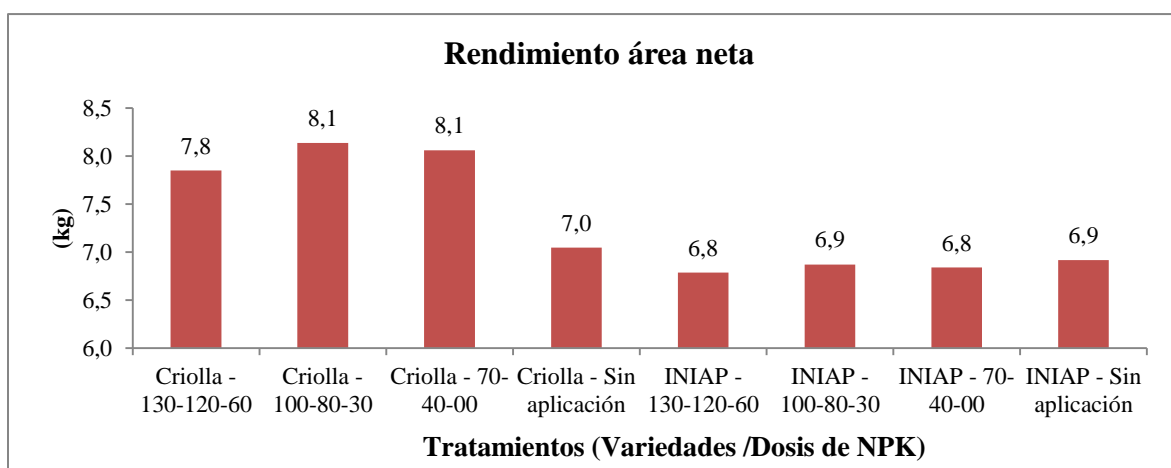


Gráfico 11. Valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

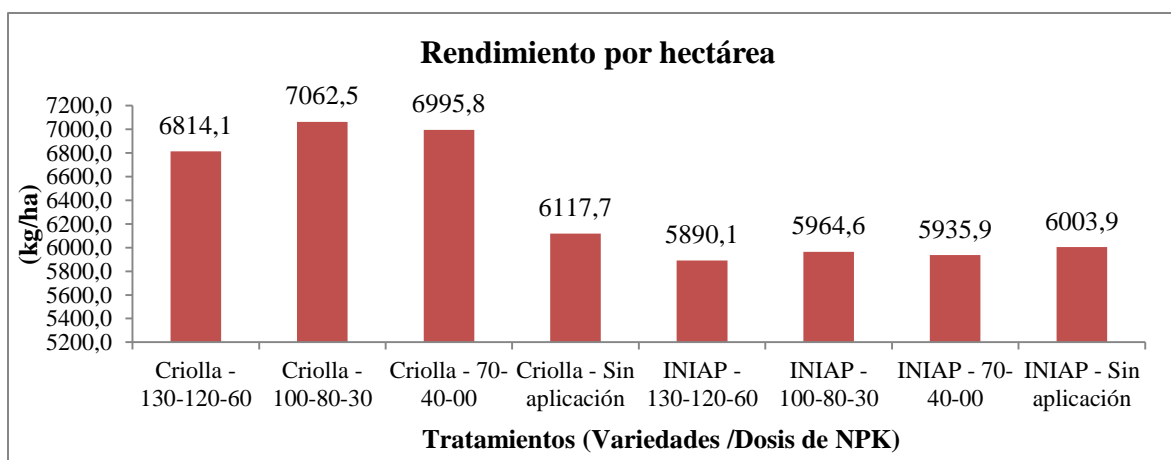


Gráfico 12. Valores promedios de rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Cuadro 7. Análisis económico del rendimiento y costos de los tratamientos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades	Niveles de fertilización NPK /ha	Rendimiento de grano (Kg/ha)	Valor de la producción (USD/ha)*	Costo tratamiento (USD/ha)		Utilidad económica USD/ha
				Fijo	Variable	
Criolla	130-120-60	6814,07	2589,35	1069,89	335,86	1183,60
	100-80-30	7062,50	2683,75	1069,89	225,97	1387,89
	70-40-00	6995,80	2658,40	1069,89	116,09	1472,42
	Sin aplicación	6117,73	2324,74	1069,89	0,00	1254,85
INIAP 180	130-120-60	5890,10	2238,24	1069,89	335,86	832,49
	100-80-30	5964,57	2266,54	1069,89	225,97	970,68
	70-40-00	5935,93	2255,65	1069,89	116,09	1069,67
	Sin aplicación	6003,90	2281,48	1069,89	0,00	1211,59

- Precio maíz duro por kilo \$ 0,38 USD

Cuadro 8. Costos variables de los tratamientos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Fertilizantes		Niveles de fertilización NPK (USD /ha)		
Formulas	USD/kg	70-40-00	100-80-30	130-120-60
18-46-00	0,80	69,57	139,13	208,70
00-00-60	0,64		32,00	64,00
46-00-00	0,58	31,52	39,84	48,17
Sub-Total	2,02	101,09	210,97	320,86
Aplicación	-	15,00	15,00	15,00
Total	2,02	116,09	225,97	335,86



## 5. DISCUSIÓN

En la presente investigación se estudió el comportamiento agronómico y rendimiento de las variedades Criolla e INIAP 180, fertilizados con NPK en tres niveles 130-120-60; 100-80-30; 70-40-00 y sin aplicación. De acuerdo a los resultados se deduce que las variedades evaluadas difirieron significativamente en la mayoría de variables evaluadas, lo que se puede aducir que se deba a la característica propia de cada una de ellas. La variedad Criolla se comportó superior a la variedad INIAP-180, especialmente en el carácter de altura a inserción de mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorca, peso de 1000 granos, peso de granos por planta y rendimiento de grano cuyo factor es de carácter importante en una buena cosecha; lo cual podría atribuirse a que esta variedad se encuentra adaptaba a las condiciones medio ambientales y de suelo de la zona por lo que en respuesta al manejo de fertilización en los tratamientos alcanzó promedios superiores a INIAP-180. En referencia a las variables de altura de planta, longitud de mazorca y peso de tuza, no se presentaron diferencias significativas en las dos variedades lo cual se deba a que esta características sean similares en su comportamiento agronómico de esta variedades.

En cuanto a los Niveles de fertilización la mayor altura de planta se alcanzó con el nivel más bajo de fertilización NPK “70-40-00”, mientras que sin aplicación de fertilizante se logró mayor altura en inserción de mazorca. En diámetro de mazorca; longitud de mazorca, peso de mazorca, peso de 1000 granos, peso de granos por planta, peso de tuza, rendimiento de grano no se presentaron significancias estadísticas. Estos resultados alcanzados podría aducirse que las reservas naturales del suelo en respecto a NPK resultan útiles de acuerdo como se presentan en el análisis de suelo, razón por la cual brindan de alguna manera esta respuestas agronómica bien en ventaja para uno componentes o igualdad en otros, como lo menciona (Amores, Mite, & Carrillo, 2005).

Con los Tratamientos de la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK “100-80-30” se alcanzó mayor altura inserción a la mazorca, longitud de mazorca, peso de 1000 granos, peso de granos por planta, rendimiento área neta, resultados que pueden atribuirse que en forma general el cultivo de maíz duro puede responder bien a aplicaciones de NPK en algunas zonas productoras de maíz aplicando paquetes tecnológicos acorde al requerimiento del cultivo como también considerando las características físicas química del suelo como lo menciona (Amores, Mite, & Carrillo, 1995). Mientras que en altura de

planta se pudo alcanzar mayor relevancia con el nivel de NPK 70-40-00 en esta misma variedad, resultados que como se mencionó antes que cuando el suelo tiene reservas adecuadas de K nativo se observa poca respuesta al K como lo afirman (Amores, Mite, & Carrillo, 2005). En las variables diámetro de mazorca, peso de mazorca, peso de tuza no se presentó diferencias significativas, lo cual se deba a que estos factores no incidieron en el comportamiento del cultivo y variedades en si.

En el análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción, se observó que los tratamientos que incluyeron a la variedad Criolla con los niveles de fertilización NPK 70-40-00 y 100-80-30 registran las mayores utilidades económicas; no así con la variedad INIAP-180. Estos resultados demuestran que para tener mayores utilidades económicas es indispensable el empleo de un paquete de fertilización que permita mejorar el rendimiento de grano por unidad de superficie de variedades Criollas de la zona.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al análisis e interpretación de resultados experimentales, se delinear las conclusiones siguientes.

- 1) Las variedades Criolla e INIAP-180 difirieron significativamente en las variables evaluadas.
- 2) La variedad Criolla mostró mejor comportamiento agronómico en altura de inserción a la mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorcas por planta, peso de 1000 granos, peso de granos por planta, rendimiento de grano frente a la variedad INIAP-180.
- 3) El nivel de fertilización NPK “70-40-00” influyó en la mayor altura de planta.
- 4) Los tratamientos que incluyeron la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK 100-80-30 dieron los mayores resultados en altura de inserción a la mazorca, longitud de mazorca, peso de 1000 granos, peso de granos por planta y rendimiento por área neta y hectárea.
- 5) Así mismo con el tratamiento que incluyó la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK 70-40-00 se logró mayores utilidades económicas.

Analizadas las conclusiones, se recomienda:

- 1) Sembrar la variedad Criolla con un programa de fertilización ajustado al requerimiento del cultivo en la zona de Cuajara y otras de similares características climáticas.
- 2) Utilizar el nivel de fertilización de NPK 70-40-00 por obtener el mayor beneficio neto en unidad de superficie.
- 3) Realizar nuevas investigaciones de fertilización en otras variedades de maíz duro.

## 7. RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se probó las variedades Criolla e INIAP-180, fertilizado con tres niveles de fertilización NPK y sin aplicación; en terrenos de la comunidad Cuajara, ubicada en la parroquia La Carolina; cantón Ibarra, provincia Imbabura, con la finalidad de identificar la variedad que responda eficientemente a los niveles de fertilización probados, determinar el nivel más adecuado de fertilización en el cultivo de maíz y realizar el análisis económico de los diferentes tratamientos en estudio.

Se empleó el diseño experimental “Bloques Completos al Azar” con arreglo factorial A x B, en 3 repeticiones. El área total del ensayo fue de 2.046 m<sup>2</sup>. Se evaluaron las variables: altura de las planta, altura de inserción de mazorcas, diámetro de las mazorca, longitud de las mazorca, peso de mazorca granos, peso de granos por planta, peso de 1000 granos, peso de tuza y rendimiento en grano por unidad experimental y hectárea. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y se empleó DMS para variedades y la prueba de Duncan al 5 % para determinar la diferencia estadística entre las medias de los otros factores estudiados.

Con base al análisis e interpretación de resultados experimentales, se determinó que las siguientes conclusiones: las variedades Criolla e INIAP-180 difirieron significativamente en las variables evaluadas; la variedad Criolla mostró mejor comportamiento agronómico en altura a inserción a la mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorcas por planta, peso de 1000 granos, peso de granos por planta, rendimiento de grano frente a la variedad INIAP-180. El nivel de fertilización NPK “70-40-00” influyó al alcanzar la mayor altura de planta; los tratamientos que incluyeron la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK 100-80-30 dieron los mayores resultados en altura de inserción a la mazorca, longitud de mazorca, peso de 1000 granos, peso de granos por planta y rendimiento por área neta y hectárea, así mismo con el tratamiento que incluyó la variedad Criolla fertilizado con el nivel de NPK 70-40-00 se logró mayores utilidades económicas.

## 8. SUMMARY

In the present research the Creole varieties and INIAP-180, fertilized with three levels of NPK fertilizer without application was tested; on grounds Guajara community, located in the parish of La Carolina; Canton Ibarra, Imbabura province, in order to identify the variety that responds efficiently fertilization levels tested to determine the most appropriate level of fertilization in the cultivation of corn and perform economic analysis of different treatments under study. The "Complete Random Blocks" experimental design was used A x B factorial arrangement, in 3 replications. The total area of the assay was 2.046 m<sup>2</sup>. The variables were evaluated: plant height, insertion height of ears, ear diameter, ear length, ear grain weight, grain weight per plant, weight of 1000 grain weight and grain yield tuza by and hectare experimental unit. All variables were subjected to analysis of variance and DMS for varieties and Duncan test at 5% was used to determine statistical difference between the means of the other factors studied. Based on the analysis and interpretation of experimental results, it was determined that the following conclusions: the Creole varieties and INIAP-180 differ significantly in the variables evaluated; Criolla variety showed better agronomic performance in height to insert the ear, ear diameter, weight of ears per plant, 1000 grain weight, grain weight per plant, grain yield over the variety INIAP-180. NPK fertilization level "70-40-00" influenced to achieve greater plant height; treatments that included the local variety fertilized with 100-80-30 NPK level gave the highest shelf position results in the ear, ear length, 1000 grain weight, grain weight per plant and net yield by area and hectare, also with treatment that included local variety fertilized with NPK 70-40-00 higher level of economic profit was achieved.

## 9. LITERATURA CITADA

- Amores, F., Mite, F., & Carrillo, M. (2005). *Manejo de la Fertilización en maíz duro*. Guayas: INIAP.
- Baligar, V., & Allan, C. (2011). Growth and mineral nutrition of field crops. En V. a. Baligar, *Growth and mineral nutrition of field crops*. New York USA: Marcel Oekker Inc.
- Buckner, G. (2009). Translocation of mineral constituents of seeds and tubers of certain plants during growth. En G. Buckner, *Translocation of mineral constituents of seeds and tubers of certain plants during growth* (págs. 449-459). New York.
- Castañeda, P. (1990). El maíz y su cultivo. D.F. México: A.G.T. Editor S.A.
- Definición ABC. (s/f.). Recuperado el 25 de 03 de 2015, de Fertilizantes: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/fertilizantes.php>
- FONAIAP. (2000). Fertilización del Cultivo maíz. En M. B. Dunja, *FONAIAP*. Maracay.
- Gardner, F. R. (1985). Mineral Nutrition. En F. R. Gardner, *Physiology of crop plants*. (págs. 98 - 131). Iowa USA.
- Hanway, J. (2009). Corn growth and composition in relation to soil Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. En J. Hanway, ) *Hanway, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility: 11. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. Agron. J.* (págs. 217 - 222). New York.
- Hanway, J. J. (2010). Potassium nutrition of soybean. En J. J. Hanway, *Potassium in agriculture* (págs. 753 - 764). Madison, WI.
- Jordan, H., Laird, K., & Ferguson, D. (2010). Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilizer. En H. Jordan, & K. a. Laird, *Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilizer-spacing experiment*. (págs. 268 - 361).
- Kafkafi, U. (2010). Proc. 22nd colloquium of IPI. En U. Kafkafi, *The functions of plant K in overcoming environmental stress situations* (págs. 81 - 93).

- Lawton, K., & Cook, R. (2009). hypothesis relating critical potassium concentration. En K. a. Lawton, *Potassium in plant nutrition* (págs. 253 - 303). New Phytol 97.
- Maathuis, F., & Sander, D. (2011). Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of *Arabidopsis thaliana*. En F. a. Maathuis, *Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of Arabidopsis thaliana* (págs. 9272 - 9276). Proc. Natl.Acad.Sci. USA.
- Novoa, R., & Loomis, R. (1981). Plant and soil 58. En R. R. Novoa, *Nitrogen and plant production* (págs. 177 - 204).
- Otegui, M. (1992). Influencia de la sequia alrededor de anthesis en el cultivo de maíz. En M. Otegui, *Consumo de agua, produccion de materia seca y determinacion del rendimiento* (pág. 93). Buenos Aires.
- Pitman, M. (2012). Biology of plants. Worth Publishers. En M. Pitman, *Correlation between transport to the shoot and relative growth rate Aust. J. Biol.* (págs. 905-919. ). New York.
- Van-Slyke, L. (2009). Fertilizers and crop production. En L. Van-Slyke, *Fertilizers and crop production*. New York.: Orange Judd Publishing Company, New York.
- Welch, L., & Flannery, R. (2009). Potassium nutrition of corn. En L. a. Welch, *Potassium in agriculture*. (págs. 647-664). ASA, Madison, WI.
- Welch, L., & Flannery, R. (2011). Potassium in agriculture. ASA,. En L. a. Welch, *Potassium nutrition of corn* (págs. 647 - 664). Madison, WI.
- World Fertilizer use Manual. (1992). [www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org). Recuperado el 26 de 03 de 2015, de <http://www.fertilizer.org>
- Wyn, J., & Leigh, Y. (2014). Potassium concentrations in whole plants and cells in relation to growth. En Raven., *Methods of K-research in plants (21 st colloquium of IPI)*. IPI, Bern, Switzerland.

# **ANEXOS**



**Anexos 1.** Valores, promedios y análisis de varianza de cada una de las variables.

Cuadro 9. Valores promedios de altura de planta a os 30 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	44,6	44,7	41,8	131,1	43,7
Criolla - 100-80-30	45,0	45,4	43,2	133,6	44,5
Criolla - 70-40-00	45,8	45,6	43,3	134,7	44,9
Criolla - Sin aplicación	40,7	40,9	40,3	121,9	40,6
INIAP - 130-120-60	45,1	43,6	42,9	131,6	43,9
INIAP - 100-80-30	45,3	45,2	42,1	132,6	44,2
INIAP - 70-40-00	45,3	45,3	43,0	133,6	44,5
INIAP - Sin aplicación	42,9	42,3	41,6	126,8	42,3
$\Sigma$	354,7	353,0	338,2	1045,9	348,6
$\bar{x}$	44,3	44,1	42,3	130,7	43,6

Cuadro 10. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 30 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	63,94	9	7,1	19,34	0,0001
Bloques	20,59	2	10,3	28,03	0,0001
Variedades (A)	0,45	1	0,45	1,24	0,2851
Niveles de NPK (B)	38,93	3	12,98	35,33	0,0001
A x B	3,96	3	1,32	3,59	0,041
Error	5,14	14	0,37		
Total	69,08	23			
Coefficiente de variación (%)	1,39				

Cuadro 11. Valores promedios de altura de planta a los 60 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	114,0	116,1	114,9	345,0	115,0
Criolla - 100-80-30	115,4	116,8	114,7	346,9	115,6
Criolla - 70-40-00	115,9	116,3	115,9	348,1	116,0
Criolla - Sin aplicación	116,2	115,1	115,7	347,0	115,7
INIAP - 130-120-60	116,1	115,1	116,8	348,0	116,0
INIAP - 100-80-30	113,5	116,3	116,3	346,1	115,4
INIAP - 70-40-00	113,6	115,6	116,7	345,9	115,3
INIAP - Sin aplicación	116,2	115,1	116,3	347,5	115,8
$\Sigma$	920,9	926,4	927,3	2774,5	924,8
$\bar{x}$	115,1	115,8	115,9	346,8	115,6

Cuadro 12. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 60 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	5,79	9	0,64	0,61	0,7692
Bloques	3	2	1,5	1,43	0,2732
Variedades (A)	0,01	1	0,01	0,01	0,9067
Niveles de NPK (B)	0,31	3	0,1	0,1	0,9594
A x B	2,46	3	0,82	0,78	0,5252
Error	14,73	14	1,05		
Total	20,52	23			
Coefficiente de variación (%)	5,79	9	0,64	0,61	0,7692

Cuadro 13. Valores promedios de altura de planta a los 90 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	156,1	156,7	154,6	467,4	155,8
Criolla - 100-80-30	156,7	158,0	154,2	468,9	156,3
Criolla - 70-40-00	158,0	158,0	156,2	472,2	157,4
Criolla - Sin aplicación	154,0	154,5	153,6	462,1	154,0
INIAP - 130-120-60	157,2	156,2	155,4	468,8	156,3
INIAP - 100-80-30	158,0	155,4	154,6	468,0	156,0
INIAP - 70-40-00	157,5	156,4	156,4	470,3	156,8
INIAP - Sin aplicación	155,6	155,4	154,5	465,5	155,2
$\Sigma$	1253,1	1250,6	1239,4	3743,1	1247,7
$\bar{x}$	156,6	156,3	154,9	467,9	156,0

Cuadro 14. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura de planta a os 90 días después de la emergencia de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	35,01	9	3,89	6,26	0,0013
Bloques	13,1	2	6,55	10,53	0,0016
Variedades (A)	0,17	1	0,17	0,27	0,6127
Niveles de NPK (B)	18,92	3	6,31	10,14	0,0008
A x B	2,82	3	0,94	1,51	0,2545
Error	8,71	14	0,62		
Total	43,71	23			
Coefficiente de variación (%)	35,01	9	3,89	6,26	0,0013

Cuadro 15. Valores promedios de altura a la inserción de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	118,7	121,6	123,6	363,9	121,3
Criolla - 100-80-30	125,2	128,4	126,3	379,8	126,6
Criolla - 70-40-00	120,7	121,1	119,9	361,6	120,5
Criolla - Sin aplicación	124,4	123,6	123,4	371,3	123,8
INIAP - 130-120-60	119,1	121,4	119,9	360,4	120,1
INIAP - 100-80-30	116,4	117,6	118,7	352,6	117,5
INIAP - 70-40-00	117,5	119,9	119,0	356,4	118,8
INIAP - Sin aplicación	123,8	121,6	122,2	367,6	122,5
$\Sigma$	965,7	975,1	972,9	2913,7	971,2
$\bar{x}$	120,7	121,9	121,6	364,2	121,4

Cuadro 16. Análisis de la varianza de los valores promedios de altura a la inserción de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	180,62	9	20,07	11,91	0,0001
Bloques	6,04	2	3,02	1,79	0,2026
Variedades (A)	66	1	66	39,17	0,0001
Niveles de NPK (B)	42,14	3	14,05	8,34	0,002
A x B	66,44	3	22,15	13,14	0,0002
Error	23,59	14	1,69		
Total	204,21	23			
Coefficiente de variación (%)	180,62	9	20,07	11,91	0,0001

Cuadro 17. Valores promedios de diámetro de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	4,1	6,2	5,9	16,2	5,4
Criolla - 100-80-30	4,4	6,3	5,9	16,6	5,5
Criolla - 70-40-00	4,4	6,3	5,9	16,5	5,5
Criolla - Sin aplicación	4,4	5,4	6,1	15,9	5,3
INIAP - 130-120-60	4,1	5,5	5,5	15,1	5,0
INIAP - 100-80-30	4,6	5,5	5,5	15,6	5,2
INIAP - 70-40-00	4,5	5,5	5,5	15,6	5,2
INIAP - Sin aplicación	4,2	5,5	5,8	15,5	5,2
$\Sigma$	34,7	46,2	46,1	127,0	42,3
$\bar{x}$	4,3	5,8	5,8	15,9	5,3

Cuadro 18. Análisis de la varianza de los valores promedios de diámetro de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	11,63	9	1,29	16,64	0,0001
Bloques	10,93	2	5,46	70,33	0,0001
Variedades (A)	0,54	1	0,54	6,95	0,0195
Niveles de NPK (B)	0,11	3	0,04	0,46	0,7114
A x B	0,06	3	0,02	0,24	0,8648
Error	1,09	14	0,08		
Total	12,72	23			
Coefficiente de variación (%)	11,63	9	1,29	16,64	0,0001

Cuadro 19. Valores promedios de longitud de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	12,4	15,3	15,3	43,1	14,4
Criolla - 100-80-30	12,4	15,4	15,4	43,2	14,4
Criolla - 70-40-00	12,4	15,4	15,4	43,1	14,4
Criolla - Sin aplicación	12,4	15,2	14,3	41,9	14,0
INIAP - 130-120-60	12,4	15,1	14,7	42,2	14,1
INIAP - 100-80-30	12,4	15,2	14,8	42,4	14,1
INIAP - 70-40-00	12,4	15,1	14,8	42,3	14,1
INIAP - Sin aplicación	12,4	15,1	14,5	42,1	14,0
$\Sigma$	99,3	121,7	119,2	340,2	113,4
$\bar{x}$	12,4	15,2	14,9	42,5	14,2

Cuadro 20. Análisis de la varianza de los valores promedios de longitud de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015..

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	38,33	9	4,26	94,11	0,0001
Bloques	37,72	2	18,86	416,76	0,0001
Variedades (A)	0,2	1	0,2	4,46	0,0532
Niveles de NPK (B)	0,28	3	0,09	2,09	0,1473
A x B	0,12	3	0,04	0,9	0,4672
Error	0,63	14	0,05		
Total	38,96	23			
Coefficiente de variación (%)	38,33	9	4,26	94,11	0,0001

Cuadro 21. Valores promedios de peso de las mazorcas por planta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	199,1	480,6	424,6	1104,3	368,1
Criolla - 100-80-30	246,4	488,5	426,9	1161,8	387,3
Criolla - 70-40-00	243,0	485,5	426,2	1154,7	384,9
Criolla - Sin aplicación	243,8	357,0	484,6	1085,4	361,8
INIAP - 130-120-60	200,8	375,1	376,8	952,7	317,6
INIAP - 100-80-30	269,7	376,9	375,1	1021,7	340,6
INIAP - 70-40-00	268,0	376,0	376,9	1020,9	340,3
INIAP - Sin aplicación	222,3	366,1	430,7	1019,1	339,7
$\Sigma$	1893,1	3305,7	3321,8	8520,6	2840,2
$\bar{x}$	236,6	413,2	415,2	1065,1	355,0

Cuadro 22. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de las mazorcas por planta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	180841,65	9	20093,52	10,25	0,0001
Bloques	168203,4	2	84101,7	42,9	0,0001
Variedades (A)	10077,8	1	10077,8	5,14	0,0397
Niveles de NPK (B)	1820,13	3	606,71	0,31	0,8182
A x B	740,31	3	246,77	0,13	0,9432
Error	27446,98	14	1960,5		
Total	208288,63	23			
Coefficiente de variación (%)	180841,65	9	20093,52	10,25	0,0001

Cuadro 23. Valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	362,6	464,8	480,9	1308,3	436,1
Criolla - 100-80-30	379,0	488,5	488,5	1356,0	452,0
Criolla - 70-40-00	374,6	483,1	485,5	1343,2	447,7
Criolla - Sin aplicación	327,3	422,7	424,6	1174,6	391,5
INIAP - 130-120-60	355,2	377,9	397,8	1130,9	377,0
INIAP - 100-80-30	367,1	378,1	400,0	1145,2	381,7
INIAP - 70-40-00	359,7	379,0	401,0	1139,7	379,9
INIAP - Sin aplicación	341,3	400,3	411,2	1152,8	384,3
$\Sigma$	2866,8	3394,4	3489,5	9750,7	3250,2
$\bar{x}$	358,3	424,3	436,2	1218,8	406,3

Cuadro 24. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de 1000 granos de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	50804,8	9	5644,98	10,59	0,0001
Bloques	28131,71	2	14065,86	26,38	0,0001
Variedades (A)	15682,59	1	15682,59	29,42	0,0001
Niveles de NPK (B)	3040,6	3	1013,53	1,9	0,1758
A x B	3949,89	3	1316,63	2,47	0,1047
Error	7463,42	14	533,1		
Total	58268,22	23			
Coefficiente de variación (%)	50804,8	9	5644,98	10,59	0,0001



Cuadro 25. Valores promedios de peso de granos de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	186,7	239,4	247,7	673,8	224,6
Criolla - 100-80-30	191,4	246,7	246,7	684,8	228,3
Criolla - 70-40-00	191,0	246,4	247,6	685,0	228,3
Criolla - Sin aplicación	170,2	219,8	220,8	610,8	203,6
INIAP - 130-120-60	191,8	204,1	214,8	610,7	203,6
INIAP - 100-80-30	194,6	200,4	212,0	607,0	202,3
INIAP - 70-40-00	192,4	202,8	214,5	609,7	203,2
INIAP - Sin aplicación	179,2	210,2	215,9	605,2	201,7
$\Sigma$	1497,3	1769,6	1820,0	5087,0	1695,7
$\bar{x}$	187,2	221,2	227,5	635,9	212,0

Cuadro 26. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de granos de la mazorca de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	10858,48	9	1206,5	8,88	0,0002
Bloques	7537,98	2	3768,99	27,75	0,0001
Variedades (A)	2047,95	1	2047,95	15,08	0,0017
Niveles de NPK (B)	698,03	3	232,68	1,71	0,21
A x B	574,51	3	191,5	1,41	0,2814
Error	1901,56	14	135,83		
Total	12760,04	23			
Coefficiente de variación (%)	10858,48	9	1206,5	8,88	0,0002

Cuadro 27. Valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	50,0	57,4	42,6	150,0	50,0
Criolla - 100-80-30	49,4	56,5	42,3	148,2	49,4
Criolla - 70-40-00	49,4	56,4	42,4	148,3	49,4
Criolla - Sin aplicación	48,3	33,7	63,0	145,0	48,3
INIAP - 130-120-60	42,1	43,1	41,2	126,3	42,1
INIAP - 100-80-30	42,0	43,5	40,5	126,0	42,0
INIAP - 70-40-00	42,0	43,1	40,8	125,9	42,0
INIAP - Sin aplicación	45,2	38,4	52,1	135,7	45,2
$\Sigma$	368,5	372,1	364,9	1105,5	368,5
$\bar{x}$	46,1	46,5	45,6	138,2	46,1

Cuadro 28. Análisis de la varianza de los valores promedios de peso de tuza de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	280,27	9	31,14	0,52	0,8364
Bloques	3,24	2	1,62	0,03	0,9733
Variedades (A)	249,62	1	249,62	4,17	0,0603
Niveles de NPK (B)	4,77	3	1,59	0,03	0,9939
A x B	22,65	3	7,55	0,13	0,943
Error	837,15	14	59,8		
Total	1117,42	23			
Coefficiente de variación (%)	280,27	9	31,14	0,52	0,8364

Cuadro 29. Valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	6,5	8,4	8,7	23,5	7,8
Criolla - 100-80-30	6,8	8,8	8,8	24,4	8,1
Criolla - 70-40-00	6,7	8,7	8,7	24,2	8,1
Criolla - Sin aplicación	5,9	7,6	7,6	21,1	7,0
INIAP - 130-120-60	6,4	6,8	7,2	20,4	6,8
INIAP - 100-80-30	6,6	6,8	7,2	20,6	6,9
INIAP - 70-40-00	6,5	6,8	7,2	20,5	6,8
INIAP - Sin aplicación	6,1	7,2	7,4	20,7	6,9
$\Sigma$	51,6	61,1	62,8	175,5	58,5
$\bar{x}$	6,5	7,6	7,9	21,9	7,3

Cuadro 30. Análisis de la varianza de los valores promedios de rendimiento por área neta de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	16,6	9	1,84	10,09	0,0001
Bloques	9,28	2	4,64	25,39	0,0001
Variedades (A)	5,04	1	5,04	27,58	0,0001
Niveles de NPK (B)	1,02	3	0,34	1,86	0,1833
A x B	1,26	3	0,42	2,29	0,1225
Error	2,56	14	0,18		
Total	19,16	23			
Coefficiente de variación (%)	16,6	9	1,84	10,09	0,0001


Cuadro 31. Valores promedios de rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.

Variedades /Dosis NPK	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	$\Sigma$	$\bar{x}$
Criolla - 130-120-60	5665,6	7262,5	7514,1	20442,2	6814,1
Criolla - 100-80-30	5921,9	7632,8	7632,8	21187,5	7062,5
Criolla - 70-40-00	5853,1	7548,4	7585,9	20987,5	6995,8
Criolla - Sin aplicación	5114,1	6604,7	6634,4	18353,1	6117,7
INIAP - 130-120-60	5550,0	5904,7	6215,6	17670,3	5890,1
INIAP - 100-80-30	5735,9	5907,8	6250,0	17893,8	5964,6
INIAP - 70-40-00	5620,3	5921,9	6265,6	17807,8	5935,9
INIAP - Sin aplicación	5332,0	6254,7	6425,0	18011,7	6003,9
$\Sigma$	44793,0	53037,5	54523,4	152353,9	50784,6
$\bar{x}$	5599,1	6629,7	6815,4	19044,2	6348,1

Cuadro 32. Análisis de la varianza de los valores promedios de rendimiento por hectárea de dos variedades de maíz duro sembrados con tres niveles de fertilización NPK. UTB – FACIAG, 2015.


F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo.	12405211,19	9	1378356,8	10,59	0,0001
Bloques	6869331,59	2	3434665,8	26,39	0,0001
Variedades (A)	3829447,26	1	3829447,26	29,43	0,0001
Niveles de NPK (B)	742708,52	3	247569,51	1,9	0,1756
A x B	963723,82	3	321241,27	2,47	0,1049
Error	1821936,07	14	130138,29		
Total	14227147,27	23			
Coefficiente de variación (%)	12405211,19	9	1378356,8	10,59	0,0001

Anexo 2. Resultado de análisis de suelo.



**LABONORT**  
LABORATORIOS NORTE  
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																																																								
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b> Nombre: JOSÉ LUIS IMBACUAN Ciudad: Ibarra Teléfono: 0984575802 Fax:	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: La Carolina Sitio: Cuajara																																																																																							
<b>DATOS DEL LOTE</b> Sitio: Cuajara Superficie: Número de Campo: M 1 Cultivo Actual: A Cultivar: Maiz y fréjol	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> Nro Reporte.: 5751 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo M 1 Fecha de Ingreso: 2014-11-10 Fecha de Reporte: 2014-11-12																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N</td><td>39.08</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>P</td><td>14.24</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>S</td><td>13.87</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>K</td><td>1.03</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>16.44</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>5.77</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>4.36</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>3.72</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>4.83</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>8.64</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>B</td><td>0.67</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>pH</td><td>7.72</td><td></td></tr> <tr><td>Acidez Int. (Al+H)</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Al</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Na</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>0.634</td><td>mS/cm</td></tr> <tr><td>MO</td><td>2.82</td><td>%</td></tr> </tbody> </table>	Nutriente	Valor	Unidad	N	39.08	ppm	P	14.24	ppm	S	13.87	ppm	K	1.03	meq/100 ml	Ca	16.44	meq/100 ml	Mg	5.77	meq/100 ml	Zn	4.36	ppm	Cu	3.72	ppm	Fe	4.83	ppm	Mn	8.64	ppm	B	0.67	ppm	pH	7.72		Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	Al		meq/100 ml	Na		meq/100 ml	Ce	0.634	mS/cm	MO	2.82	%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">INTERPRETACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> <td style="text-align: center;">TOXICO</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">                     0 Requiere Cal 5.5      6.5      7.0      7.5      8.0                 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Acido</td> <td style="text-align: center;">Lig. Acido</td> <td style="text-align: center;">Pract. Neutro</td> <td style="text-align: center;">Lig. Alcalino</td> <td style="text-align: center;">Alcalino</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No Salino</td> <td style="text-align: center;">Lig. Salino</td> <td style="text-align: center;">Salino</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Muy Salino</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>	INTERPRETACION		BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO	0 Requiere Cal 5.5      6.5      7.0      7.5      8.0				Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino	BAJO	MEDIO	ALTO			No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino		BAJO	MEDIO	ALTO		
Nutriente	Valor	Unidad																																																																																						
N	39.08	ppm																																																																																						
P	14.24	ppm																																																																																						
S	13.87	ppm																																																																																						
K	1.03	meq/100 ml																																																																																						
Ca	16.44	meq/100 ml																																																																																						
Mg	5.77	meq/100 ml																																																																																						
Zn	4.36	ppm																																																																																						
Cu	3.72	ppm																																																																																						
Fe	4.83	ppm																																																																																						
Mn	8.64	ppm																																																																																						
B	0.67	ppm																																																																																						
pH	7.72																																																																																							
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml																																																																																						
Al		meq/100 ml																																																																																						
Na		meq/100 ml																																																																																						
Ce	0.634	mS/cm																																																																																						
MO	2.82	%																																																																																						
INTERPRETACION																																																																																								
BAJO	MEDIO	ALTO																																																																																						
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO																																																																																					
0 Requiere Cal 5.5      6.5      7.0      7.5      8.0																																																																																								
Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino																																																																																				
BAJO	MEDIO	ALTO																																																																																						
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino																																																																																					
BAJO	MEDIO	ALTO																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg (meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th colspan="3">Clase Textural (%)</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.85</td> <td>5.60</td> <td>21.56</td> <td>23.24</td> <td></td> <td></td> <td>45.20</td> <td>40.00</td> <td>14.80</td> <td>FRANCO</td> </tr> </tbody> </table>		Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural (%)			Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		2.85	5.60	21.56	23.24			45.20	40.00	14.80	FRANCO																																																											
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural (%)																																																																																			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																																																																																
2.85	5.60	21.56	23.24			45.20	40.00	14.80	FRANCO																																																																															
Dr. Quim. Edison M. Mijangos Responsable Laboratorio																																																																																								



LABONORT  
IBARRA - ECUADOR  
ANALISIS QUIMICOS SUELOS Y AGUAS

Anexo 3. Resultado de análisis de agua.

<b>LABONORT</b>		
LABORATORIOS NORTE		
Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos	Ibarra-Ecuador.	Telf 0999591050

**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>
NOMBRE : JOSE LUIS IMBACUAN
CIUDAD : Ibarra
TELÉFONO : 0984575802
FAX :

<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>
PROVINCIA : Imbabura
CANTÓN : Ibarra
PARROQUIA : La Carolina
SITIO : Agua Acequia

<b>DATOS DEL AGUA</b>
SITIO : Agua de riego (acequia)
MUESTRA : M1
ASPECTO: transparente

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>
No REPORTE : R 5752
No MUES.LAB.: L 5752, M1
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO : 10 11 2014
FECHA DE REPORTE : 12 11 2014

**RESULTADOS**

PARAMETRO	CONTENIDO	RANGO USUAL**
TDS (Sólidos totales disueltos)	195 ppm	0 - 2000 ppm
Carbonatos (CO3)=	36,0 ppm	0 - 3,1 ppm
Bicarbonatos (HCO3)-	<b>219,6 ppm</b>	0 - 180 ppm
Calcio Ca <sup>++</sup>	50,1 ppm	0 - 200 ppm
Magnesio Mg <sup>++</sup>	22,9 ppm	0 - 61 ppm
Sulfatos (SO4)=	19,6 ppm	0 - 960 ppm
Boro (B)	< 0,10 ppm	0 - 2,5 ppm
pH	8,06	6 - 8,5
Dureza total CaCO3	<b>219,14 ppm</b>	Muy dura
Conductividad eléctrica	0,391 dS/m	0 - 3 dS/m
Potasio K	2,3 ppm	0 - 7,8 ppm
Cloruros Cl	32,0 ppm	0 - 180 ppm
Sodio Na	17,3 ppm	0 - 69 ppm
RAS*	0,50	0 - 6 (meq/L)1/2

\* Relación adsorción de sodio

\*\* Rangos usuales para aguas de riego

negritas = exceso

Se recomienda regular el pH a 6,5 (corrector de pH) en caso de utilizar como solvente para aplicaciones de nutrientes foliares y fertirrigación y fumigaciones  
El Agua puede ser titulizada en el riego de cultivos agrícolas

Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
**RESPONSABLE DE LABONORT**



**Anexo 4: Figuras**



Figura 1. Muestra de suelos.



Figura 5. Agua de riego.



Figura 2. Muestra de suelos.



Figura 8. Preparación del terreno



Figura 3. Recolección muestra de suelos.



Figura 6. Arada del área experimental



Figura 4. Muestra de agua.



Figura 7. Preparación del terreno



Figura 8. Área experimental lista



Figura 9. Delimitación parcelas



Figura 10. Identificación parcelas.



Figura 11. Pesaje de N.



Figura 12. Pesaje de P.



Figura 13. Pesaje de K.



Figura 14. Semilla variedad INIAP 180



Figura 15. Semilla variedad Criolla.





Figura 16. Siembra.



Figura 20. Identificación de plantas.



Figura 17. Fertilización a la siembra.



Figura 21. Toma de datos a los 30 días.



Figura 18. emergencia de plantas.



Figura 22. Toma de datos a los 60 días.



Figura 19. Identificación de plantas



Figura 23. Toma de datos a los 90 días.



Figura 24. Inserción de mazorca.



Figura 28. Mazorcas a evaluar.



Figura 25. Visita del Ingeniero Tutor.



Figura 29. Identificación de mazorcas.



Figura 26. Recolección de mazorcas.



Figura 30. Diámetro de mazorcas.



Figura 27. Parcelas listas para cosechar.



Figura 31. Diametro de mazorca



Figura 32. Longitud de mazorca.



Figura 33. Longitud de mazorca.



Figura 34. Peso mazorca.



Figura 35. Peso de mazorca



Figura 36. Peso de 1000 granos.



Figura 37. Peso de 1000 granos.



Figura 38. Peso de tuza.



Figura 39. Peso de tuza.