



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**SEDE SANTO DOMINGO**

**DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN VEGETAL**

**VARIACIÓN EN LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES Y EFICIENCIA  
DEL N, EN UN HÍBRIDO PROMISORIO DE MAÍZ, SEMBRADO EN ÉPOCA  
SECA, PATRICIA PILAR, PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el grado de Magíster en  
Nutrición Vegetal

**Autor:**

**MANUEL FAUSTO ROLANDO REMACHE QUIZHPI**

**Director de tesis:**

**MANUEL DANILO CARRILLO ZENTENO Ph.D.**

**Co-Director de tesis:**

**WUELLINS D. DURANGO CABANILLA M.Sc.**

Santo Domingo - Ecuador

MAYO, 2016

**TEMA DE TESIS**

**VARIACIÓN EN LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES Y EFICIENCIA DEL N, EN UN HÍBRIDO PROMISORIO DE MAÍZ, SEMBRADO EN ÉPOCA SECA, PATRICIA PILAR, PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

MANUEL D. CARRILLO ZENTENO Ph.D.

-----

**DIRECTOR DE TESIS**

**APROBADO**

LUZ MARÍA MARTÍNEZ BUÑAY M.Sc.

-----

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

EDISON SILVA CIFUENTES Ph.D.

-----

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS M.Sc.

-----

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Santo Domingo ... de Mayo de 2016.

## **CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría el mismo que no ha sido plagiado y que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de Propiedad Intelectual, del presente trabajo de investigación pertenecen todos los derechos a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi

**C.I. : 0101107076**

## INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

### APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del trabajo de grado presentado por el señor Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi, previo a la obtención del Grado de Magister en Nutrición Vegetal, considero que dicho Trabajo no ha sido plagiado y reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la Ciudad de Santo Domingo, a los ... días del mes de Mayo del 2016.



**MANUEL D. CARRILLO ZENTENO Ph.D.**

**C.I. 0102294378**

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

### TESIS DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	C.I. : 0101107076
APELLIDOS Y NOMBRES	Remache Quizhpi Manuel Fausto Rolando
DIRECCIÓN	Coperativa Santa Martha Sector #3, Calle 17, casa 407
EMAIL	<a href="mailto:remacheveal@hotmail.com">remacheveal@hotmail.com</a> ; mremache54@hotmail.com
TELÈFONO FIJO	3702-143
TELÈFONO MÓVIL	0999454515

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en un híbrido promisorio de maíz, sembrado en época seca, Patricia Pilar, Provincia de Los Ríos.
AUTOR O AUTORES:	Remache Quizhpi Manuel Fausto Rolando
FECHA DE ENTREGA DE LA TESIS	21 Mayo del 2016
DIRECTOR DE TESIS:	Manuel Danilo Carrillo Zenteno
CO-DIRECTOR:	Wuellins D. Durango Cabanilla
TÍTULACIÓN:	
PROGRAMA	PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO <input checked="" type="checkbox"/>
TÍTULO QUE OPTA:	Magister en Nutrición Vegetal
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	La investigación se ejecutó con el objetivo de determinar la variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia de la fertilización nitrogenada, por efecto de cuatro dosis de nitrógeno en un híbrido promisorio de maíz, en la época seca, en Patricia Pilar. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y las

	<p>medias fueron comparadas empleando la prueba de Tukey con el 5% de probabilidad. Los resultados mostraron que la aplicación de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, provocó incrementos en la absorción de N, P, K, Mg y S en el híbrido promisorio, no así para Ca. La absorción de macronutrientes varió según el elemento, donde el K fue absorbido en mayor proporción durante la etapa vegetativa (80 %), seguido del N (50%), mientras que la extracción del P, fue mayor durante la etapa reproductiva (60%). La absorción de Ca, Mg y S, siguió la tendencia de la producción de materia seca. Con la dosis de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N se logró la mayor eficiencia de recuperación de N (0,5 kg kg<sup>-1</sup>) e incremento en la absorción de CaO (20,4 kg ha<sup>-1</sup>) y MgO (18,4 kg ha<sup>-1</sup>); con la dosis de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, mejoró la extracción de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (39,1 kg ha<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub>O (35,8 kg ha<sup>-1</sup>) y S (3 kg ha<sup>-1</sup>). Además, dosis de nitrógeno mayores de 132 kg ha<sup>-1</sup> influyeron en las variables agronómicas altura de planta y diámetro de tallo. El híbrido promisorio de maíz respondió a dosis de nitrógeno mayores de 132 kg ha<sup>-1</sup>.</p>
PALABRAS CLAVES:	Curvas de absorción, nitrógeno, eficiencia de recuperación, híbrido promisorio, fertilización.
ABSTRAC	<p>This research was carried out with the objective to determine the variation in the absorption of macronutrients and measure the efficiency of nitrogen fertilization of four doses of nitrogen in a promising hybrid of maize during the dry season. A randomized complete block design with four replications was used. For comparison of the means, was performed Tukey test with 5% probability. The results showed that the application</p>

	<p>of 132 kg ha<sup>-1</sup> of N caused increase of the absorption of N, P, K, Mg and S in the promising hybrid of maize, but not for Ca. Macronutrients absorption varied by element, where K (80%) and N (50%) were absorbed in greater proportion during the vegetative stage, while the extraction of P was greater during the reproductive stage (60%). Absorption of Ca, Mg and S, followed the tendency of dry matter production. Dose of 132 kg ha<sup>-1</sup> of N obtained the higher recovery efficiency of N (0.5 kg kg<sup>-1</sup>) and increase absorption of CaO (20.4 kg ha<sup>-1</sup>) and MgO (18.4 kg ha<sup>-1</sup>). Dose of 198 kg ha<sup>-1</sup> of N, improved extraction of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (39.1 kg ha<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub>O (35.8 kg ha<sup>-1</sup>) and S (3.0 kg ha<sup>-1</sup>). In addition, greater nitrogen dose than 132 kg ha<sup>-1</sup> influenced the agronomic variables of height and stem diameter. These results showed that promising hybrid of maize responded to greater nitrogen dose than 132 kg ha<sup>-1</sup>.</p>
KEYWORDS	Absorption curves, nitrogen, recovery efficiency, promising hybrid, fertilization.

Se autoriza la publicación de esta Tesis en el Repositorio de la Institución




---

Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi

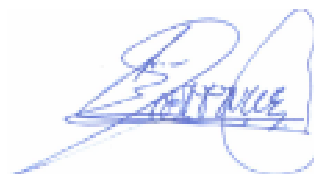
**C.I. : 0101107076**

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Remache Quizhpi Manuel Fausto Rolando**, CI **101107076** autor del proyecto titulado: **TITULO “Variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en un híbrido promisorio de maíz, sembrado en época seca, Patricia Pilar, Provincia de los Ríos.”** previo a la obtención del título de **Magister en Nutrición Vegetal** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo 21 de Mayo del 2016



---

Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi

**C.I. : 0101107076**



# DEDICATORIA

Como cuestión de honor familiar; dedico este trabajo a mis Hijos: Rolando Fabián, Rubén Darío y Raydel Lizbeth, como a mi esposa Elsa Beatriz Riera Ulloa, quienes siempre estuvieron presente con su apoyo intelectual, fe y profesional, que permitieron culminar con mis estudios de Maestría en Nutrición Vegetal.

Como también dedico a mis padres: Arturo Remache A., y María Maclovia Quizhpi S., que en paz descansen por su mentalidad emprendedora y formación integral de mi persona.

## ***AGRADECIMIENTOS***

Para llegar a cristalizar esta meta profesional; debo dar gracias a Jesucristo y a la Virgen del Cisne, por haberme sentido con fortaleza, fe y sentimiento espiritual en los estudios y la vida.

A mi esposa Elsa Beatriz Riera Ulloa, quien ha sabido brindarme en todo momento cariño y fuerza, que me han servido para ser perseverante y seguir adelante para cumplir con la meta de superación en mi vida profesional. A mis hijos, Rolando Fabián, Rubén Darío y Raydel Lizbeth, quienes estuvieron a mi lado cada vez que necesitaba a un amigo, apoyándome en cada una de mis ideas.

A la Empresa MAREJAL S.A., que permitió su terreno e instalaciones para el desarrollo del cultivo, como su personal de campo, técnicos y de manera especial a mi hermano Jorge Remache.

A todos los profesores de la Maestría en Nutrición Vegetal y de manera especial a Edison Silva Ph.D., por su directriz profesional y Luz María Martínez M.Sc., por ser guía de bien del estudiante, de la Universidad Tecnológica Equinoccial “UTE-SD”.

A Manuel D. Carrillo Zenteno Ph.D., Director de mi investigación juntamente con Wuellins Durango M.Sc., e Ing. Silvio Vele C., por su total apoyo y orientación profesional, durante el desarrollo del cultivo, escritura y resultado del proyecto.

A Francisco Mite M.Sc., Responsable del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).; así como al personal técnico, colaboradores de campo y laboratorio que permitieron obtener los datos y certificación del trabajo.

A los compañeros del posgrado, por haber dado su amplio ambiente de optimismo y Fe, de manera especial a Miguel A. Villamagua M.Sc. y Emma Alvarez Sánchez M.Sc. que fueron bastión de apoyo académico para culminar con mi carrera profesional de cuarto nivel.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	xviii
SUMMARY .....	xix
 <b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Problemática .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Alcance .....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis nula .....	4
1.5.2. Hipótesis alternativa .....	4
 <b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1. Fundamentaciones .....	6
2.1.1. Nitrógeno .....	6
2.1.1.1. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz .....	8
2.1.1.2. Criterio de balance de nitrógeno para determinar las necesidades de fertilización.....	8
2.1.2. Fósforo.....	9
2.1.3. Potasio .....	10
2.1.4. Calcio.....	11
2.1.5. Magnesio.....	11

2.1.6.	Azufre .....	12
2.1.7.	Relaciones catiónicas y bases intercambiables .....	13
2.1.8.	Antagonismos y sinergismos de los nutrientes .....	13
2.1.9.	Híbridos de maíz.....	13

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	Sitio de estudio.....	15
3. 1.1.	Localización.....	15
3. 1.2.	Características climáticas.....	15
3. 1.3.	Características Edáficas .....	15
3.2.	Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos .....	17
3.3.	Factores, niveles, tratamientos, diseño experimental y variables en estudio....	17
3.3.1.	Factores y niveles .....	17
3.3.2.	Tratamientos .....	17
3.3.3.	Diseño experimental .....	18
3.3.4.	Características del ensayo y unidades experimentales .....	18
3.3.5.	Variables de estudio.....	19
3.4.	Manejo del experimento .....	22

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Altura de planta.....	24
4.2.	Diámetro de tallo .....	25
4.3.	Longitud de mazorca .....	26
4.4.	Rendimiento.....	27
4.5.	Materia seca de la biomasa .....	28
4.6.	Absorción de nutrientes .....	30
4.6.1.	Nitrógeno .....	30

4.6.2.	Fósforo.....	31
4.6.3.	Potasio .....	33
4.6.4.	Calcio.....	34
4.6.5.	Magnesio.....	35
4.6.6.	Azufre .....	36
4.6.7.	Dinámica de requerimiento de nutrientes .....	38
4.6.8.	Eficiencia de uso de nitrógeno.....	39
4.6.9.	Incremento en absorción de nutrientes. ....	40

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones.....	41
5.2.	Recomendaciones .....	42

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>43</b>
---------------------------	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>
--------------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Características químicas de suelos de lote experimental, a profundidad de.....	
0 – 20 cm .....	16
Tabla 3.2. Resultados de análisis químicos de suelos, según los horizontes encontrados en el lote experimental.....	16
Tabla 3.3. Resultados de análisis físicos de suelos, según los horizontes determinados en el lote experimental .....	16
Tabla 3.4. Tratamientos evaluados para determinar la variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia del N en un híbrido promisorio de maíz. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015 .....	17
Tabla 3.5. Descripción del análisis de variancia (ADEVA) aplicado en la investigación ..	18
Tabla 4.1. Promedios de altura de planta a diferentes edades, afectadas por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	25
Tabla 4.2. Promedios de diámetro de tallo a diferentes edades, afectadas por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	26
Tabla 4.4 Promedios de rendimiento de grano maíz, con el 13 % de humedad, afectado por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015 .....	28
Tabla 4.5. Eficiencia de uso de N e incremento en la absorción de P, K, Ca, Mg y S en híbrido promisorio de maíz, afectado por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015 .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Curvas de acumulación de materia seca en un híbrido promisorio de maíz, afectado por dosis de fertilización con N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015. ....	29
Figura. 4.2. Absorción total de N en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	31
Figura. 4.3. Absorción total de P en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	32
Figura. 4.4. Absorción total de K en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	34
Figura. 4.5. Absorción total de Ca en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	35
Figura. 4.6. Absorción total de Mg en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	37
Figura. 4.7. Absorción total de S en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.....	37
Figura 4.8. Acumulación de MS, N, P, K, Ca, Mg y S en la parte aérea de plantas de un híbrido promisorio de maíz, con fertilización de 198 kg ha <sup>-1</sup> de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015. ....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Distribución de los tratamientos en el campo, por repetición. ....	51
ANEXO 2. Fertilización realizada en la investigación.....	52
ANEXO 3. Plan de fertilización para tratamientos evaluados (dosis de N) y básicos.....	52
ANEXO 4. Cuadrados medios del análisis de variancia para altura de planta (cm) en diferentes edades, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	54
ANEXO 5. Cuadrados medios del análisis de variancia para diámetro de tallo (mm) en diferentes días después de la siembra, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz .....	54
ANEXO 6. Cuadrados medios del análisis de variancia de altura de inserción, longitud y diámetro de mazorca, porcentaje de mazorcas sanas, mal polinizadas y podridas, floración y rendimiento, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz .....	55
ANEXO 7. Cuadrados medios del análisis de variancia de producción de materia seca, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	55
ANEXO 8. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	56
ANEXO 9. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	56
ANEXO 10. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	57
ANEXO 11. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de Ca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	57



ANEXO 12. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de Mg ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz.....	58
ANEXO 13. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz promisorio.....	58
Anexo 14. Precipitación pluvial registrada en el lote experimental, desde la siembra en Julio 11 del 2015 hasta la cosecha en Noviembre 6 del 2015..	59



## UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

### “Variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en un híbrido promisorio de maíz, sembrado en época seca, Patricia Pilar, provincia de Los Ríos”

**Autor:** Ing. Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi

**Director:** Manuel D. Carrillo Zenteno Ph.D.

**Co-Director:** Wuellins D. Durango Cabanilla M.Sc.

**Fecha:** Mayo, 2016

### RESUMEN

La investigación se ejecutó con el objetivo de determinar la variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia de la fertilización nitrogenada, por efecto de cuatro dosis de nitrógeno en un híbrido promisorio de maíz, en la época seca, en Patricia Pilar. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y las medias fueron comparadas empleando la prueba de Tukey con el 5% de probabilidad. Los resultados mostraron que la aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, provocó incrementos en la absorción de N, P, K, Mg y S en el híbrido promisorio, no así para Ca. La absorción de macronutrientes varió según el elemento, donde el K fue absorbido en mayor proporción durante la etapa vegetativa (80 %), seguido del N (50%), mientras que la extracción del P, fue mayor durante la etapa reproductiva (60%). La absorción de Ca, Mg y S, siguió la tendencia de la producción de materia seca. Con la dosis de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N se logró la mayor eficiencia de recuperación de N ( $0,5 \text{ kg kg}^{-1}$ ) e incremento en la absorción de CaO ( $20,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y MgO ( $18,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ); con la dosis de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, mejoró la extracción de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $39,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ),  $\text{K}_2\text{O}$  ( $35,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y S ( $3 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Además, dosis de nitrógeno mayores de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  influyeron en las variables agronómicas altura de planta y diámetro de tallo. El híbrido promisorio de maíz respondió a dosis de nitrógeno mayores de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$ .

**Palabras clave:** Curvas de absorción, nitrógeno, eficiencia de recuperación, híbrido promisorio, fertilización.



## UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**"Changes in the absorption of macronutrients and efficiency of N, in a promising hybrid of maize, grown in the dry season in Patricia Pilar, Los Rios province"**

**Author:** Manuel Fausto Rolando Remache Quizhpi Ing.

**Advisor:** Manuel D. Carrillo Zenteno Ph.D.

**Co-Advisor:** Wuellins D. Durango Cabanilla M.Sc.

**Date:** May, 2016

### SUMMARY

This research was carried out with the objective to determine the variation in the absorption of macronutrients and measure the efficiency of nitrogen fertilization of four doses of nitrogen in a promising hybrid of maize during the dry season. A randomized complete block design with four replications was used. For comparison of the means, was performed Tukey test with 5% probability. The results showed that the application of 132 kg ha<sup>-1</sup> of N caused increase of the absorption of N, P, K, Mg and S in the promising hybrid of maize, but not for Ca. Macronutrients absorption varied by element, where K (80%) and N (50%) were absorbed in greater proportion during the vegetative stage, while the extraction of P was greater during the reproductive stage (60%). Absorption of Ca, Mg and S, followed the tendency of dry matter production. Dose of 132 kg ha<sup>-1</sup> of N obtained the higher recovery efficiency of N (0.5 kg kg<sup>-1</sup>) and increase absorption of CaO (20.4 kg ha<sup>-1</sup>) and MgO (18.4 kg ha<sup>-1</sup>). Dose of 198 kg ha<sup>-1</sup> of N, improved extraction of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (39.1 kg ha<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub>O (35.8 kg ha<sup>-1</sup>) and S (3.0 kg ha<sup>-1</sup>). In addition, greater nitrogen dose than 132 kg ha<sup>-1</sup> influenced the agronomic variables of height and stem diameter. These results showed that promising hybrid of maize responded to greater nitrogen dose than 132 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Absorption curves, nitrogen, recovery efficiency, promising hybrid, fertilization.

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problemática

Los bajos precios y problemas sanitarios en los cultivos de palma aceitera y balsa están provocando la eliminación de estas especies en la zona de Patricia Pilar y su entorno, sembrando cultivos con retorno en menor plazo como el maíz, rubro que es apoyado por el gobierno nacional, con el objetivo de cambiar la matriz productiva, satisfaciendo la demanda nacional de aproximadamente 1400000 t año<sup>-1</sup> y provocando excedentes para la exportación (Cámara de Agricultura II Zona, 2014).

Actualmente se producen nuevos materiales genéticos de maíz, con alto potencial de rendimiento, que deben ir acompañados de información técnica, que oriente respecto a sus características fisiológicas, resistencia a plagas, requerimientos hídricos, de clima y nutricionales. Así, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), está evaluando híbridos promisorios, próximos a ser lanzadas al mercado, requiriendo conocer de las necesidades nutricionales según el potencial de rendimiento y la fertilidad natural de los suelos, que son variables en las diferentes zonas maiceras del país.

El principal nutriente limitante en suelos tropicales es el nitrógeno y de su disponibilidad dependen algunos procesos fisiológicos de las plantas de maíz, incluidas las eficiencias de uso de este y otros elementos nutrientes, que al final tienden a repercutir en los rendimientos y por ende, en la rentabilidad del cultivo (Torres, 2014).

Al evaluar suelos de origen volcánico, Castillo y Salinas (2014) indicaron que los suelos de la zona de Patricia Pilar, son muy deficientes en nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S), condición que afecta el crecimiento de la planta y la producción de biomasa, que también podría afectar la producción del maíz.

Por lo anteriormente planteado, en este estudio se planteó determinar la respuesta en eficiencia del uso de fertilizante nitrogenado y la absorción de macronutrientes, en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de cuatro dosis de nitrógeno.

## 1.2. Justificación

El maíz es uno de los cereales ampliamente cultivado e importante en el mundo por ser alimento importante para los humanos y animales, además de ser utilizado como materia prima básica para la agroindustria (FAO, 1993). Esta gramínea es uno de los cultivos tradicionales sembrado por pequeños, medianos y grandes agricultores, que sustentan a la industria avícola nacional. Sin embargo, es necesario implementar variaciones en el sector productivo, cambiando el soporte tecnológico, operativo y económico, para favorecer así a las futuras generaciones, con cosechas de bajos costos, siendo autosuficientes para satisfacer las necesidades internas del país (Cámara de Agricultura II, 2014).

En los últimos 30 años, se ha experimentado un gran incremento en la productividad de cultivo de maíz; esto, como resultado de la disponibilidad de nuevos materiales genéticos que responden con altos rendimientos a la aplicación de fertilizantes, paquetes tecnológicos que proveen protección contra malezas, insectos y enfermedades y programas de extensión agrícola, que instruyen a los agricultores en el uso de nuevas tecnologías (Watts, Schepers y Arumí, 2010).

En el Ecuador, según el III Censo Nacional Agropecuario (2012), la superficie de maíz duro sembrado fue de 240201 ha, de los cuales 187521 ha en la región costa, 32866 ha en la región sierra y de 19814 ha el resto de regiones. En la provincia de Los Ríos la superficie de maíz duro cultivada fue de 78019 ha (SINAGAP, 2016)

La continua búsqueda de materiales que se adapten a las condiciones locales y con alto potencial de rendimiento, hace necesario evaluar técnicas que mejoren los rendimientos y la eficiencia de los fertilizantes aplicados, una de estas estrategias sería el uso de semillas de alta calidad, cuyas reservas nutricionales ayuden al establecimiento inicial del cultivo.

La fertilización es pilar fundamental para la producción agrícola, a su vez, condición necesaria para lograr producciones óptimas cuantitativa y cualitativamente (Domínguez, 2001). Chinchilla citado por Álvarez (2015), indica que por esta razón se debe emplear técnicas apropiadas para optimizar su eficiencia, evitando aplicaciones inadecuadas de nutrientes, que provocan efectos sobre la disponibilidad y reservas de otros elementos,

como consecuencia de la extracción del cultivo y otras pérdidas normales dentro del ciclo del elemento; así, existen esquemas de manejo que promueven el uso de altas cantidades de fertilizantes, con el afán de asegurar rendimientos altos, que de igual forma provocan desbalances nutricionales, induciendo deficiencias de otros elementos, por la presencia de concentraciones elevadas en el suelo, particularmente de N, P y K (Palacios, 2003).

La falta de información sobre los requerimientos de macronutrientes y eficiencia del N, en los híbridos comerciales de maíz, ha provocado que técnicos y productores usen cantidades iguales para todos los materiales sembrados, siendo necesario determinar sus verdaderas necesidades nutricionales, para mejorar la eficiencia de uso de fertilizantes y la rentabilidad del cultivo, sin afectar el ambiente.

Los productores aplican fertilizantes por recomendaciones basadas en experiencias de otras localidades al no existir investigaciones sobre las necesidades de fertilización con macronutrientes, propias para nuevos materiales genéticos de maíz, que garanticen un uso óptimo del fertilizante, en función del consumo de la planta y potencial de rendimiento de grano (Caviglia y Melchiori, 2011), factor que para suelos del Litoral ecuatoriano, es limitado principalmente por N (Carrillo, Cedeño, Aldeán y Dávila, 2010).

### **1.3. Alcance**

Por la importancia socio-económica que tiene este cultivo, esta investigación se desarrolló usando un híbrido promisorio de maíz del INIAP, Estación Experimental Portoviejo, con cuatro dosis de fertilización nitrogenada, para aportar con información que permita definir técnicas adecuadas de manejo nutricional para este híbrido en la zona de Patricia Pilar. Ésta investigación se inició en el segundo semestre del 2015.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia de la fertilización nitrogenada, por efecto de cuatro dosis de N en el híbrido promisorio de maíz, en la época seca, en Patricia Pilar.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la variación en la dinámica de absorción de macronutrientes en el híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis variables de N.
- Evaluar la eficiencia del uso de la fertilización nitrogenada.
- Determinar el efecto de dosis variables de N, sobre las características fisiológicas y de rendimiento del híbrido.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis nula**

- La eficiencia de uso de fertilizante nitrogenado, no varía en función de las dosis de N aplicadas.
- La absorción de macronutrientes no es afectada por la aplicación de dosis variables de N en el híbrido de maíz.

### **1.5.2. Hipótesis alternativa**

- La eficiencia de uso de fertilizante nitrogenado, varía en función de las dosis de N aplicadas.
- La absorción de macronutrientes es afectada por la aplicación de dosis variables de N en el híbrido de maíz.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

Un factor importante que contribuye a la crisis de la producción agrícola, radica en la incapacidad de los países en desarrollo para aumentar los rendimientos de los cultivos; sin embargo, se ha demostrado un desarrollo global en el mejoramiento genético que ha traído consigo la producción de cultivares de alto rendimiento (Fisritzter y Kelly, 1979).

El crecimiento vegetativo y el potencial de rendimiento del maíz, varían de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se cultive. En áreas tropicales, el efecto de la latitud y altitud sobre el clima cumple un factor determinante en la expresión de rendimiento, pudiendo cambiar a corta distancia (Espinosa y García, 2010).

La semilla de maíz está compuesta por tejidos y órganos especializados, lo cual está ligado a características físicas y químicas que provocan diferencias notables en la constitución final de la semilla, ya que se desarrolla como resultado de la fecundación, subsiguiente a una correcta polinización (Poey, 1978), sin ser un insumo más, sino un recurso dinámico importante para alcanzar objetivos específicos de producción agrícola (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1982).

El elevado desarrollo bioenergético, actualmente está impulsando la demanda de fertilizantes; sin embargo, algunos países están desarrollando regulaciones para su uso, que tendrá impactos en la forma de utilización de dichos nutrientes, conduciendo a desarrollar estrategias de manejo de los fertilizantes y optimizar su uso (Luc y Heffer, 2006).

Para García (2008), en el mundo el 33% del total de nutrientes aplicados es absorbido y metabolizado por las plantas; sin embargo, si se incrementase el uso eficiente de nutrientes en 1%, se estaría produciendo cerca de 500 millones de toneladas más de alimentos, significando un ahorro aproximado de 235 millones de dólares. En general, lo que se persigue es que haya una menor pérdida de nutrientes en el campo.

A nivel productivo de los cultivos, las deficiencias de los nutrientes no ocurren aisladamente, sino que se combinan de diversas maneras, por lo que es necesario evaluar



integralmente la respuesta a la fertilización (Ferraris, Toribio, Falconi y Couretot, 2012); que como todas las prácticas agrícolas, la nutrición debe ser basada en la evaluación previa del área donde se va a desarrollar la siembra (Rodríguez, 1982), sabiendo que los nutrientes son importantes por participar en una serie de procesos fisiológicos que incluyen la captación de energía solar, participación en procesos fisiológicos o bioquímicos, entre ellas la activación de enzimas y transferencia de energía (Kass, 2007).

## **2.1. Fundamentaciones**

### **2.1.1. Nitrógeno**

La necesidad mundial de alimentos, fibra y biocombustibles asociados con el crecimiento de la población, hacen necesario incrementar la producción mundial de cultivos, estimando que el uso de fertilizantes portadores de N, ocurrirá en regiones tropicales y subtropicales del planeta y que a futuro demandarán grandes cantidades, siendo necesario incrementar la eficiencia de uso y la efectividad de los fertilizantes nitrogenados en los sistemas de cultivo (Snyder, 2009).

La urea, es la fuente de N que más se utiliza en el mundo, siendo esencial para el metabolismo de las plantas; es un fertilizante, con la mayor concentración de N (46%), de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes. La urea no contiene amonio; sin embargo, ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima ureasa y por la temperatura del suelo, produciendo amonio y bicarbonato; los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la banda de aplicación; una vez que se ha convertido en amonio ( $\text{NH}_4$ ), es adsorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y eventualmente es nitrificado o absorbido directamente por las plantas (FERTISQUISA, 2016).

Las condiciones óptimas para la nitrificación se dan a temperaturas de alrededor de 25°C a 35°C, pH ligeramente ácido y niveles intermedios de humedad. Sin embargo, se indica que la denitrificación es mínima en pH de 4,8 y aumentan en pH de 8,0 y 8,6 con un nivel crítico de humedad de 60%, que sería la capacidad máxima de retención de agua de los suelos (Fassbender y Bornemisza, 1987).

La urea puede provocar un efecto tóxico en las plantas jóvenes, especialmente cuando se aplica en forma localizada y cerca del sistema radicular. Estudios realizados en Costa Rica por Díaz y Jiménez, citado por Fassbender y Bornemisza (1987), indican que si en un cultivo de cacao en varios tratamientos bianuales y durante nueve años, aplicando una cantidad total de 2260 kg ha<sup>-1</sup> de N como urea, en los primeros 7,5 cm del suelo, se va a producir una acidificación cuyo pH oscila de 5,4 – 4,6 y que esto se intensifica si aplica fertilizantes fosfatados y potásicos acidificantes (superfosfato triple y KCl).

La carencia de N, reduce la velocidad de crecimiento de las plantas y rápidamente presenta enanismo (León, 2007); además, los requerimientos de N están directamente relacionados con la intensidad de la luz bajo la cual crecen las plantas; resultando que a sobreexposición a la luz, induce una deficiencia de N y presentan áreas de color amarillo pálido entre las venas de las hojas, condición que parece estar asociada con alta relación de carbohidratos; en tanto que, bajo condiciones de sombrero fuerte, la remoción de N de las hojas viejas por los brotes nuevos, resultan en un cierto grado de descomposición de la clorofila en las áreas intervenales de las hojas viejas, las cuales presentan manchas amarillentas.

Una planta con deficiencia de N, presenta palidez que se acentúa de abajo hacia arriba, con necrosis apicales únicamente en las hojas bajas. La clorosis nítrica en estado avanzado se caracteriza por color verde pálido uniforme, que afecta incluso a las nervaduras (León, 2007).

Para el cultivo de maíz, los requerimientos de N son de 21 kg ha<sup>-1</sup>, 94 kg ha<sup>-1</sup>, 84 kg ha<sup>-1</sup>, 54 kg ha<sup>-1</sup> y de 16 kg ha<sup>-1</sup> de N, a los 25 días, 50 días, 75 días, 100 días de edad y madurez, respectivamente, dando un total de 269 kg ha<sup>-1</sup> (IPNI, s.f).

### **2.1.1.1. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz**

Un limitante en el rendimiento del maíz es el N, por actuar en la síntesis de proteínas, siendo esencial para toda actividad metabólica de la planta y su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo; por ende, menor crecimiento y expansión, afectando la captación de la radiación fotosintéticamente activa (Torres, 2014). Un abastecimiento de las cantidades adecuadas de cada nutriente, durante las etapas de desarrollo de la planta, es esencial para el crecimiento óptimo del cultivo, siendo que la absorción de los nutrientes se inicia al momento de emerger la plántula del suelo en cantidades pequeñas, presentando un requerimiento total aproximado de N, en maíz de alto rendimiento de grano de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , para un rendimiento de  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  (INPOFOS, 1997).

Para conseguir los máximos rendimientos, es importante conocer los momentos de máxima absorción y la cantidad de cada nutriente requerido durante la época de máximo crecimiento; sin embargo, esto varía según la región o material genético, que según el INPOFOS (1997), no hay normas de curvas de absorción, solo referenciales o guías generales.

### **2.1.1.2. Criterio de balance de nitrógeno para determinar las necesidades de fertilización.**

La oferta de N, para cubrir las necesidades del cultivo, según Torres (2014) proviene del:

- Nitrógeno de nitratos disponible a la siembra a profundidad de 0 cm a 60 cm.
- Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada.
- Nitrógeno del fertilizante el manejo del fertilizante debería contemplar qué pérdidas de nitrógeno por: volatilización del amoníaco, lixiviación de nitratos, denitrificación, uso del criterio de balance, etc.

El N, tiene relación directa con el costo/beneficio por la elevada respuesta que presenta el cultivo de maíz, por ende hay que definir el nivel crítico de N disponible, es decir, la disponibilidad de N con la cual se llega a un máximo, en el rendimiento, diferentes autores indican que el umbral crítico de N disponible oscila en valores entre  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  (Salvagiotti, Pedrol, Castellarin, Capurro, Felizia, Gargicevich, y Trentino, 2001).

### 2.1.2. Fósforo

En suelos bajos en P, independientemente del sistema de labranza, las aplicaciones de fertilizantes, en banda subterránea o colocando de 15 cm a 20 cm bajo el suelo, al inicio de siembra es muy beneficioso si comparado con aplicaciones al voleo (INPOFOS, 1997).

La aplicación de otros nutrientes pueden estimular la absorción de P, así el calcio (Ca) en suelos ácidos y el S, en suelos alcalinos parecen incrementar la disponibilidad de P, igual que lo hace el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Sin embargo, la fertilización con Zinc (Zn), en un cultivo que está al borde de una deficiencia de P, parece restringir aún más la absorción de P (INPOFOS, 1997).

Las plantas toman de la solución del suelo la cantidad de P, que necesitan para su desarrollo por difusión, que es afectada por la concentración en la solución del suelo, temperatura y humedad del suelo (Uhart y Echeverría, s.f); cuando estas o los frutos son cosechados, el P que contienen los residuos puede retornar a la solución del suelo, ya sea directamente al descomponerse o indirectamente al ser consumidos por los microorganismos y convertirse más tarde en parte de la materia orgánica (León, 1998).

El P, es absorbido principalmente en forma de monofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y difosfato ( $\text{HPO}_4$ ), elemento indispensable para las reacciones que controlan la síntesis de proteínas (Rosero, 1997); parte de las moléculas de adenosina difosfato (ADP) y adenosina trifosfato (ATP), fotosíntesis, fijación de N y estimula el desarrollo de raíces, especialmente las fibrosas (van Straaten, 2007).

Para maíz de alto rendimiento de grano, la absorción aproximada de P, es de  $77 \text{ kg ha}^{-1}$  para alcanzar un rendimiento de  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ ; mas, la mayoría de los cultivos tienen problemas para conseguir suficiente P, pudiendo ser el factor más limitante para la producción de cultivos en el mundo, comparado con otras deficiencias, toxicidades y enfermedades (INPOFOS, 1997).

### 2.1.3 Potasio

El K se encuentra en el suelo en cinco formas: 1) estructural, contenido en los minerales primarios; 2) minerales secundarios, 3) adsorbido (formando quelatos con la materia orgánica del suelo), 4) intercambiable (unido electrostáticamente a las arcillas, materia orgánica y sesquióxidos) y finalmente, en la solución del suelo; estas dos últimas formas son las que se encuentran disponibles para las plantas, siendo importante su estudio, en razón de que a manera que el K presente en la solución del suelo es absorbida por las raíces de las plantas o lixiviado, el K intercambiable que es una reserva de nutriente pasa a reponer ésta, para conseguir el equilibrio (Fassbender y Bornemisza, 1987).

El K es absorbido por las plantas de forma iónica, mayormente vía difusión (van Straaten, 2007) y en menor proporción por flujo en masa (van Raij, 2011) y junto con el N, son los dos principales nutrientes requeridos por el cultivo de maíz (Coelho, 2008), donde juega un papel fundamental en el metabolismo de las plantas, por ser necesario para casi todas las funciones metabólicas como fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, metabolismo del N y translocación de los hidratos de carbono (Rosero, 1997; Bernal, 2002).

Actúa como activador de enzimas y ayuda al crecimiento de tejidos meristemáticos y contribuye a la formación de tejidos fuertes y resistentes a los ataques fúngicos y de insectos (Padilla, 2005; Yamada, Terry y Espinosa, 2005).

Este elemento, tiene una función específica en la economía del agua de la planta, ya que controla el movimiento de los estomas, que al activar su cierre limita la transpiración, generando en la planta resistencia a la sequía (Owen, 1993). Es de mucha importancia mantener niveles adecuados de K, en el suelo porque éste nutriente no se mueve mucho, con excepción de suelos arenosos y orgánicos (INPOFOS, 1990).

La mayor absorción de K en las plantas, sucede durante la fase de crecimiento vegetativo (van Raij, 2011) y hasta finalizar el ciclo; en maíz de alto rendimiento de grano la necesidad es  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  para tener un rendimiento de  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  (INPOFOS, 1997).

#### 2.1.4. Calcio

El calcio (Ca), es parte de la estructura de minerales como la dolomita, calcita, apatita y feldespatos, que aportan este elemento y resulta el catión predominante en el suelo, ocupando normalmente el 70% o más de los sitios de intercambio; predominando en suelos áridos y siendo bajos en suelos del trópico y de pH bajos (INPOFOS, 1997; van Raij, 2011).

Es absorbido en forma de  $\text{Ca}^{2+}$  y transportado principalmente por el xilema en parte por el floema; una vez en la hoja, el Ca se vuelve inmóvil (Dechen y Nachtigall, 2007).

Las funciones del Ca, están relacionadas con el desarrollo del meristemo a nivel celular y según Hepler (2005), facilita la división y alargamiento de las células del meristemo, consolida las membranas celulares del meristemo, regula la permeabilidad de las membranas de la célula, actúa como barrera física.

En las vacuolas las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  es siempre alta y baja en el citoplasma, siendo que la salud celular y de la planta entera depende de la distribución de Ca, desde las vacuolas que actúan como órgano de almacenamiento. La presencia de concentraciones altas de este elemento en el citoplasma, resulta tóxico por precipitar al P (Hepler, 2005).

Para un rendimiento de  $9,0 \text{ t ha}^{-1}$  de maíz, extrae del campo alrededor de  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca y la necesidad total es de  $27 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca, que deben ser restituidos al suelo para mantener la fertilidad y el balance (INPOFOS, 2002).

#### 2.1.5. Magnesio

El Mg es el octavo elemento más abundante en la corteza terrestre, variando las cantidades según el origen del suelo y encontrándose en las formas no intercambiable, intercambiable y en la solución del suelo; es absorbido por las plantas como  $\text{Mg}^{2+}$ , siendo afectada por la disponibilidad de  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  (Dechen y Nachtigall, 2007).

Este catión es el átomo central de la molécula de clorofila, por lo tanto está involucrado activamente en la fotosíntesis (Thomson y Troeh, 1982); se inmoviliza cuando en el

follaje el Mg, se encuentra del 6 % al 25%, proporción que aumenta linealmente con el nivel de deficiencia de Mg y puede alcanzar o exceder el 35%. La mayor parte del Mg, está involucrado en el balance entre cationes y aniones, ayudando a mantener el pH en el interior de la célula (Dubos, Caliman, Corrado, Quencez y Tailliez, 2000).

El Mg tiene efectos muy específicos en la protección de la planta contra la toxicidad del Aluminio (Al) (Cakmak y Yazini, 2010), siendo su absorción dependiente de las características del suelo de cada lugar, tipo y condición; además, de la saturación en el suelo de diferentes cationes como Ca y K, creando competencia en la disponibilidad y absorción; así, con el uso frecuente de cloruro de potasio o sulfato tiene un efecto depresivo sobre los contenidos de Mg (Dubos et al., 2000).

Un rendimiento de 9,0 t ha<sup>-1</sup> de maíz extrae del campo alrededor de 8 kg ha<sup>-1</sup> de Mg y la necesidad total es de 27 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, que deben ser restituidos al suelo para mantener la fertilidad y el balance (INPOFOS, 2002).

#### **2.1.6. Azufre**

Se estima que el S es el noveno elemento más abundante en el planeta, en forma libre se encuentra en los depósitos volcánicos sedimentales y en el suelo se encuentra en forma inorgánica y orgánica; en tanto que en la solución del suelo, está presente como ion sulfato (Dechen y Nachtigall, 2007).

En la mayoría de los suelos la fracción orgánica constituye la mayor proporción del S total y su necesidad está muy relacionada con la cantidad de N disponible para la planta (INPOFOS, 1997), siendo que la elevación del pH del suelo incrementa su disponibilidad (Silva, 1998); se transporta en la solución del suelo por el mecanismo de flujo de masa, absorbido principalmente como anión sulfato (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>) (van Straaten, 2007).

En las plantas, aproximadamente el 90 % de este elemento es encontrado en las proteínas, siendo también esencial para la formación de vitaminas (tiamina y biotina) y aceites como los glucósidos (van Straaten, 2007), que dan olor característico a la cebolla, ajo, mostaza y otros vegetales (Malavolta, Vitti y de Oliveira, 1997).

Las necesidades de S, por la planta de maíz es baja y varía entre 15 kg ha<sup>-1</sup> y 30 kg ha<sup>-1</sup>, para producciones de alrededor de 7 t ha<sup>-1</sup>, siendo que las respuestas a la aplicación de este elemento actualmente, tiende a responder por el corriente uso de fórmulas de fertilizantes sin S (Coelho, 2008).

#### **2.1.7. Relaciones catiónicas y bases intercambiables**

No debe existir interpretación independiente de cationes sino individual y en conjunto por encontrar variaciones en las relaciones, dependiendo del predominio de un catión sobre otro, pudiendo ocasionar antagonismos o sinergismos, principalmente en las relaciones Ca/Mg, Mg/K y (Ca+Mg)/K, que son afectadas por la presencia del catión NH<sub>4</sub>, que provoca cambios, tornándolos muy precarios en el metabolismo vegetal (Padilla, 2001).

#### **2.1.8. Antagonismos y sinergismos de los nutrientes**

En el sinergismo, la adición de un factor puede hacer a otro más eficiente y en el antagonismo, la adición de un factor tiene un efecto directo supresor o antagónico sobre otro factor (Bertsch, 1998); casos normales son los contenidos adecuados de P, que provocan mayor absorción de boro (B) y Zn; una disminución de la absorción de manganeso (Mn), hierro (Fe) y cobre (Cu) (Muñoz, 2002); el B, afecta el metabolismo del N y el K, interactúa con el N; el Mg, es indicado que interactúa con el K, de tal forma que altas aplicaciones de K, limitan la absorción del Mg y viceversa (Bernal, 2002); así mismo, el contenido de P, influye positivamente sobre el contenido de N y viceversa; es decir, a mayor concentración de P, habrá mayor concentración de N (Owen, 1993).

#### **2.1.9. Híbridos de maíz**

El maíz, ha sido el principal cultivo alimenticio a ser sometido a transformaciones tecnológicas en su cultivo y en su productividad, siendo rápida y ampliamente difundidas. Dentro de éstas, la hibridación es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento (Paliwal, 2015).



La introducción de varios genotipos de maíz con alto potencial de rendimiento especialmente los híbridos, ha permitido superar los promedios obtenidos a nivel nacional de  $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ ; pero, estos rendimientos no son progresivos ni estables, por el deficiente manejo tecnológico de los cultivos, especialmente en la aplicación de los fertilizantes nitrogenados (Suarez, 2015).

Investigaciones de nuevos híbridos de maíz, han demostrado que demandan mayor cantidad de N, que las variedades antiguas, especialmente después de la floración. Estos estudios determinaron que los nuevos híbridos (después de los años 90) absorbieron 27% más de N del suelo, que híbridos liberados antes de 1990 (INTAGRI, 2015).

La mayor capacidad de absorber el N, por los nuevos híbridos, contribuye a obtener rendimientos superiores, a pesar de que el contenido de este en los granos actualmente sea menor. La mayor parte del N, encontrado en los granos es absorbido directamente del suelo en la época de llenado y otra parte resulta de la movilización de las hojas y tallos de la planta (INTAGRI, 2015).

La dinámica de absorción del N, es importante también para entender como otros nutrimentos son afectados por este elemento. Se ha comprobado que el nivel óptimo de N, incrementa la habilidad de las plantas para absorber P, K y S (INTAGRI, 2015).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Sitio de estudio

#### 3.1.1. Localización<sup>1</sup>

La presente investigación se desarrolló en el predio Santa Marianita, perteneciente a la empresa Marejal S.A., ubicado en el sector Los Ángeles, km 54 de la vía Santo Domingo – Quevedo, margen derecho, perteneciente a la parroquia Patria Pilar del cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, con altitud de 160 m.s.n.m., latitud 00°37'24''S y longitud 79°26'53''W.

#### 3.1.2. Características climáticas<sup>2</sup>

En el sitio, la temperatura promedio es de 24,6 °C; heliofanía de 760,1 h luz año<sup>-1</sup>; humedad relativa de 82,36%; precipitación anual de 3337,1 mm año<sup>-1</sup>. La velocidad media del viento de 0,50 m s<sup>-1</sup>.

#### 3.1.3. Características Edáficas

Los suelos pertenecen al orden Andisoles, originarios de cenizas volcánicas, con topografía ligeramente ondulada, contenido de materia orgánica baja (2,3%), pH de 5,6 (medianamente ácidos) y de textura franca<sup>3</sup>. Las características químicas de los primeros 20 cm de suelo se presentan en la Tabla 3.1 y los datos de la caracterización química y física, a diferentes profundidades del lote experimental, en las Tablas 3.2. y 3.3.

---

<sup>1</sup>GPS marca GARMIN 62sc.

<sup>2</sup>FUENTE: INAMHI Estación Meteorológica Puerto Ila, promedios del período 1995-2012.

<sup>3</sup>Mejía, L. V. (1997). Mapa General de Clasificación por Capacidad – Fertilidad: Suelos del Ecuador.

**Tabla 3.1. Características químicas de suelos de lote experimental, a profundidad de 0 – 20 cm**

Profundidad (cm)	pH <sup>1</sup>	NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
		mg kg <sup>-1</sup>			meq / 100 ml			mg kg <sup>-1</sup>				
0 - 20	5,6 MeAc <sup>1</sup>	18 M	14 M	4,0 M	0,3 M	6,0 M	1,0 M	2,0 B	3,8 M	107,0 A	2,9 B	0,18 B

<sup>1</sup>, MeAc= medianamente ácido; <sup>2</sup>, A= Alto, M= medio, B= bajo.

**Tabla 3.2. Resultados de análisis químicos de suelos, según los horizontes encontrados en el lote experimental**



Horizonte	Profundidad (cm)	pH <sup>1</sup>	Ac	NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg
				mg kg <sup>-1</sup>			meq / 100 ml		
Oa	0 - 9	5,2	Ac	32 M <sup>2</sup>	47 A	36 A	0,53 A	6 M	0,6 B
A	9 - 20	5,0	Ac	17 B	15 M	27 A	0,36 M	6 M	0,6 B
B	20 - 60	5,6	MeAc	12 B	5 B	29 A	0,57 A	7 M	0,9 B
B <sub>1</sub>	60 - 84	5,8	MeAc	10 B	7 B	30 A	0,31 M	7 M	0,7 B
A <sub>1</sub>	84 - 93	5,9	MeAc	8 B	7 B	16 M	1,13 A	8 M	1,1 M
A <sub>2</sub>	93 - 104	6,0	MeAc	8 B	5 B	16 M	1,37 A	9 A	1,9 M
B <sub>t</sub>	>104	6,1	Lac	9 B	9 B	14 M	1,18 A	10 A	2,1 A

<sup>1</sup>, Ac= ácido, MeAc= medianamente ácido; <sup>2</sup>, A= Alto, M= medio, B= bajo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Zn	Cu	Fe	Mn	B
		mg kg <sup>-1</sup>				
Oa	0 - 9	2,9 M <sup>1</sup>	6,0 A	168 A	4,4 B	0,56 M
A	9 - 20	3,1 M	6,3 A	169 A	3,7 B	0,96 M
B	20 - 60	5,2 M	8,4 A	167 A	2,8 B	0,83 M
B <sub>1</sub>	60 - 84	2,9 M	4,4 A	122 A	1,8 B	0,59 M
A <sub>1</sub>	84 - 93	5,4 M	5,4 A	131 A	2,4 B	0,94 M
A <sub>2</sub>	93 - 104	7,3 A	8,6 A	127 A	2,4 B	0,87 M
B <sub>t</sub>	>104	8,6 A	9,4 A	119 A	2,3 B	0,71 M

<sup>1</sup>, A= Alto, M= medio, B= bajo.

**Tabla 3.3. Resultados de análisis físicos de suelos, según los horizontes determinados en el lote experimental**

Horizonte	Profundidad (cm)	Color		Arena %	Limo %	Acilla %	Clase textural <sup>1</sup>	Estructura <sup>2</sup>	Poros <sup>3</sup>	Consistencia	Consistencia		Concrecencias Cantidad <sup>6</sup>	Dureza	Rai ces <sup>7</sup>	Macro fauna	Piedra
		Seco	Húmedo								Seco <sup>4</sup>	Plástico <sup>5</sup>					
Oa	0 - 9	7.5YR 6/4	7.5YR 4/3	35	54	11	Frco-L	Gr	Medios	Débil	MF	NP	0	-	F	Si	No
A	9 - 20	7.5Y5 6/3	7.5YR 4/4	43	50	7	Frco-L	Gr	Pequeños	Débil	MF	NP	0	-	F	No	No
B	20 - 60	7.5YR 6/4	7.5YR 4/4	43	50	7	Frco-L	Gr	Pequeños	Débil	MF	NP	MP	-	F / G	No	No
B <sub>1</sub>	60 - 84	7.5YR 6/4	7.5YR 3/4	41	48	11	Frco	Bl-Sa	Medios	Débil	MF	NP	MP	-	F / G	No	Vidrio
A <sub>1</sub>	84 - 93	7.5YR 6/4	7.5YR 4/6	35	44	21	Frco	Gr	Medios	Moderada	MF	NP	0	-	F	No	No
A <sub>2</sub>	93 - 104	7.5Y5 6/3	7.5YR 4/4	35	38	27	Frco	Gr	Medios	Moderada	MF	NP	0	-	F	No	Cerámica
B <sub>t</sub>	>104	7.5Y5 6/6	7.5YR 4/6	45	30	25	Frco	Gr	Pequeños	Débil	MF	LP	0	-	F / G	No	No

<sup>1</sup>Frco-L= Franco Limoso, Frco= Franco; <sup>2</sup>, Gr= Granular, Bl-Sa=Bloques subangulares; <sup>3</sup>, medios= 2-5 mm, Pequeños= 1-2 mm; <sup>4</sup>, MF=muy friable, <sup>5</sup>, NP= no plástica, LP= ligeramente plástica; <sup>6</sup>, MP= muy poco < 5%; <sup>7</sup>, F= finas, G= gruesas.

### 3.2. Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos

- Semilla del híbrido promisorio de maíz del INIAP, Estación Experimental Portoviejo.
- Balanza marca CAMRY modelo EHA-601 con precisión de 0,01g.
- Balanza gramera digital de 0,1g hasta 4000g; marca OHAUS Scout.
- Calibrador de marca noñuz.
- GPSMAP® marca GARMIN 62sc.
- Determinador de humedad de granos marca CASE HI, Agriculture.
- Estufa marca MEMMERT.
- Espectrofotómetro de absorción atómica marca Shimadzu, modelo AA-6800.
- Espectrofotómetro de luz ultravioleta marca Cole Parmer modelo 1100.
- Equipo Destilador-digestor Microkjeldahl.

### 3.3. Factores, niveles, tratamientos, diseño experimental y variables en estudio

#### 3.3.1. Factores y niveles

En este estudio se evaluó el factor nitrógeno en los niveles de 0, 66, 132, 198 kg ha<sup>-1</sup>.

#### 3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos en estudio corresponden a los niveles del factor N (Tabla 3.4), los cuales fueron aplicados quincenalmente a partir de la fecha de siembra hasta los 45 días, en fracciones de 30%, 50% y 20% de total del fertilizante nitrogenado (Anexo 3).

**Tabla 3.4. Tratamientos evaluados para determinar la variación en la absorción de macronutrientes y eficiencia del N en un híbrido promisorio de maíz. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

Tratamiento	Dosis N (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0
T2	66
T3	132
T4	198

### 3.3.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%, usando para el efecto el software InfoStat versión 2015. El esquema del ADEVA se presenta en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Descripción del análisis de variancia (ADEVA)**

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Total	rt -1	15
Repeticiones	r-1	3
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	(r-1)(t-1)	9

### 3.3.4. Características del ensayo y unidades experimentales

La unidad experimental estuvo conformada como se indica a continuación:

- Área de la unidad experimental: 16m x 6m = 96m<sup>2</sup>
- Área útil de la unidad experimental: 14,4m x 4,40m = 63,36m<sup>2</sup>
- Número de unidades experimentales: 16
- Número de hileras por unidad experimental: 20
- Distancia entre plantas: 0,20 m
- Distancia entre hileras: 0,80 m
- Número de plantas por unidad experimental: 600
- Número de plantas por tratamiento: 2400
- Número de plantas ha<sup>-1</sup>: 62500

### **3.3.5. Variables de estudio**

#### **Altura de planta**

Inicialmente se marcaron diez plantas al azar y el registro de la altura fue usando un flexómetro, determinando la distancia entre la superficie del suelo y la “V” formada por la hoja recientemente emitida. La evaluación se realizó quincenalmente, hasta la emisión de la flor masculina (60 días después de la siembra (DDS)), siendo expresados los promedios en centímetros.

#### **Diámetro de tallo**

En las diez plantas usadas para evaluar la altura, se determinó esta variable con ayuda de un calibrador vernier, colocado a nivel del primer entrenudo. Las evaluaciones fueron realizadas quincenalmente, hasta los 105 DDS y los promedios expresados en milímetros.

#### **Altura de inserción de mazorca**

A la cosecha se tomaron diez plantas al azar y con ayuda de una regla graduada en centímetros, se procedió a registrar la altura de planta, considerando la distancia desde la superficie del suelo, hasta el punto de inserción de la mazorca principal y los datos promedios fueron expresados en centímetros.

#### **Longitud y diámetro de mazorca**

Al momento de la cosecha y empleando una regla graduada en centímetros, se procedió a determinar la longitud (base hasta la punta) y diámetro (parte central) de 10 mazorcas colectadas al azar dentro del área útil y sus resultados promedios se expresaron en centímetros.

### **Porcentajes de mazorcas sanas, mal polinizadas y podridas**

A la cosecha se contó el número total de mazorcas colectadas (100%) en el área útil, de éstas se separaron y contaron aquellas mazorcas mal polinizadas, podridas y por diferencia las sanas, cuyos resultados fueron expresados en porcentaje del total.

### **Días a la floración**

Cuando las plantas tuvieron 55 días DDS, se contabilizó en cada tratamiento y repetición el número de plantas que presentaban flor masculina (panoja) y los resultados fueron transformados en porcentaje del total de plantas por parcela.

### **Rendimiento**

Se determinó el peso húmedo de grano cosechado (PHG) en cuatro hileras de cuatro metros de longitud (12,8 m<sup>2</sup>) que se consideró como área de cosecha (AC); además, se determinó el porcentaje de humedad del grano a la cosecha (HG), tomando una muestra de 100 g de grano de maíz. El resultado fue expresado en kilogramos por hectárea, ajustado al 13% de humedad. Para el cálculo se utilizó la ecuación 1.

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{PHG} * (\text{100} - \text{HG}) / 87) * (\text{10000} / \text{AC}) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

### **Materia seca de la biomasa (MS)**

Se determinó la cantidad de materia seca de la planta con frecuencia de 15 días a partir de la siembra, hasta la madurez fisiológica (punto negro en la base del grano) en 105 DDS.

Para la primera evaluación a los 15 DDS se arrancaron 12 plantas parcela<sup>-1</sup>, a los 30 DDS, seis plantas parcela<sup>-1</sup> y las demás evaluaciones se colectaron dos plantas parcela<sup>-1</sup>, las mismas que fueron seccionadas según la edad en parte vegetativa (tallo, hojas y brácteas), tuza y grano, llevadas al laboratorio, donde fueron lavadas suavemente con agua de llave y posteriormente con agua destilada.

Se dejaron secar al ambiente y luego determinado el peso fresco (PF), colocado en una funda de tela identificada con el número de tratamiento y repetición respectiva; seguidamente se colocó en la estufa a 60°C por 72 horas, para luego dejar enfriar y registrar el peso seco (PS). Para conseguir el valor de MS ha<sup>-1</sup>, se usó la ecuación 2:

$$\text{MS(kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{PS muestra} / \text{n}^{\circ} \text{ plantas muestra}^{-1}) * 62500 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

### **Curva de absorción de nutrientes**

Esta variable se determinó en la materia seca de cada una de las secciones vegetativas (parte vegetativa, tuza y grano), colectada con frecuencia de 15 días, hasta la madurez fisiológica (105 DDS).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos Tejidos Vegetales y Aguas del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), usando para determinar N, el método de Microkjeldahl y leído por titulometría; en tanto que la mineralización nítrico-perclórica, en relación 5:1, para P y S cuantificado por Turbidimetría y K, Ca y Mg en espectrofotómetro de absorción atómica, todos los resultados se expresaron en porcentaje.

Para determinar la cantidad de macronutrientes absorbidos, se usó el peso de materia seca por hectárea (PMS), las concentraciones de nutrientes (X) presentes en los tejidos y con ayuda de la ecuación 3, se determinó la absorción del elemento por hectárea y edad del cultivo.

$$\text{Absorción de X (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{PMS} * \text{X})/100 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

### **Eficiencia de recuperación de nitrógeno aplicado**

Para conocer la eficiencia de recuperación de N, se emplearon los valores de absorción encontrados a los 110 DDS y las cantidades de elemento aplicado con el fertilizante, que fueron ajustados a la ecuación 4, sugerida por Dobermann y Fairhurst (2012).

$$\text{ERN} = ((\text{QNPF} - \text{QNPT})/\text{QNA}) \quad \text{(Ecuación 4)}$$



Dónde:

ERF = Eficiencia de recuperación de fertilizante (nitrógeno).

QNPF = Cantidad de N absorbido en plantas fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

QNPT = Cantidad de N absorbido en la parcela testigo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

QNA = Cantidad de N aplicado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

### **Incremento en absorción de nutrientes**

Para los elementos P, K, Ca, Mg y S, se consideraron los valores de nutrientes absorbidos a los 120 DDS y para el cálculo, se utilizaron los valores de absorción de nutrientes en los tratamientos con aplicación de N (AN), menos el registrado con la dosis  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (AN0), asumiendo que este último dato fue resultado de la absorción total del fertilizante básico y de la reserva natural del suelo. Para el efecto se utilizó la ecuación 5, donde los valores resultantes, correspondieron al incremento en absorción del elemento (IAN) por efecto de las dosis de N aplicado.

$$\text{IAN} = \text{AN} - \text{AN0}$$

(Ecuación 5)

### **3.4. Manejo del experimento**

El lote seleccionado estuvo sembrado por 18 años con palma aceitera, que fue eliminada un año antes de la siembra del ensayo y el pH del suelo determinado en laboratorio fue de 5,2; por lo que en septiembre 2 del 2014, se realizó la aplicación de  $3,3 \text{ t ha}^{-1}$  de cal dolomita (30% de CaO, 8% de MgO, 3% de  $\text{SiO}_2$  y 0,2% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Después de permanecer nueve meses en barbecho, se realizó la limpieza del lote con motoguadaña, se colectó una muestra compuesta de suelos (16 submuestras) a profundidad de 0,00 m a 0,20 m, para análisis de sus características físicas y químicas en el Laboratorio de Suelos y Aguas del DMSA de la EETP del INIAP.

Se delimitaron las parcelas y se sembró en julio 11 del 2015, usando el sistema de siembra directa, con espeque de madera para abrir los hoyos, a las distancias establecidas para alcanzar una población de  $62500 \text{ plantas ha}^{-1}$ . Se empleó un híbrido promisorio de maíz,

obtenido por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Portoviejo (EEP) del INIAP.

Para el control de malezas en pre-siembra se aplicó glifosato y atrazina en dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> y 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, en su orden; en post emergencia, se realizó de forma manual con machete.

Preventivo al ataque de insectos, junto con los herbicidas pre emergentes se aplicó clorpirifos 1 L ha<sup>-1</sup> y a los 12, 15 y 45 DDS, methomil 0,200 kg ha<sup>-1</sup>, preventivo al ataque de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

La fertilización básica, fue en base a 46 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 50 kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 40 kg ha<sup>-1</sup> de S, aplicados a chorro continuo al lado de la hilera, donde el 100% del P, fue colocado a la siembra usando superfosfato triple (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), el K, como muriato de potasio (60% de K<sub>2</sub>O), Mg y S como sulfato de magnesio (Keiserita 25% de MgO y 20% de S) fraccionados en 50% a la siembra y 50% a los 15 DDS (Anexo 2). La fertilización nitrogenada se realizó empleando urea (46% de N) y fraccionada a los 15 DDS, 30 DDS y 45 DDS, en las proporciones antes indicadas.

La cosecha se realizó de forma manual a los 120 DDS, colectando las mazorcas del área útil de parcela (12,8 m<sup>2</sup>), llevadas al invernadero del DMSA en la EETP y fue desgranado a mano, determinando el peso y humedad de cosecha.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las variables evaluadas, las características diámetro de mazorca ( $p=0,6534$ ), porcentaje de mazorcas sanas ( $p=0,2178$ ), mal polinizadas ( $p=0,5214$ ), podridas ( $p=0,2482$ ) y los días a la floración ( $p=0,997$ ), no presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los tratamientos evaluados. A continuación se describen las variables donde se registraron efectos de las dosis de N evaluadas.

#### 4.1. Altura de planta

Los análisis de variancia para altura de planta a los 15 DDS, 30 DDS, y 60 DDS, mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0,0368$ ;  $p=0,0392$  y  $p=0,016$ ) y altamente significativas ( $p=0,0051$ ) a los 45 DDS, con coeficientes de variación que fluctuaron entre 1,63% a 6,73% (Anexo 4).

Con la aplicación de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, se observa altura de planta de 23,5 cm a los 15 DDS, valor que resultó estadísticamente diferente del resto de tratamientos; sin embargo, a partir de los 30 DDS, el tratamiento testigo ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), muestra una disminución en ritmo de crecimiento, alcanzando los 60,3 cm de altura, estadísticamente menor en 9,7 cm al conseguido con la aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, donde las plantas alcanzaron los 70 cm (Tabla 4.1).

A los 30 DDS y 45 DDS, los tratamientos con fertilización nitrogenada presentaron diferencias estadísticas significativas con el tratamiento sin fertilización; no así a los 60 DDS, donde con la aplicación de la dosis baja de N ( $66 \text{ kg ha}^{-1}$ ), alcanzó una altura de planta estadísticamente igual a los del tratamiento testigo, hecho que se podría deber a la falta de disponibilidad de N en el suelo, demostrándose en la reducción en la tasa de crecimiento de la planta.

**Tabla 4.1. Promedios de altura de planta (cm) a diferentes edades, afectadas por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm) §			
	DDS			
	15	30	45	60
0	23,7 ab	60,3 b	140,9 b	239,2 b
66	23,6 ab	66,8 ab	168,3 a	257,7 ab
132	24,4 a	70 a	175,1 a	262,2 a
198	23,5 b	68,1 ab	175,4 a	261,9 a

§= Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente.  
 DDS = Días después de la siembra.

#### 4.2. Diámetro de tallo

Los análisis de variancia para diámetro de planta determinaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p=0,0001$ ;  $p=0,0005$ ;  $p=0001$ ) entre tratamientos a los 30 DDS, 45 DDS, 60 DDS y sólo significativas ( $p=0,0174$ ) a los 105 DDS y los coeficientes de variación se presentaron en rango de 2,2% a 5,5% (Anexo 5).

Para el diámetro de planta se observan dos grupos (Tabla 4.2), donde la fertilización en dosis de 66 kg ha<sup>-1</sup> de N hasta 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultaron estadísticamente iguales (valores de alrededor de 18 mm), diferenciándose del tratamiento testigo (valores de alrededor de 16 mm) desde los 30 DDS hasta los 105 DDS; sin embargo, en esta última evaluación (madurez fisiológica), el diámetro de tallo del tratamiento de fertilización con 132 kg ha<sup>-1</sup> presentó 18,7 mm, valor estadísticamente igual al testigo (17,0 mm).

**Tabla 4.2. Promedios de diámetro de tallo (mm) a diferentes edades, afectadas por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Diámetro de tallo (mm) §			
	DDS			
	30	45	60	105
0	16,7 b	16,4 b	16,1 b	17 b
66	18,2 a	18,5 a	18 a	19,5 a
132	18,9 a	19 a	18,3 a	18,7 ab
198	19,1 a	19,6 a	18,3 a	19,7 a

§= Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente.  
DDS = Días después de la siembra.

### 4.3. Longitud de mazorca

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p=0,0099$ ), por efecto de la variación en las dosis de N (Anexo 6) y coeficiente de variación de 3,7%.

Los resultados indican que las aplicaciones de N, provocaron incrementos en longitud de mazorca mayores de 1,10 cm respecto al tratamiento testigo, que los hace estadísticamente diferentes, siendo efecto directo de la nutrición con N.

**Tabla 4.3. Promedios de longitud de mazorca (cm), afectada por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Longitud de mazorca § (cm)
0	12,49 b
66	13,86 a
132	13,88 a
198	13,61 a

§= Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente.

#### 4.4. Rendimiento

En cuanto al rendimiento expresado en  $\text{kg ha}^{-1}$  de grano comercial con 13% de humedad, esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p=0,1631$ ), por efecto de aplicación de diferentes dosis de N (Anexo 6), donde el coeficiente de variación fue 16,53%.

El máximo rendimiento alcanzado fue de  $2753 \text{ kg ha}^{-1}$ , con la aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que resultó estadísticamente igual a los restantes tratamientos y una diferencia de  $654 \text{ kg ha}^{-1}$  respecto al testigo (Tabla 4.4).

El bajo rendimiento del maíz encontrado en la investigación, fue igualmente conseguido en esta época por los productores de esta zona, que indicaban haber alcanzado máximo de  $3636 \text{ kg ha}^{-1}$ , coincidiendo que la caída de ceniza del volcán Cotopaxi, que sucedió en la época de floración (La Hora, 2015), fue el causal.

Las cenizas volcánicas pueden ocasionar daño a plantaciones de maíz, cuando las plantas se encuentran en edades comprendidas entre tres semanas antes la floración, hasta dos semanas después de la fecundación (Desde El Surco, 2015), correspondiendo a los sucedido en la investigación, donde hubo de caída de ceniza desde los 45 DDS hasta los 60 DDS y la floración masculina (producción de polen) llegó a su máximo a los 55 DDS.

Las precipitaciones de cenizas sucedieron cuando las plantas se encontraban en estado reproductivo inicial (R1), donde podría ser afectado el estigma, provocando quemazón cuando las cenizas son ácidas (Ministry for Primary Industries, 2012); abrasión por heridas, dependiendo del origen de ésta; por tanto, impidiendo que el polen llegue a fecundar el ovario y la formación del grano. También podría ser afectado el rendimiento del cultivo por disminución en la tasa fotosintética, transpiración y respiración (Anbariloche, 2011)

**Tabla 4.4 Promedios de rendimiento de grano maíz, con el 13 % de humedad, afectado por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

<b>Dosis de N</b>	<b>Rendimiento<sup>§</sup></b>
<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>
0	2099 a
66	2647 a
132	2753 a
198	2737 a

§= Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente.

#### **4.5. Materia seca (MS) de la biomasa**

La producción de materia seca en la biomasa del maíz, presentó diferencias estadísticas significativas ( $p=0,0061$ ) a los 30 DDS; en tanto que las restantes épocas de muestreo, no hubieron diferencia estadísticas y los coeficientes de variación estuvieron en rango de 4,79% a 13,58% (Anexo 7).

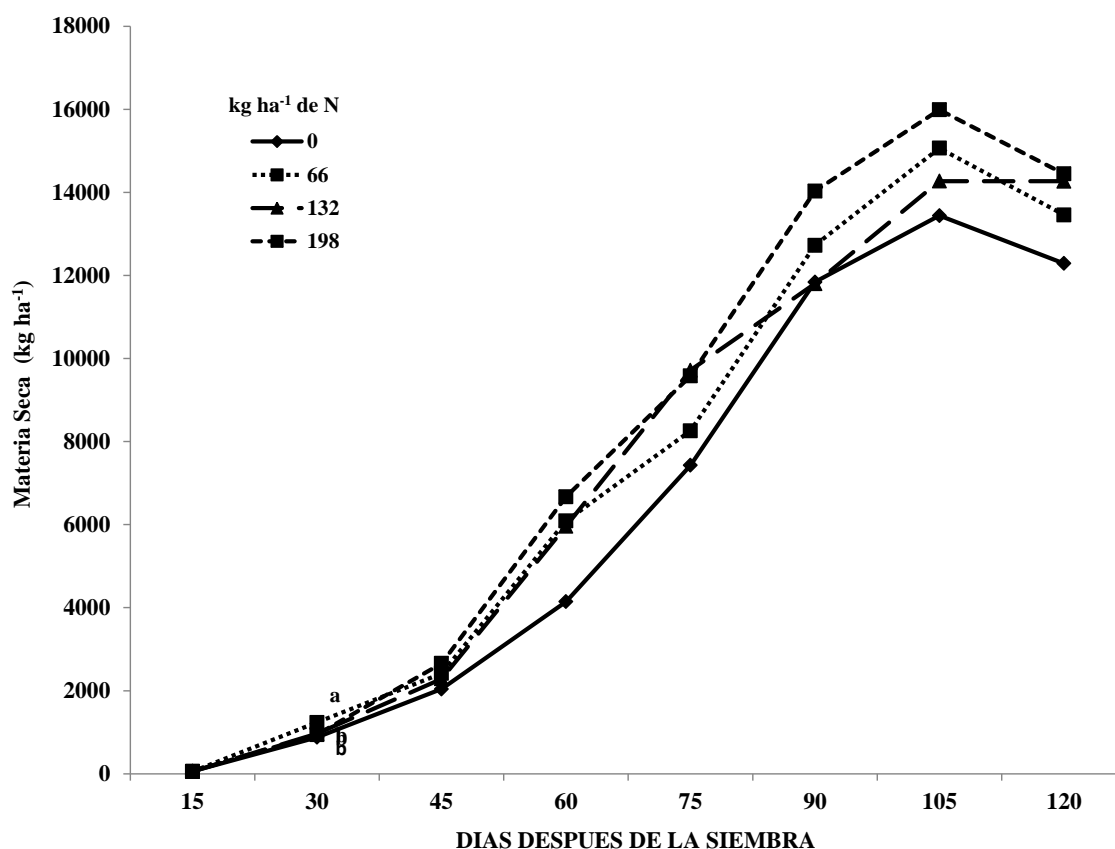
Las dosis de N aplicadas no afectaron a la producción de MS, solamente se apreciaron diferencias estadísticas altamente significativas a los 30 DDS (Figura 4.2.), donde el tratamiento de aplicación de 66 kg ha<sup>-1</sup> de N, superó significativamente a los restantes tratamientos.

Todos los tratamientos evaluados alcanzaron la máxima producción de MS a los 105 DDS, a partir del cual, ocurre pérdida de MS, esto normalmente ocurre en este tipo de trabajos y según Duarte, Kiehl, Camargo y Reco (2003) que citan a algunos autores, indican que generalmente ocurre por pérdidas de pedazos de hojas al muestreo.

La producción de materia seca del maíz alcanza un máximo cercano a 16000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, conseguido a los 105 DDS con la aplicación de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, superando a la producción alcanzada con las dosis de 66 kg ha<sup>-1</sup> y 132 kg ha<sup>-1</sup> y estas a su vez a la del tratamiento testigo, donde se registraron los valores más bajos. El valor promedio cercano a los 16000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, de este material genético, según Duarte y Paterniani, citado por

Duarte et al. (2003), son compatibles con materiales genéticos que presentan rendimientos de entre 9 y 10 t ha<sup>-1</sup> de grano.

Observando la mayor inclinación de la línea de tendencia, entre los 20 DDS y 45 DDS, resulta indicativo de que esta edad de la planta, se presenta la mayor velocidad de acumulación de MS; a partir, de esta edad de las plantas, el tratamiento de fertilización con 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, supera a las fertilizaciones de 66 kg ha<sup>-1</sup> y 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, que tienen una producción de MS intermedia y la más baja observada en el tratamiento testigo (Figura 4.1.).



**Figura 4.1. Curvas de acumulación de materia seca en un híbrido promisorio de maíz, afectado por dosis de fertilización con N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.**



## 4.6. Absorción de nutrientes

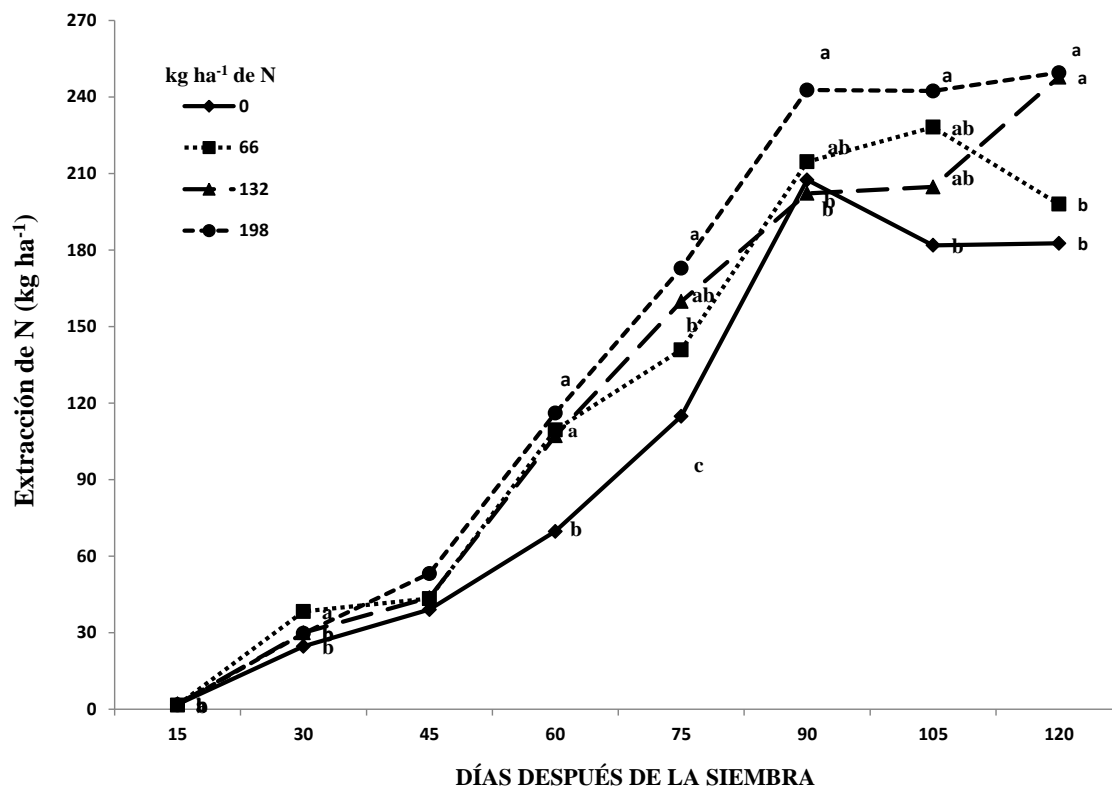
### 4.6.1. Nitrógeno

La absorción (extracción) de N, por las plantas de maíz en el experimento, mostraron que a excepción de los 45 DDS, las demás etapas de evaluación se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas por efecto de la variación en las dosis de N (Anexo 8), donde los coeficientes de variación estuvieron entre 4,84% y 13,88%.

Con la aplicación de 66 kg ha<sup>-1</sup> de N, se consiguió la mayor absorción de N a los 30 DDS, probablemente el porcentaje aplicado hasta esta edad, era suficiente para cubrir las necesidades; sin embargo, a partir de los 45 DDS aunque sin diferencias estadísticas significativas, el tratamiento de fertilización con 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, superó a las extracciones de los restantes tratamientos, encontrando diferencias estadísticas significativas con el testigo en todas las edades; en tanto que, con el tratamiento de 66 kg ha<sup>-1</sup>, mostró diferencias estadísticas significativas, solamente a la madurez fisiológica (120 DDS), (Figura 4.2.).

En los tratamientos de fertilización con N, se observa que hasta la floración (alrededor de 60 DDS) la absorción es de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, aproximadamente el 50% del total de N absorbido hasta madurez fisiológica; sin embargo, en el tratamiento testigo, la absorción de N fue de aproximadamente 60 kg ha<sup>-1</sup>, tres veces menos a los 180 kg ha<sup>-1</sup> registrados para la madurez fisiológica, estos valores corresponden a los presentados por Ciampitti, Boxler y García (2010) en Argentina, que indican que la absorción varió entre los 50 kg ha<sup>-1</sup> de N y 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, según el tratamiento de fertilización; sin embargo, Fallas, Bertsch, Echandi y Henríquez (2011) observaron que el maíz HC-57 a esta edad del cultivo, había absorbido el 80% de N total requerido en el ciclo, siendo mayormente acumulado en la parte foliar.

Observando las formas de las curvas de absorción de N, resaltan las presentadas en las edades de 15 a 30 DDS y de 45 a 50 DDS, donde existe mayor grado de inclinación, indicativo de que el maíz presenta mayor requerimiento de N disponible para su absorción.



**Figura. 4.2.** Absorción total de N en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

#### 4.6.2. Fósforo

La absorción de P, por el híbrido de maíz presentó efectos estadísticos altamente significativos (valores de  $p < 0,0006$ ) por acción de las dosis de N, aplicado en todas las edades evaluadas, excepto a los 105 DDS donde las diferencias fueron significativas ( $p = 0,0331$ ) y a los 45 DDS donde no se presentaron diferencias ( $p = 0,1085$ ) entre los niveles de N (Anexo 9) y con coeficientes de variación en rango de 4,94% a 13,17%.

Diferente a lo sucedido para la acumulación de MO y N, la acumulación de P, se registró hasta la cosecha (120 DDS), siendo que la inclinación de las curvas indica mayor extracción a las edades de 45 DDS y después de los 75 DDS, habiendo en general mayormente absorción a partir de la floración (Figura 4.3.).

Hasta la floración se consiguió la máxima absorción de P, aproximadamente  $15 \text{ kg ha}^{-1}$ , valor tres veces menor al máximo de  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  registrado a la madurez fisiológica (105 DDS), corroborando lo anteriormente indicado y coincidiendo con lo publicado por Fallas et al. (2011), quienes revelan que esta absorción tardía se debe a que el aporte del follaje no es suficiente para satisfacer los requerimientos para la formación de la mazorca, por tanto continúa la absorción directamente del suelo. Todo esto, difiere con lo expresado por Ciampitti et al. (2010), quienes indican que este elemento a la floración, es absorbido en aproximadamente el 57 % del requerimiento total hasta la madurez fisiológica.

A los 75 DDS, se observa efectos significativos en la absorción de P y acorde con las dosis de N aplicado, encontrando dos rangos, conformados el primero por las dosis de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que absorben estadísticamente igual cantidad de P, y superan al registrado con las dosis de  $66 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

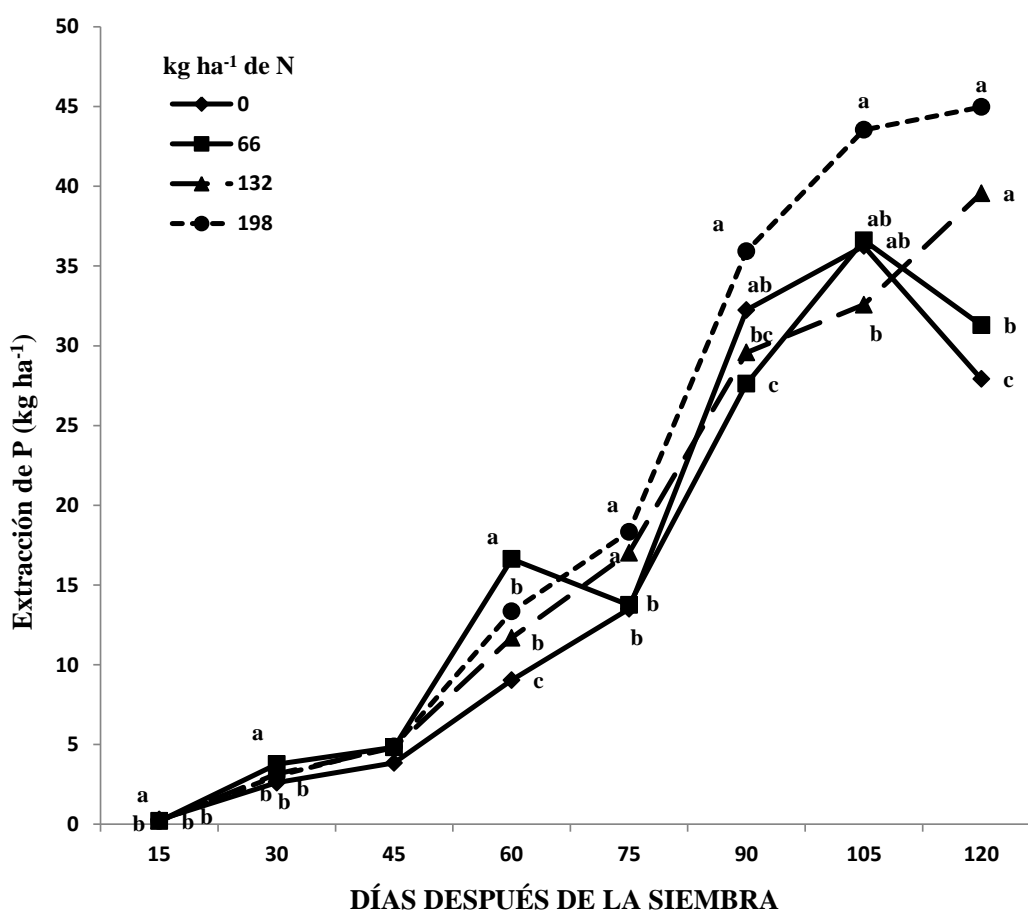


Figura. 4.3. Absorción total de P en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

Posteriormente, el ritmo de absorción de P en el tratamiento con aplicación de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, tiende a ser menor que el tratamiento de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, llegando ser estadísticamente igual a los tratamientos de 66 kg ha<sup>-1</sup> y 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, sólo al final (120 DDS) mostró mayor absorción.

#### 4.6.3. Potasio

En la absorción de K, los tratamientos de fertilización con dosis crecientes de N, presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p=0,0001$ ;  $p=0,0005$ ;  $p=0,0085$  y  $p=0,0003$ ), a los 15 DDS, 60 DDS, 90 DDS y 120 DDS, respectivamente; significativas ( $p=0,048$ ) a los 45 DDS y no significativas ( $p=0,0631$ ;  $p=0,4607$  y  $p=0,0491$ ) a los 30 DDS, 75 DDS y 105 DDS, en su orden; además, los coeficientes de variación oscilaron entre 4,86% a 13,94% (Anexo 10).

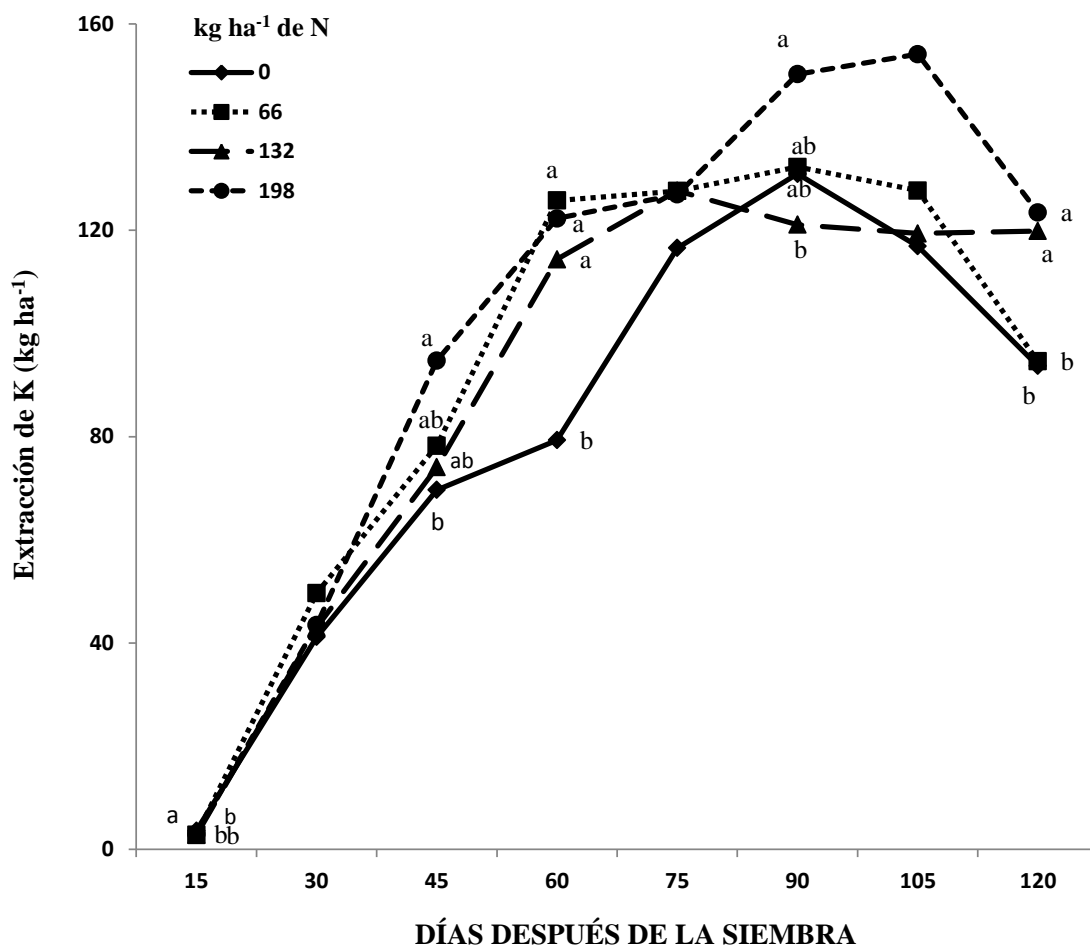
Similar a lo sucedido con la producción de MO y absorción de N y diferente a los encontrados para el P, la absorción de K es mayor en los primeros días de desarrollo (antes de la floración), concentrándose sus necesidades entre los 15 DDS y 45 DDS, reduciéndose sustancialmente a mayor edad (Figura 4.4.).

Hasta la floración la extracción de K por el maíz fue de 122 kg ha<sup>-1</sup> que corresponde al 79,4% de la máxima absorción registrada, valor que concuerda con los 75% de acumulación enunciada por Fallas et al. (2011), quienes indican que este elemento posteriormente es trasladado y utilizado para la formación de la mazorca.

A los 15 DDS, la absorción de K fue mayor en el tratamiento testigo (0 kg ha<sup>-1</sup> de N), donde se consiguió mayor absorción, presentando diferencias estadísticas con la registrada en los tratamientos de fertilización con N. Este efecto se debe al terreno, en vista de que a esta edad de muestreo, se estaba aplicando por primera vez la fertilización nitrogenada.

A partir de los 90 DDS se aprecia bajo incremento en la absorción de K (198 kg ha<sup>-1</sup> de N) y en los restantes tratamientos incluso se disminuye la extracción del elemento, este efecto según algunos autores indicados por Duarte et al. (2003), se debe a pérdidas de material

vegetal y también por lavado del elemento en la superficie de las hojas por efecto de las lluvias, hecho que normalmente sucede en esta zona, hasta en época seca (Anexo 14).



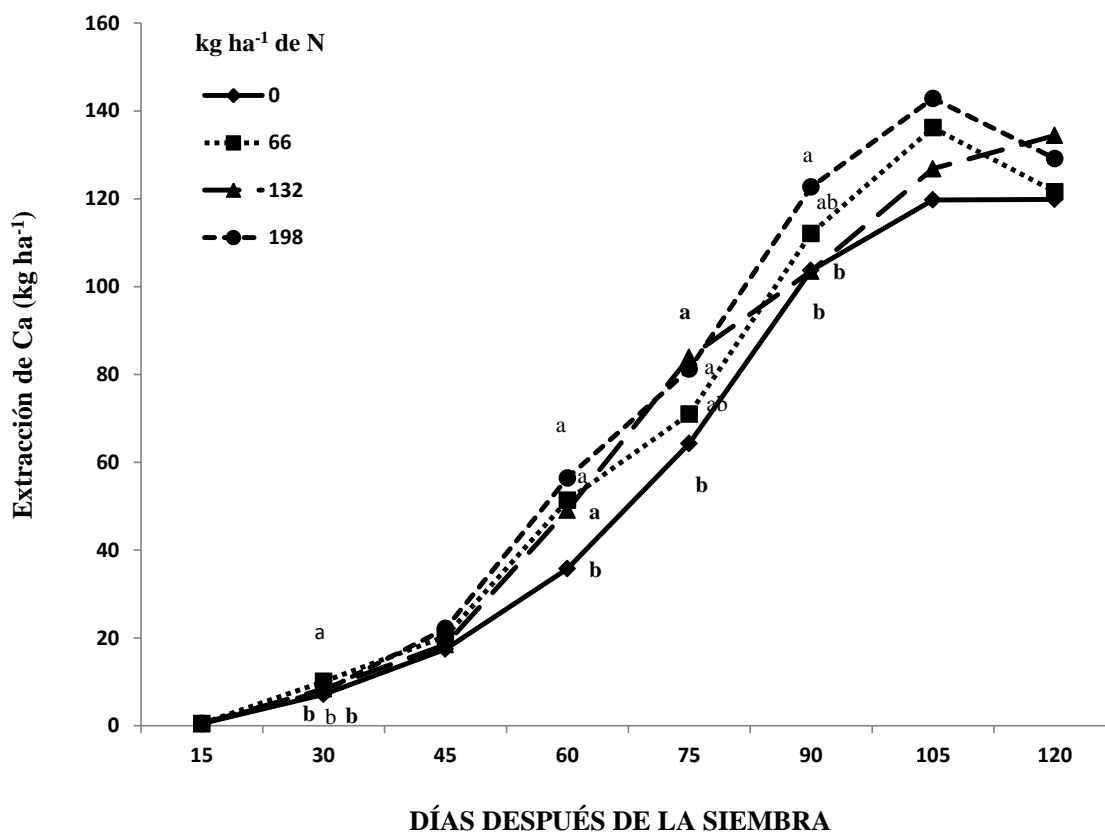
**Figura. 4.4.** Absorción total de K en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

#### 4.6.4. Calcio

Los análisis de variancia para la absorción de Ca mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p=0,0013$ ;  $p=0,0011$ ;  $p=0,0055$  y  $p=0,0063$ ), por efecto de los niveles de N aplicado a los 30 DDS, 60 DDS, 75 DDS, 90 DDS, en su orden; en tanto que a los 15 DDS, 45 DDS, 105 DDS y 120 DDS, no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0,1237$ ;  $p=0,1349$ ;  $p=0,1961$  y  $p=0,0885$ ; respectivamente). Los coeficientes de variación se encontraron en rango de 4,94% a 13,61% (Anexo 11).

La absorción del Ca sucede hasta los 105 DDS, siendo que a partir de los 45 DDS hasta los 90 DDS, se aprecia la mayor absorción según el grado de inclinación de las curvas de absorción en todos los tratamientos (Figura 4.5.), esto corresponde a lo indicado por Fallas et al. (2011), quienes mencionan que este elemento es absorbido en forma constante, solo disminuyendo al final del cultivo.

A partir de los 60 DDS se aprecia que los tratamientos de fertilización con N, provocaron mayor extracción del Ca, comparándolos con el testigo. La más alta absorción de Ca se registró con 198 kg ha<sup>-1</sup> de N.



**Figura. 4.5.** Absorción total de Ca en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

#### 4.6.5. Magnesio

Los análisis de variancia indicaron que a los 15 DDS, 60 DDS, 90 DDS y 120 DDS se presentaron diferencias altamente significativas ( $p=0,0006$ ;  $p=0,0018$ ;  $p=0,0017$  y

$p=0,0001$ ; respectivamente) en la absorción de Mg, diferencias significativas ( $p=0,0368$  y  $p=0,0408$ ) a los 30 DDS y 105 DDS, en su orden; en tanto que a los 45 DDS y 75 DDS no mostraron diferencias estadísticas ( $p=0,4649$  y  $p=0,2304$ ; respectivamente), a esto se suma los coeficientes de variación que estuvieron entre 4,12 % y 11,65% (Anexo 12).

Contrario a lo observado con los otros nutrientes, excepto el Ca, el ángulo de inclinación de la curva de absorción del Mg es menos pronunciada, siendo indicativo de menor cantidad requerida y requerimiento constante, con la misma intensidad, correspondiendo con lo indicado por Fallas et al. (2011) para Ca y Mg.

La máxima absorción se registró hasta los 90 DDS, reduciéndose posteriormente hasta la cosecha. A los 60 DDS se observa un pico de absorción, donde con la dosis de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, se observaron diferencias estadísticas en absorción, siendo similar a la conseguida con  $66 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y diferente a los de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y testigo. A los 90 DDS se registró otro pico absorción e igualmente con  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, solo que ahora presentó diferencias estadísticas significativas con los restantes tratamientos de fertilización nitrogenada (Figura 4.6.).

#### **4.6.6. Azufre**

Los tratamientos de fertilización con N, provocaron efectos estadísticos altamente significativos (valores de  $p < 0,0072$ ) en la extracción de S por las plantas del maíz, en todas las edades muestreadas excepto a los muestreos 45 DDS, 75 DDS y 105 DDS, donde no se observaron diferencias ( $p=0,1886$ ;  $p=0,0869$  y  $p=0,0736$ , respectivamente), por el contrario se encontró caída en el ritmo de absorción del elemento. Los coeficientes de variación oscilaron entre 5,84 a 13,15%. (Anexo 13).

La absorción de S, al igual que para N y K, ocurre hasta los 90 DDS (Figura 4.7.), llegando a un máximo de aproximadamente  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. Según el ángulo de las curvas de absorción, se observa tres picos de mayor requerimiento, y se presentan entre los 15 DDS y 30 DDS, 45 y 60 DDS y el más exigente entre 75 DDS y 90 DDS.

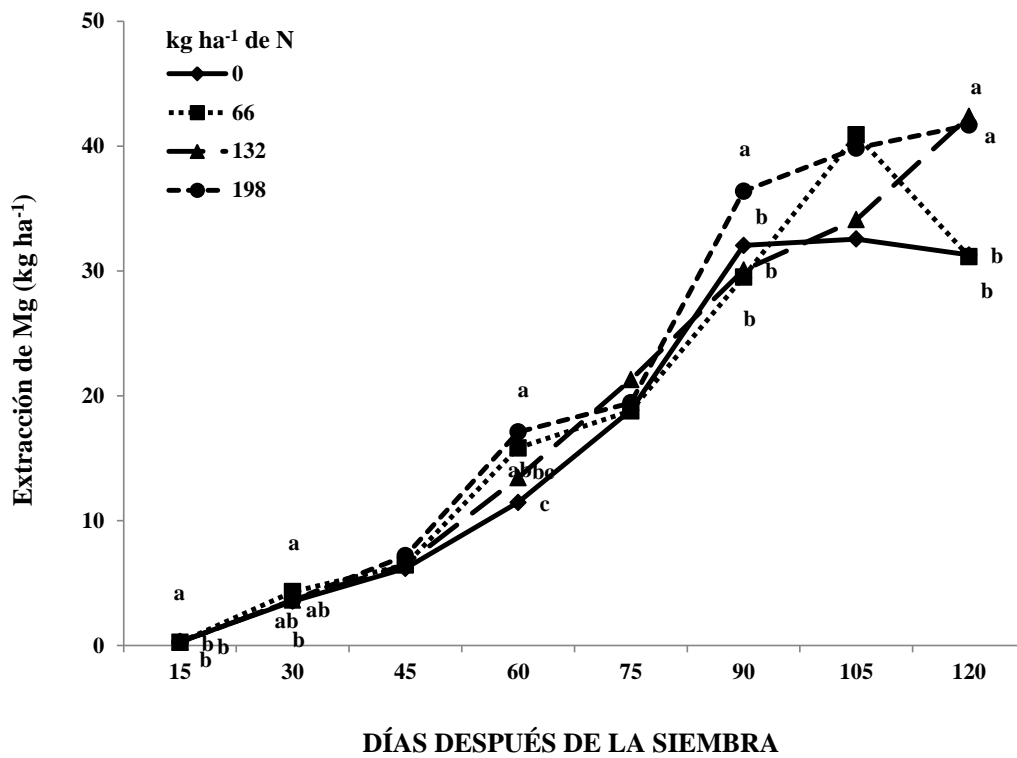


Figura. 4.6. Absorción total de Mg en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

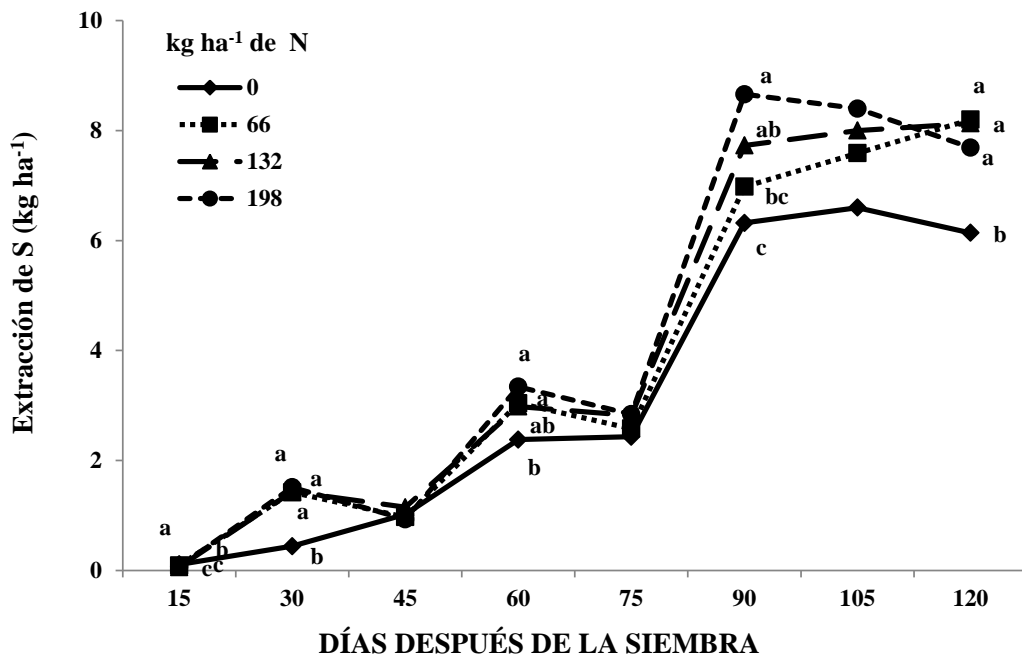


Figura. 4.7. Absorción total de S en un híbrido promisorio de maíz, por efecto de dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.



Hasta la floración el híbrido de maíz, consiguió absorber  $13 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, que corresponde al 43% de la absorción registrada a la cosecha (120 DDS), cercano al 47 % citado por Ciampitti et al. (2010) y por Fallas et al. (2011), que indican que más del 40% de S, se absorbe después de la floración.

Característica principal en este elemento es que la absorción de S en todas las edades de la planta fue mayor con la aplicación de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y estadísticamente diferente al tratamiento testigo. El mayor efecto se encontró a los 90 DDS, donde se observa que con aplicación de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, se consiguió extraer cerca de  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, que resultó estadísticamente igual al conseguido con  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, éste último estadísticamente igual al tratamiento de fertilización con  $66 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y diferente al testigo ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N).

#### **4.6.7. Dinámica de requerimiento de nutrientes**

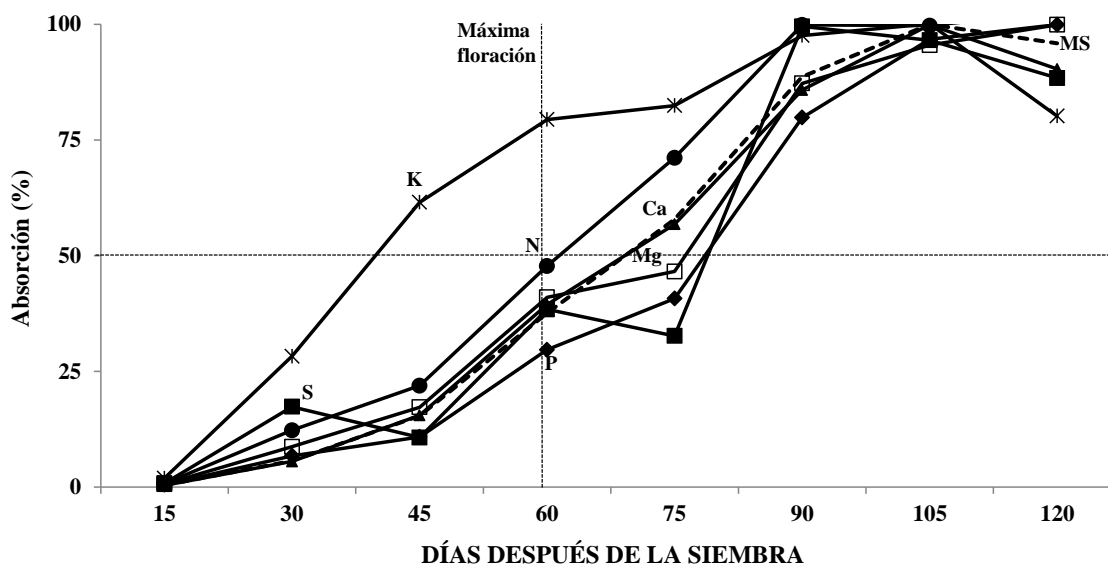
Para comprender los requerimientos nutricionales del híbrido promisorio de maíz, en la Figura 4.8., se observa que los patrones de necesidades son diferentes, según el elemento.

El K, tuvo un comportamiento diferente al resto de elementos, encontrándose que aproximadamente el 80 % del total, es absorbido rápidamente en los primeros 60 DDS (período vegetativo), hecho que concuerda con lo enunciado por Coelho (2008), que indica que en el período vegetativo del maíz, la absorción del K alcanzó el 92 % del total.

El N, es absorbido cerca del 50 % del total hasta la floración y se diferencia de la absorción del K, por presentar dos etapas; la primera desde la siembra hasta los 45 DDS, destinada para la formación de la parte aérea y una segunda, desde los 45 DDS hasta los 90 DDS, para la formación de la mazorca y llenado de grano. Este efecto también fue observado por Coelho (2008), donde consigue las dos etapas de absorción, alcanzando el 77 % del total de N hasta los 75 DDS, época en que sucedió la floración en sus materiales evaluados. Contrario a esto, Fallas et al. (2011), en el híbrido de maíz HC-57, registró el 80 % del N total absorbido, en tres épocas de absorción que llegó hasta los 60 DDS.

Seguidamente, se encuentra un grupo de elementos formados por el Ca, Mg y S, cuya absorción tiene relación directa con la acumulación de MS, alcanzando un porcentaje cercano al 40 % de la absorción total, hasta la floración (60 DDS). Similar porcentaje de acumulación de MS (45 %), fue reportado por Coelho (2008), hasta la floración; por otro lado, Fallas et al. (2011), observaron absorciones de 43 % de Ca y 40 % de Mg; en tanto que, para S, la absorción fue de 48 %, mayor a la encontrada en este trabajo.

La extracción de P por el híbrido, fue menor que los restantes elementos durante la fase vegetativa (30 % del total), observando que el mayor porcentaje de absorción sucedió en la época de formación de mazorca y llenado de grano. Esta tendencia difiere con lo reportado por Coelho (2008) y Fallas et al. (2011), cuyas extracciones, en este elemento, hasta la floración fueron de 62 % y 44 %, respectivamente.



**Figura 4.8.** Acumulación de MS, N, P, K, Ca, Mg y S en la parte aérea de plantas de un híbrido promisorio de maíz, con fertilización de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015.

#### 4.6.8. Eficiencia de uso de Nitrógeno

Esta variable que determina la relación entre la cantidad de nitrógeno absorbido del fertilizante por el cultivo, por cada kilogramo de nutriente aplicado, indica que para la

dosis de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, se consigue un valor de 0,5 kg kg<sup>-1</sup>, la mayor eficiencia de fertilización y con cantidades menores o mayores a ésta (66 kg ha<sup>-1</sup> de N y 198 kg ha<sup>-1</sup> de N) se reduce la eficiencia a 0,2 kg kg<sup>-1</sup> y 0,3 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 4.5.), indicativo de menor aprovechamiento del elemento, debido a factores como volatilización, lixiviación y nitrificación del elemento (Uhart y Echeverría, s. f.).

El valor de 0,5 kg kg<sup>-1</sup>, está acorde al rango de 0,5 kg kg<sup>-1</sup> a 0,7 kg kg<sup>-1</sup> enunciado por Coelho (2008), para maíz en Brasil y de 0,4 kg kg<sup>-1</sup> a 0,8 kg kg<sup>-1</sup> indicado por Uhart y Echeverría (s.f.), quienes además indican que este valor varía según el método de aplicación, tipo de fertilizante, dosis empleada y momento de aplicación.

**Tabla 4.5. Eficiencia de uso de N e incremento en la absorción de P, K, Ca, Mg y S en híbrido promisorio de maíz, afectado por dosis crecientes de N. Patricia Pilar, Los Ríos. 2015**

Dosis de N kg ha <sup>-1</sup>	ERN* kg kg <sup>-1</sup>	Incremento en absorción				
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
		kg ha <sup>-1</sup>				
0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
66	0,2	7,7	1,1	2,4	-0,2	1,0
132	0,5	26,7	31,5	20,4	18,4	2,0
198	0,3	39,1	35,8	13,0	17,2	3,0

\*, Eficiencia de recuperación de nitrógeno (kg de N absorbido/kg de N aplicado).

#### 4.6.9. Incremento en absorción de nutrientes.

La aplicación de dosis crecientes de N como fertilizante en el cultivo de maíz, provocan incremento en el aprovechamiento de otros elementos como se puede ver en la Tabla 4.5., así para los elementos P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y S, se presentan efectos sinérgicos hasta la dosis de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N; en tanto que, para los nutrientes CaO y MgO, responden hasta la dosis de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, valores mayores tienden a disminuir la absorción, siendo antagónica su acción, pudiendo ser debido a un desbalance catiónico provocado por el nitrógeno en forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, provocó incremento de la absorción y eficiencia de recuperación de este elemento por las plantas del híbrido promisorio de maíz.
- Las absorciones del P, K, Mg y S, fueron afectadas por la aplicación de dosis variables de N, consiguiendo las mayores extracciones con dosis de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de este elemento.
- La absorción del Ca por las plantas del híbrido, no fue afectada por la aplicación de las dosis de fertilizante nitrogenado.
- El ritmo de la absorción de nutrientes en el híbrido varió, siendo el K absorbido en mayor proporción durante la etapa vegetativa, seguido del N y el Ca, Mg y S, la extracción siguió el mismo patrón de la producción de materia seca. La extracción del P, ocurrió en mayor proporción durante la etapa reproductiva.
- La mayor eficiencia de recuperación de N en el híbrido, se consiguió con aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.
- Los mayores incrementos en la absorción de CaO y MgO, se consiguieron con aplicación de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de N y para  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y S, con la dosis de  $198 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.
- Las aplicaciones de dosis de N, mayores de  $132 \text{ kg ha}^{-1}$ , provocaron incrementos en la altura de planta y diámetro de tallo; la longitud de mazorca, se vió afectada por la aplicación de N a partir de la dosis mínima.
- El rendimiento alcanzado por el híbrido promisorio de maíz, no superó al promedio de la zona, debido a la caída de cenizas registrada en la época de floración, que afectó la polinización.

## 5.2. Recomendaciones

- Seguir con los estudios de eficiencia de N en nuevos materiales genéticos, para determinar su efecto sobre la absorción de los macro y micro nutrientes.
- Continuar con este tipo de investigación en zonas y épocas de siembra diferentes, para determinar las variaciones en el comportamiento de nuevos materiales genéticos, en relación a la nutrición para establecer programas de fertilización acordes a sus requerimientos.
- Realizar trabajos de investigación de aplicaciones de nutrientes según la dinámica de absorción de nutrientes para determinar su eficiencia, especialmente con los elementos N, K y S, por su movilidad en el suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, E. (2015). *Efecto del manejo a largo plazo de las relaciones Ca-Mg-K en la productividad de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con y sin riego complementario*. Tesis de Maestría en Nutrición Vegetal, Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. 76 p.
- Anbariloche ANB. (2011). Técnicos y científicos analizaron el impacto de las cenizas en el ambiente. Recuperado de: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2011/06/23/22105-tecnicos-y-cientificos-analizaron-el-impacto-de-las-cenizas-en-el-ambiente>.
- Bernal, F. (2002). *Consideraciones prácticas sobre la nutrición de la palma de aceite*. Revista El Palmicultor (13), 19-22.
- Bertsch, F. (1998). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. 25-35 p.
- Cakmak, I., y Yazini, A. (2010). *Magnesio: el elemento olvidado en la producción de los cultivos*. Informaciones Agronómicas (78),16 – 19.
- Cámara de Agricultura II Zona (2014). *Fin a la importación de maíz en el Ecuador*. Revista Cámara de Agricultura II Zona (Enero 2014), 8-9.
- Carrillo, M.D., Cedeño, J. L., Aldeán, A., y Dávila, S. (2010). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz, en Santo Domingo de los Colorados y Patricia Pilar*. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, 2010. 16 p.
- Castillo, F., y Salinas, J. (2014). *Correspondencia entre la evaluación química y biológica de la fertilidad actual de suelos de origen volcánico en la Provincia de los Ríos y Esmeraldas*. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.

- Caviglia, O. P., y Melchiori, R. J. M. (2011). *Contribution of contrasting plant hierarchies to the response to N fertilizer in maize*. *Field Crops Research* (122), 131-139.
- CIAT. (1982). *Guía de planeación y manejo, Programas de Semillas*. CIAT 09SSe-6 (82). p. 358.
- Ciampitti, I. A., Boxler, M., y García, F. O. (2010). *Nutrición de maíz: Requerimientos y absorción de nutrientes*. *Informaciones agronómicas* N° 48. Recuperado de: [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/\\$FILE/14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/$FILE/14.pdf).
- Coelho, A. M. (2008). *Nutrição e adubação do milho*. En J. C. Cruz, D. Karam, M. a. R. Monteiro y P. C. Magalhaes (Eds.), *A cultura do milho*. (pp.131-157). Sete Lagoas, MG, Brasil. EMBRAPA Milho e Sorgo.
- Dechen, A. R., y Nachtigall, G. R. (2007). III – Elementos requeridos à nutrição de plantas En R. F. Novais., Álvarez, V. H. V., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B. y Neves, J. C. L. (Eds.), *Fertilidade do solo*. (pp. 91-132). Viçosa, MG, Brasil. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Desde El Surco (2015). *La ceniza volcánica y sus efectos en la agricultura*. Recuperado de <http://www.desdeelsurco.com.ec/la-ceniza-y-efectos-a-la-agricultura>.
- Dobermann, A., y Fairhurst, T. (2012). *Arroz: desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes* (2da Ed). Los Baños, Philippines: IPNI-IRRI.
- Domínguez, G., Studdert, G., Echeverria, H., y Andrade, F. (2001). *Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz*. *Ciencia del Suelo* (19), 47-55.
- Dubos, B., Caliman, J., Corrado, F., Quencez, S., y Tailliez, B. (2000). *La importancia de la nutrición de Magnesio en la palma de aceite*. *Palmas* 21(4), 59-69.

- Duarte, A. P., Kiehl, K. C., Camargo, M.A. F., y Reco, P.C. (2003). *Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado*. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 2(3), 1-20.
- Espinosa, J., y García, J. (2010). *Herramientas para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes en maíz*. Documento presentado en XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 1-10.
- FAO (1993). *El maíz en la nutrición humana* (Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25). Roma Italia: Código FAO: 86 AGRIS: S01, 1-5.
- Fallas, R., Bertsch, F., Echandi, C., y Henríquez, C. (2011). *Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del Híbrido de maíz HC-57*. Agronomía Costarricense 35 (2), 33-47.
- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (5<sup>ta</sup> Reimpresión). Publicado por IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica (81), p. 199, 213, 216, 242- 244
- Ferraris, G., Toribio M., Falconi, R., y Couretot, L. (2012). *Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos y el balance de nutrientes*. IAH, 2-6.
- Fertisquisa, (2016). *Urea Prilada*. Recuperado el 01/03/2016. Disponible en [http://www.isquisa.com/es/fichas\\_agro/UREA%20PRILADA.pdf](http://www.isquisa.com/es/fichas_agro/UREA%20PRILADA.pdf).
- Fistritzer, W. P., y Kelly, A. F. (1979). *Mejoramiento de la producción de semillas*. Manual de formulación, ejecución y evaluación de programas y proyectos de semillas. Roma. p. 165.
- García, J. (2008, 16 Noviembre-Diciembre). *Uso Eficiente de nutrientes, Una necesidad mundial*. Documento presentado en XXI Congreso de Fenalce. p. 15-31.



Hepler, P. K. (2005). *Calcium. A central regulator of plant growth and development*. The Plant Cell. 17, 2142-2155.

INPOFOS (Instituto del Fósforo y Potasa, CA). (1990). *Potasa: su necesidad y uso en Agricultura Moderna*. Ottawa, CA. Saskatchewan. p. 8-22.

INPOFOS. (1997). *Maximice la eficiencia de su fertilizante mediante curvas de absorción de N, P y K en maíz de grano*. Informaciones Agronómicas Vol. 2, N° 3 Instituto del Fósforo y Potasa, CA. México y Norte de Centroamérica - POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. Querétaro Qro. México.

INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo, US). (1997). *Manual Internacional de Fertilidad de suelos*. Norcross, GA. Potash & Phosphate Institute. p. 2 – 7.

INPOFOS, 2002. *Requerimientos nutricionales de los cultivos*. Archivo agronómico N° 3. Recuperado de: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1091>.

INTAGRI (2015). *Influencia del Nitrógeno en la absorción del Fosforo, Potasio y Azufre en el cultivo de maíz*. Recuperado de <http://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/influencia-del-nitrogeno-absorci%C3%B3n-fosforo-potasio-azufre>

IPNI (Sin fecha). *Absorción de nutrientes por el maíz de alto rendimiento*. Recuperado de: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/063CCBD4B1C8580306256B8000612ACF/\\$file/ABSORCION+DE+NUTRIENTES+POR+EL+MAIZ+DE+ALTO+RENDIMIENTO..pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/063CCBD4B1C8580306256B8000612ACF/$file/ABSORCION+DE+NUTRIENTES+POR+EL+MAIZ+DE+ALTO+RENDIMIENTO..pdf) .

Kass, D. (2007). *Fertilidad de los suelos*. EUNED, 2<sup>da</sup> reimpresión. San José, Costa Rica. 272 p.

La Hora (2015). *Los cultivos deben ser atendidos ante la caída de ceniza*. Recuperado de: <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101854565>.

- León, A. 1998. *Capacidad de Intercambio Catiónico y Química de las Bases del Suelo*, en: Ciclo de cursos de actualización de conocimientos sobre suelos con aplicación en el Cultivo de Palma de Aceite. Principales características del suelo. CENIPALMA, Bogotá, CO. 34-45 p.
- León, G. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Colombia. Grupo Latino Editores. 163–167 p.
- Luc, M., y Heffer, P. (2006). *Desarrollo Tecnológico en el uso de Fertilizantes*. IPNI. Informaciones Agronómicas. 6-11.
- Malavolta, E., Vitti, G., y de Oliveira, S. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2da Ed. POTAFOS. Piracicaba-SP.
- Ministry for Primary Industries (2012). *Volcanic Eruption!. Impacts and hazard mitigation for New Zealand's primary production industries*. Recuperado de: <https://www.mpi.govt.nz/document-vault/137>.
- Muñoz, D. (2002). *El plan integral de nutrición en la palma de aceite*. Revista El Palmicultor (15), 53-57
- Owen, E. (1993). *Fertilización de la palma africana (Elaeis guineensis J.) en Colombia*. Revista El Palmicultor (8), 16-22.
- Padilla, W. (2001). *Interpretación de los análisis de suelos y foliar en palma africana en el Ecuador*. Revista El Palmicultor (14), 25-30.
- Padilla, W. (2005). *Fertilización en palma africana en Ecuador*. Quito, EC. Capítulo II. 1 disco compacto de 8mm.
- Palacios, J. (2003). *Evaluación de varios niveles de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en la nutrición de la palma africana (Elaeis guineensis Jacq)*. Tesis de Grado de Ingeniería: Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo - Ecuador. 129 p.

- Paliwal, R. *Mejoramiento del maíz híbrido*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s16.htm>.
- Poey, F. (1978). *El mejoramiento integral del maíz*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo – México. p. 25-55
- Rodríguez, F. (1982). *Fertilizantes - Nutrición Vegetal*. DF, México: A.G.T, Editor S.A. 129-134 p.
- Rosero, S. (1997). *Fertilización en palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)*. Revista El Palmicultor (12), 12-16
- Salvagiotti, F., Pedrol, H., Castellarin, J., Capurro, J., Felizia, J. C., Gargicevich, A., y Trentino N. (2001). *Diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz. Relación entre la respuesta en rendimiento y la disponibilidad de nitrógeno a la siembra*. Recuperado de <http://www.aapresid.org.ar/sistemachacras/respuesta-productiva-de-maiz-tardio-a-la-fertilizacion-nitrogenada-en-el-ce-de-cordoba/>.
- Silva, R. (1998). *Dinámica de los elementos esenciales: Azufre y micronutrientos*. Colombia, CO. Cenipalma. Colciencias. p. 93 – 103.
- SINAGAP, (2016). *III Censo Nacional Agropecuario, Censos Sectoriales: avícola, florícola, y Censo de Impacto de Invierno 2012*. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-censo-nacional/file/591-reporte-de-resultados-censo-nacional-completo>.
- Snyder, C.F. (2009). *Eficiencia de uso de nitrógeno: desafíos mundiales, tendencias futuras*. International Plan Nutrition Institute (IPNI). Informaciones Agronómicas. (75): 1.
- Suarez, M. (2015). *Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (Zea mays) amarillo duro*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos99/fertilizacion->

nitrogenada-dos-hibridos-maiz/fertilizacion-nitrogenada-dos-hibridos-maiz.shtml#ixzz3cuTcJrS.

Torres, M. (2014). *Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz*. Recuperado de: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>.

Thompson, L., y Troeh, F. (1982). *Los Suelos y su Fertilidad*. (4 Ed.). Barcelona, España. Reverte. 649 p.

Uhart, S. A., y Echeverría, H. E. (Sin fecha). *El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción del maíz*. Recuperado de: [http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh\\_0032/0901b8038003272b.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDoc).

Van Raij, B. (2011). *Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes*. International Plant Nutrition Institute-Brasil. Piracicaba. 420 p.

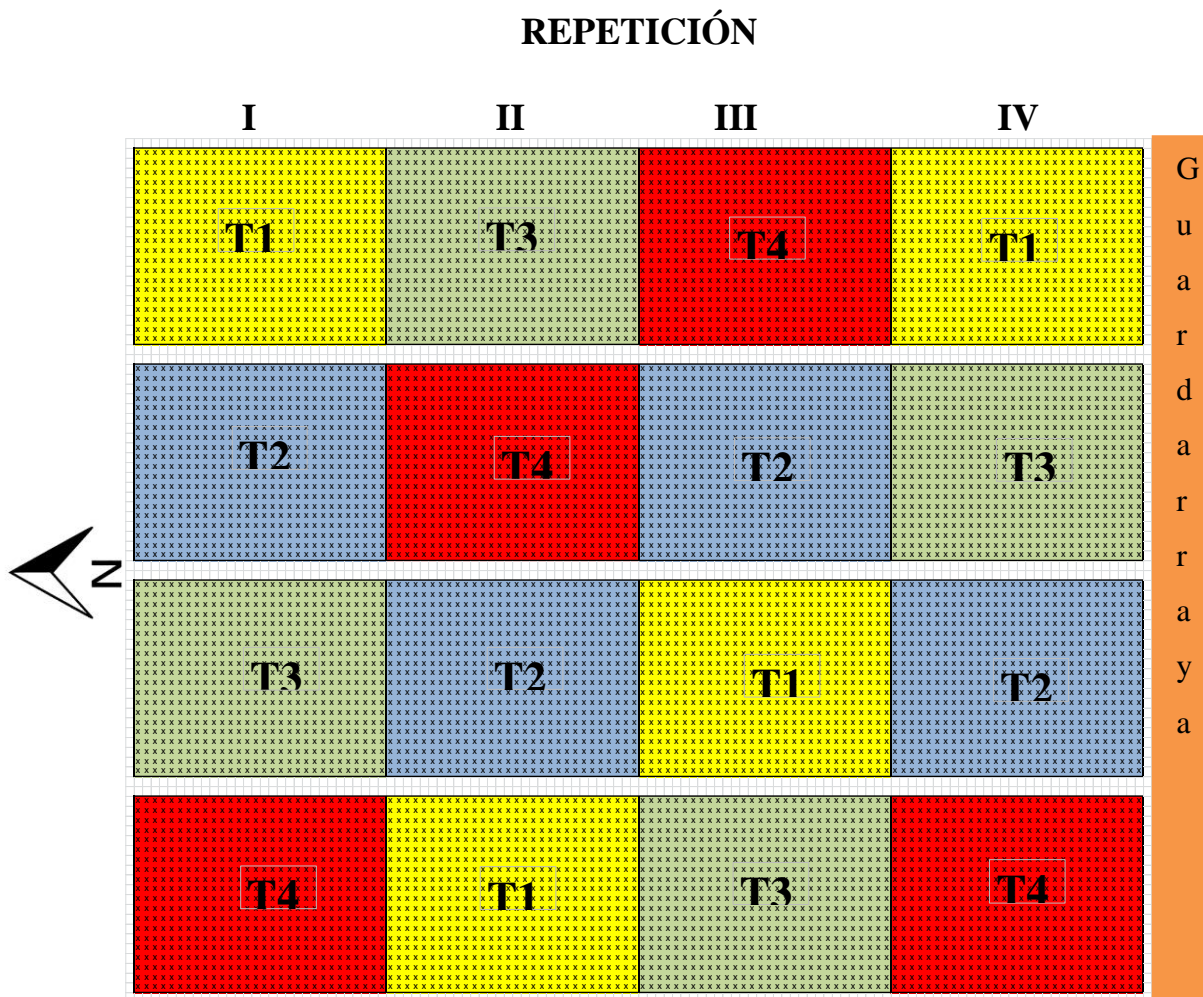
Van Straaten, P. (2007). *Agroecology: The use of rocks for crops*. Sulfur. Ontario, Canadá: Enviroquest Ltd., 352 River Road, Cambridge.

Watts, D., Schepers, J., y Arumí, J. (2010). *Impacto de las actividades agrícolas en los recursos hídricos*. En Holzapfel, E. y Arumí, J. (Ed.). Tecnología de manejo de aguas para una agricultura intensiva sustentable (p 97). Concepción – Chile.

Yamada, T., Terry, R., y Espinoza, J. (2005). *Potasio en la agricultura brasilera. El potasio en palma aceitera*. POTAFOS. (6-8 sep. 2003, Sao Paulo) 2003. Memorias, Sao Paulo, BR. pp. 22-24

**ANEXOS**

ANEXO 1. Distribución de los tratamientos en el campo, por repetición.



### Anexo 2. Fertilización realizada en la investigación

<b>Elementos</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>
N1	0
N2	66
N3	132
N4	198
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46
K <sub>2</sub> O	60
MgO	50
S	40

### Anexo 3. Plan de fertilización para tratamientos evaluados (dosis de N) y básicos.

<b>Requerimiento de nitrógeno por aplicación</b>					
<b>Nitrógeno</b>	<b>PORCENTAJE</b>			<b>TOTAL</b>	
	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>		
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>				
0	0	0	0	0	
66	19,8	33	13,2	66	
132	39,6	66	26,4	132	
198	59,4	99	39,6	198	

<b>Requerimiento de urea por aplicación</b>					
<b>Nitrógeno</b>	<b>PORCENTAJE</b>			<b>TOTAL</b>	
	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>		
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>				
0	0	0	0	0	
66	43	72	29	144	
132	86	143	57	286	
198	129	215	86	430	

**Requerimiento de urea por aplicación**

Nitrógeno kg ha <sup>-1</sup>	PORCENTAJE			TOTAL
	30	50	20	
	g parcela <sup>-1</sup> (96 m <sup>2</sup> )			
0	0	0	0	0
66	413	689	275	1377
132	826	1377	551	2754
198	1240	2066	826	4132

**Requerimiento de urea por aplicación**

Nitrógeno kg ha <sup>-1</sup>	PORCENTAJE			TOTAL
	30	50	20	
	g hilera <sup>-1</sup> (96 m <sup>2</sup> )			
0	0	0	0	0
66	20,7	34,4	13,8	68,9
132	41,3	68,9	27,5	137,7
198	62,0	103,3	41,3	206,6

**Nutrición básica por aplicación**

Fertilizante kg ha <sup>-1</sup>	DDS			TOTAL
	0	15	30	
	kg ha <sup>-1</sup>			
SFT	100	0	0	100
Kieserita	100	100	0	200
KCl	50	50	0	100
<b>Total</b>	300	100	0	400

**Nutrición básica por aplicación**

Fertilizante kg ha <sup>-1</sup>	DDS			TOTAL
	0	15	30	
	g hilera <sup>-1</sup> (96 m <sup>2</sup> )			
SFT	48	0	0	48
Kieserita	48	48	0	96
KCl	24	24	0	48
<b>Total</b>	120	72	0	192



**ANEXO 4. Cuadrados medios del análisis de variancia para altura de planta (cm) en diferentes edades, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Días después de la siembra			
		15	30	45	60
Total	15				
Repetición	3	0,17 *	45,97 ns	26,10 ns	199,38 ns
Niveles de N	3	0,66 *	71,74 *	1069,61 **	473,03 *
Error	9	0,15	16,80	123,11	79,25
<b>C.V. (%)</b>		1,63	6,18	6,73	3,49

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 5. Cuadrados medios del análisis de variancia para diámetro de tallo (mm) en diferentes días después de la siembra, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Días después de la siembra					
		15	30	45	60	75	105
Total	15						
Repetición	3	0,02 ns	2,52 **	1,23 ns	0,47 ns	0,47 ns	2,96 ns
Niveles de N	3	0,04 ns	4,72 **	7,53 **	4,45 **	1,20 ns	6,15 *
Error	9	0,06	0,20	0,86	0,15	0,60	1,06
<b>C.V. (%)</b>		4,04	2,48	5,06	2,22	4,11	5,5

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 6. Cuadrados medios del análisis de variancia de altura de inserción, longitud y diámetro de mazorca, porcentaje de mazorcas sanas, mal polinizadas y podridas, floración y rendimiento, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios								
		Mazorca					Mal polinizadas (%)	Podridas (%)	Días a la floración (%)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
		Altura inserción(cm)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Sanas (%)					
Total	15									
Repetición	3	27,28 ns	0,26 ns	2,35 ns	106,98 ns	7,25 ns	126,4 ns	477,75 **	411574,57 ns	
Niveles de N	3	93,57 ns	1,74 **	1,06 ns	117,14 ns	9,99 ns	122,1 ns	5,08 ns	385779,34 ns	
Error	9	30,21	0,25	1,88	65,2	12,39	74,46	52,36	178913,65	
<b>C.V. (%)</b>		4,67	3,7	3,15	19,21	53,5	16,79	10,66	16,53	

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 7. Cuadrados medios del análisis de variancia de producción de materia seca, afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios								
		Días después de la siembra								
		15	30	45	60	75	90	105	120	
Total	15									
Repetición	3	40,58 *	100379,23 **	264033,45 ns	4772779,07 **	4815505,64 **	4369869,81 **	4754299,82 ns	3865133,44 *	
Niveles de N	3	4,84 ns	57744,47 **	193550,94 ns	782818,92 ns	722403,68 ns	903242,07 ns	1473617,82 ns	1344802,73 ns	
Error	9	7,79	7061,10	101782,16	322695,40	530329,14	528808,95	2662466,05	733908,60	
<b>C.V. (%)</b>		4,79	8,36	13,58	9,94	8,33	5,77	11,11	6,29	

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 8. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de N (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios								
		Días después de la siembra								
		15	30	45	60	75	90	105	120	
Total	15									
Repetición	3	0,00 ns	52,24 **	73,66 ns	233,47 ns	192,69 ns	315,7 ns	315,72 ns	424,59 ns	
Niveles de N	3	0,16 **	128,49 **	141,41 ns	1753,74 **	2541,89 **	1301,25 **	2831,13 **	4689,93 **	
Error	9	0,01	6,14	38,74	97,89	136,79	169,81	567,91	194,35	
<b>C.V. (%)</b>		4,84	8,08	13,88	9,84	7,95	6,01	11,12	6,35	

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 9. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de P (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios								
		Días después de la siembra								
		15	30	45	60	75	90	105	120	
Total	15									
Repetición	3	0,00 ns	0,55 **	0,68 ns	3,28 ns	2,57 ns	15,47 *	15,38 ns	13,33 ns	
Niveles de N	3	0,01 **	0,90 **	0,98 ns	40,52 **	23,04 **	51,74 **	83,91 *	240,78 **	
Error	9	0,00	0,07	0,36	1,34	1,66	3,22	18,39	5,14	
<b>C.V. (%)</b>		4,94	8,19	13,17	9,14	8,24	5,73	11,51	6,31	

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 10. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de K (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		Días después de la siembra									
		15	30	45	60	75	90	105	120		
Total	15										
Repetición	3	0,01 ns	116,21 **	233,46 ns	270,99 ns	198,44 ns	87,55 ns	137,93 ns	81,96 ns		
Niveles de N	3	0,63 **	54,52 ns	479,01 *	1812,20 **	117,79 ns	590,30 **	1160,21 ns	1017,77 **		
Error	9	0,02	15,61	121,90	110,17	125,24	80,02	298,21	54,85		
<b>C.V. (%)</b>		4,86	8,91	13,94	9,5	8,97	6,69	13,33	6,86		

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 11. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de Ca (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		Días después de la siembra									
		15	30	45	60	75	90	105	120		
Total	15										
Repetición	3	0,00 ns	3,95 **	13,68 ns	56,43 ns	53,58 ns	70,16 ns	115,84 ns	109,94 ns		
Niveles de N	3	0,00 ns	6,19 **	17,13 ns	309,80 **	331,79 **	328,52 **	413,86 ns	184,05 ns		
Error	9	0,00	0,48	7,13	23,09	39,21	40,50	214,97	61,63		
<b>C.V. (%)</b>		4,94	8,23	13,61	9,98	8,34	5,76	11,16	6,22		

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 12. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de Mg (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		Días después de la siembra									
		15	30	45	60	75	90	105	120		
Total	15										
Repetición	3	0,00 ns	0,84 **	1,53 ns	5,29 ns	4,53 ns	6,74 ns	8,53 ns	10,56 ns		
Niveles de N	3	0,00 **	0,50 *	0,75 ns	25,28 **	5,52 ns	38,93 **	68,36 *	156,52 **		
Error	9	0,00	0,11	0,80	2,13	3,19	3,25	16,27	5,61		
<b>C.V. (%)</b>		4,12	8,93	13,65	10,1	9,12	5,63	10,95	6,47		

C.V.= Coeficiente de variación.

**ANEXO 13. Cuadrados medios del análisis de variancia de extracción de S (kg ha<sup>-1</sup>), afectadas por las dosis de fertilización nitrogenada en un híbrido promisorio de maíz**

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		Días después de la siembra									
		15	30	45	60	75	90	105	120		
Total	15										
Repetición	3	0,00 ns	0,07 Ns	0,03 ns	0,22 ns	0,08 ns	0,31 ns	0,51 ns	0,47 ns		
Niveles de N	3	0,00 **	1,03 **	0,04 ns	0,64 **	0,16 ns	4,02 **	2,40 ns	3,70 **		
Error	9	0,00	0,01	0,02	0,08	0,05	0,19	0,74	0,20		
<b>C.V. (%)</b>		6,8	8,84	13,15	9,76	8,57	5,84	11,21	5,87		

C.V.= Coeficiente de variación.

**Anexo 14. Precipitación pluvial registrada en el lote experimental, desde la siembra en Julio 11 del 2015 hasta la cosecha en Noviembre 6 del 2015**

<b>SEMANA</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
1	20
2	35
3	--
4	10
5	20
6	--
7	--
8	--
9	04
10	07
11	14
12	75
13	12
14	--
15	20
16	80
17	30
18	24
19	28

\*Registrado por el autor

### Fotografías del desarrollo de la investigación en campo.



Foto 1. Caracterización del suelo en calicata construida dentro del área experimental.



Foto 2. Siembra de ensayo (A) y visita de evaluación de ensayo a los 15 días después de la siembra.



Foto 3. Aplicación de fertilizante nitrogenado a los 30 días después de la siembra .



Foto 4. Medición de altura de planta a los 60 días después de la siembra (A) y altura de inserción de mazorca a los 75 días después de la siembra. En las dos fotografías se aprecia presencia de ceniza volcánica en las hojas.





Foto 5. Vista del ensayo a los 75 días después de la siembra, en que fue visitado por el Ing. Daniel Alarcón, Genetista de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, o del híbrido promisorio evaluado.